

## Inhaltsregister

<b>Ihre Berufswelt</b>	Seite 11 bis 19	<b>1</b>
<b>Physikalische und chemische Grundlagen</b>	Seite 20 bis 34	<b>2</b>
<b>Holz und Holzwerkstoffe</b>	Seite 35 bis 12	<b>3</b>
<b>Holzbearbeitung mit Handwerkszeugen</b>	Seite 123 bis 160	<b>4</b>
<b>Maschinelle Holzbearbeitung</b>	Seite 161 bis 242	<b>5</b>
<b>Andere Werkstoffe</b>	Seite 243 bis 289	<b>6</b>
<b>Holzverbindungen</b>	Seite 290 bis 325	<b>7</b>
<b>Möbelbau</b>	Seite 326 bis 389	<b>8</b>
<b>Oberflächenbehandlung</b>	Seite 390 bis 412	<b>9</b>
<b>Innenausbau und Außenbau</b>	Seite 413 bis 522	<b>10</b>
<b>Betriebstechnik</b>	Seite 523 bis 533	<b>11</b>
<b>Service im Handwerk</b>	Seite 534 bis 537	<b>12</b>
<b>Arbeitsmethoden im Unterricht</b>	Seite 538 bis 547	<b>13</b>
<b>Lernfelder</b>	Seite 548 bis 558	<b>14</b>
<b>Bildquellenverzeichnis</b>	Seite 559 bis 560	<b>B</b>
<b>Sachverzeichnis</b>	Seite 561 bis 572	<b>S</b>

**Bernd Wittchen, Elmar Josten, Thomas Reiche**

# **Holzfachkunde**

**Bernd Wittchen, Elmar Josten, Thomas Reiche**

# **Holzfachkunde**

## **für Tischler/Schreiner und Holzmechaniker**

4., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage 2006



Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Studiendirektor **Dipl.-Ing. Bernd Wittchen** ist an der Berliner Landesstelle für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern tätig.

Studienrat **Dipl.-Ing. Elmar Josten** und Studiendirektor **Dipl.-Ing. Thomas Reiche** unterrichten am Oberstufenzentrum Holztechnik in Berlin.

1. Auflage 1984
2. Auflage 1991
3. Auflage 1998
- 4., vollst. überarb. u. akt. Auflage September 2006

Alle Rechte vorbehalten

© B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2006

Lektorat: Dipl.-Ing. Ralf Harms / Sabine Koch

Der B.G. Teubner Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.

[www.teubner.de](http://www.teubner.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, [www.CorporateDesignGroup.de](http://www.CorporateDesignGroup.de)

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Strauss Offsetdruck, Mörlenbach

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN-10 3-519-35911-1

ISBN-13 978-3-519-35911-1

## Vorwort/Nutzerhinweis

Dieses Fachbuch wurde auf der Grundlage der neuen Rahmenlehrpläne (2006) für die Ausbildungsberufe Tischler/Tischlerin und Holzmechaniker/Holzmechanikerin der ständigen Konferenz der Kultusminister und Senatoren der Länder (KMK) sowie der Verordnung über die Berufsausbildung (Ausbildungsverordnung) des Bundes für die betriebliche Ausbildung erarbeitet.

Die Inhalte des Buches sind entsprechend geordnet und mittels Lernfeldkompass den neuen zwölf Lernfeldern zugeordnet worden. Die Lernfelder werden in Kapitel 14 präsentiert.

Die neu gestalteten Arbeitsaufträge sind in der Regel den jeweils zu erarbeitenden fachlichen Inhalten vorangestellt. Sie wurden entsprechend der aktuellen Didaktik und Methodik entworfen, der Kundenauftrag in den Mittelpunkt gestellt.

Die Schülerinnen und Schüler können bei ihrer Bearbeitung Handlungs-, Fach-, Human-, Sozial-, Methoden-, Medien- und Lernkompetenz erwerben.

Sie werden zu selbständigem Planen, Teamarbeit, Durchführen, Beurteilen und Präsentieren von Arbeitsaufgaben befähigt.

Der Lehrer/die Lehrerin als Initiator/in und Begleiter/in des Lernprozesses entscheidet darüber, wie viele und welche Lernaufgaben im Verlauf der Ausbildung bearbeitet werden. In Abhängigkeit von den jeweiligen Lernvoraussetzungen und Lernbedingungen fördern und fördern sie die Lernenden, und sichern das Erlernte unter Einbeziehung der Arbeits-, Bewertungs- und Beobachtungsbögen.

Th. Reiche, E. Josten

# Inhaltsverzeichnis

		Lernfelder Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
		1	•												
		2	•												
		3													
		4													
		5													
		6													
		7													
		8													
		9													
		10													
		11													
		12													
		...													
<b>1</b>	<b>Ihre Berufswelt</b> .....	11	•												
1.1	Berufsausbildung.....	12	•												
1.2	Betrieb und Arbeitsplatz.....	14	•												
1.3	Unfallgefahren und Unfallverhütung.....	15	•												
1.3.1	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz.....	16	•	•			•								
1.3.2	Umgang mit Gefahrstoffen.....	17	•	•			•								
1.3.3	Betriebsanweisung.....	18	•	•			•								
1.3.4	Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Kennzeichnung....	18	•	•			•								
<b>2</b>	<b>Physikalische und chemische Grundlagen</b> .....	20										•			
2.1	Physikalische Grundbegriffe.....	21										•			
2.2	Kohäsion und Adhäsion.....	24										•			
2.3	Kapillarität und Diffusion.....	25										•			
2.4	Chemische Grundbegriffe.....	26										•			
2.4.1	Gemenge (Dispersionen).....	26										•			
2.4.2	Chemische Verbindungen (Reaktionen).....	27										•			
2.4.3	Element Molekül, Atom.....	27										•			
2.5	Luft und Wasser.....	29										•			
2.6	Oxidation und Reduktion.....	31										•			
2.7	Säuren, Basen, Salze.....	32										•			
<b>3</b>	<b>Holz und Holzwerkstoffe</b> .....	35	•												
3.1	Der Wald.....	35	•												
3.1.1	Waldverteilung.....	35	•												
3.1.2	Bedeutung des Waldes.....	39	•												
3.2	Aufbau und Wachstum des Holzes.....	40	•												
3.2.1	Aufbau.....	40	•												
3.2.2	Wachstum.....	44	•												
3.2.3	Holzfehler, Wuchsfehler (Holzmerkmale).....	46	•												
3.3	Eigenschaften des Holzes.....	54	•												
3.3.1	Allgemeine Eigenschaften.....	54	•												
3.3.2	Rohdichte, Härte, Elastizität.....	56	•												
3.3.3	Festigkeit.....	56	•												
3.3.4	Leitfähigkeit.....	59	•												
3.3.5	Holzfeuchtigkeit.....	60	•												
3.4	Trocknung, Lagerung und Pflege des Holzes.....	64	•												
3.4.1	Natürliche Trocknung.....	65	•									•			
3.4.2	Künstliche (technische) Trocknung.....	66	•									•			
3.4.3	Trocknungsschäden.....	67	•									•			









	Lernfelder Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
		Einfache Produkte aus Holz herstellen	Zusammengesetzte Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen herstellen	Produkte aus unterschiedlichen Werkstoffen herstellen	Kleimöbel herstellen	Einzelmöbel herstellen	Systemmöbel herstellen	Einbaumöbel herstellen und montieren	Raumbegrenzende Elemente des Innenausbau herstellen und montieren	Bauelemente des Innenausbau herstellen und montieren	Baukörper abschließende Bauelemente herstellen und montieren	Erzeugnisse warten und instand halten	Einen Arbeitsauftrag aus dem Tätigkeitsfeld ausführen	
8.3.10	Sitzmöbel.....				•	•							•	
8.3.11	Tische.....				•	•							•	
	8.3.11.1 Tisch mit Schubkasten.....				•	•							•	
	8.3.11.2 Der runde Zargentisch.....					•							•	
	8.3.12 Einbauküchen.....						•						•	
8.4	Kleine Stilkunde des Möbels.....											•		
	8.4.1 Altertum und Antike.....											•		
	8.4.2 Mittelalter.....											•		
	8.4.3 Neuzeit.....											•		
<b>9</b>	<b>Oberflächenbehandlung.....</b>				•	•						•	•	
9.1	Vorbehandlungen.....				•	•						•	•	
	9.1.1 Vorbereiten der Oberfläche.....				•	•						•	•	
	9.1.2 Schleifen.....				•	•						•	•	
	9.1.3 Strukturieren.....				•	•						•	•	
9.2	Beizen.....				•	•						•	•	
	9.2.1 Arten und Anforderungen.....				•	•						•	•	
	9.2.2 Auftragen und Trocknen.....				•	•						•	•	
9.3	Lackieren.....				•	•						•	•	
	9.3.1 Lackarten und Anforderungen.....				•	•						•	•	
	9.3.2 Lackiertechniken.....				•	•						•	•	
	9.3.3 Lackierverfahren.....				•	•						•	•	
	9.3.4 Glaslacke.....				•	•						•	•	
	9.3.5 Natürliche Mittel zur Oberflächenbehandlung.....				•	•						•	•	
<b>10</b>	<b>Innenausbau und Außenbau.....</b>							•						
10.1	Maßordnung im Hochbau.....							•		•				
10.2	Wärme-, Schall- und Brandschutz.....							•						
	10.2.1 Wärme, Temperatur und Wärmeausdehnung.....							•						
	10.2.2 Wärmeausbreitung und -speicherung.....							•						
	10.2.3 Wärmeschutz.....							•	•					
	10.2.4 Schall.....							•	•					
	10.2.5 Schallschutz.....							•	•					
	10.2.6 Brandschutz.....							•	•	•				
10.3	Wand- und Deckenverkleidungen.....							•						
	10.3.1 Wandverkleidungen.....							•						
	10.3.2 Deckenverkleidungen.....							•						
10.4	Trennwände.....							•						
	10.4.1 Feststehende Trennwände.....							•						
	10.4.2 Bewegliche Trennwände.....							•						



Hinweise auf DIN-Normen in diesem Werk entsprechen dem Stand der Normung bei Abschluss des Manuskripts. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., die durch den Beuth-Verlag, Berlin Wien Zürich, zu beziehen sind. – Sinngemäß gilt das Gleiche für alle in diesem Buch angezogenen amtlichen Richtlinien, Bestimmungen, Verordnungen usw.

## Verzeichnis der Arbeitsaufträge

Arbeitsauftrag	Seite	Lernfelder												
		Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	11		•											
1	12		•		•	•								
2	16		•		•	•								
2A	20		•		•	•								
3	20										•			
4	35		•											
5	40		•											
6	45		•											
7	54		•											
8	59		•											
9	60		•											
10	64		•								•			
11	66		•								•			
12	68		•											
13	78		•											
14	80										•			
15	87										•			
16	95		•	•	•									
17	98		•	•	•									
18	104						•							
19	111			•		•								
20	123		•			•								
21	130		•			•								
22	136		•			•								
23	140		•			•								
24	145		•			•								
25	147		•			•								
26	148		•			•								
27	151		•			•								
28	153		•			•								
29	155		•			•								
30	161			•		•						•		
31	169			•		•						•		
32	174			•		•						•		
33	187			•		•						•		
34	194			•		•						•		
35	205			•		•						•		
36	210			•		•						•		
37	215							•				•		
38	224						•					•		

# Verzeichnis der Arbeitsaufträge

Arbeitsauftrag	Seite	Lernfelder Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
39	243				•										
40	254				•										
41	263				•										
42	268				•										
43	272				•										
44	280				•										
45	290					•									
46	292			•		•								•	
47	296			•		•								•	
48	297			•		•								•	
49	300			•		•								•	
50	303			•		•								•	
51	304			•		•								•	
52	309			•		•								•	
53	311			•		•								•	
54	311			•		•								•	
55	313			•		•								•	
56	316			•		•								•	
57	321			•		•								•	
58	323			•		•								•	
59	326					•	•							•	
60	327					•	•							•	
61	329					•	•							•	
62	332					•	•							•	
63	333					•	•							•	
64	339					•	•							•	
65	347					•	•							•	
66	347					•	•							•	
67	350					•	•							•	
68	353					•	•							•	
69	355					•	•							•	
70	361					•	•							•	
71	362					•	•							•	
72	366					•	•							•	
73	366					•	•							•	
74	374												•		
75	390					•	•						•	•	
76	390					•	•						•	•	
77	393					•	•						•	•	
78	394					•	•						•	•	

## Verzeichnis der Arbeitsaufträge

Arbeitsauftrag	Seite	Lernfelder												
		Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
79	399					•	•						•	•
80	402					•	•						•	•
81	410					•	•						•	•
82	412					•	•						•	•
83	413								•		•			
84	416								•	•				
85	422								•	•				
86	427								•	•	•			
87	430								•	•				
88	436								•	•				
89	441								•	•				
90	444						•		•					
91	447								•					
92	450								•				•	
93	465												•	
94	470										•	•		
95	472										•	•	•	
96	479										•	•	•	•
97	480										•	•	•	•
98	482										•	•	•	•
99	483										•	•	•	•
100	506										•	•	•	•
101	506									•			•	
102	519								•					
103	523								•					•
104	534										•			•

# 1 Ihre Berufswelt

**Arbeitsauftrag Nr. 0 Lernfeld LF 1**

**Grundriss Skizze des Wochenendhauses der Familie Mustermann/Ansicht Nord**

- In dem Wochenendhaus sind Tischlerarbeiten auszuführen. Nennen Sie zehn verschiedene Beispiele für die Gestaltung des Hauses, Feinschließlich Inneneinrichtung, an denen der Tischler beteiligt ist.  
Sammeln Sie die Begriffe an einer Pinnwand/Tafel. Bilden Sie Oberbegriffe und ordnen Sie die Beispiele zu. Ergänzen Sie evtl. fehlende Arbeitsbereiche des Berufsfeldes Holztechnik. Übernehmen Sie die Übersicht in Ihre Unterrichtsmitschriften.

**Wichtiger Hinweis!**

- Legen Sie einen Lernkarteiordner an. In diesem können Fragen und Lösungen der folgenden Arbeitsaufträge gesammelt werden. Der Lernkarteiordner bietet Ihnen die Chance der nachhaltigen Sicherung Ihres Wissens und die Möglichkeit einer optimalen Prüfungsvorbereitung.

Im Gegensatz zu den meisten Handwerkern und Industriefacharbeitern schaffen Sie mit einem natürlichen, gewachsenen Werkstoff. Als künftige Holzfauchfrau bzw. künftiger Holzfachmann werden Sie mit offeneren Augen durch den Wald gehen und aus dem täglichen Umgang rasch ein enges Verhältnis zum Holz gewinnen. Holz ist auch in unserer technisierten und automatisierten Welt das geblieben, was es seit Jahrtausenden war: ein „schöner nachhaltiger“ Rohstoff, der unter den Händen des kundigen und geschickten Handwerkers die reiche Vielfalt seiner Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten zeigt.

Je besser Sie die Eigenschaften und Bearbeitung des Werkstoffs Holz in der Berufsausbildung kennen lernen, desto mehr Freude werden Sie an Ihrem Beruf haben. Viele Jahre der Berufstätigkeit liegen vor Ihnen. Jahre, in denen Sie durch überlegte und sparsame Verwendung „Ihres“ Rohstoffs Holz Mitverantwortung bei der Pflege und Erhaltung unserer Umwelt beitragen.

Dass Sie es in Ihrem Beruf nicht nur mit Holz zu tun haben, sondern mit vielen Materialien, zeigt Ihnen die Tabelle 1.1.



**Tabelle 1.1** Werkstoffe des Tischlers und Holzmechanikers

Hauptwerkstoffe (Materialien, aus denen das Erzeugnis im Wesentlichen besteht)	Nebenwerkstoffe (Zubehörteile zum Erzeugnis)	Materialien (notwendig zur Herstellung des Erzeugnisses)	Verbrauchstoffe und Hilfsmaterialien (notwendig für den Produktionsablauf)
Vollholz Furniere Holzwerkstoffe andere Plattenwerkstoffe	Glas Kunststoffe Metalle Belagstoffe Textilien	Klebstoffe Dichtstoffe Holzschutzmittel Oberflächenmaterial Möbel- und Baubeschläge Verbindungsmitel	Schleifpapier Fugenleimpapier Putz- und Reinigungsmittel Schmierstoffe Brenn- und Treibstoffe Lösungsmittel

## 1.1 Berufsausbildung

### Arbeitsauftrag Nr. 1 Lernfeld LF 1

Sie haben gerade eine Ausbildung im Tischlerhandwerk begonnen. Einige ihrer Freunde und Bekannte interessieren sich für diesen Beruf. Geben Sie Auskunft über das Berufsfeld Holztechnik, die unterschiedlichen Berufswege, die in Ihrem Beruf Anwendung findenden Werkstoffe und Sicherheitsvorschriften.

#### **Mögliche Fragen Ihrer Freunde und Bekannte:**

1. Was lernen Sie in der Grundausbildung und in der Fachausbildung ?
2. Welche Möglichkeiten der Aus- und Weiterbildung haben Sie ?
3. Worin unterscheiden sich grundsätzlich Handwerks- und Industriebetriebe ?
4. Welche Arbeits- und Lagerräume bzw. –bereiche gibt es in holzverarbeitenden Betrieben ?
5. Wie soll ein vorbildlicher Lagerraum gestaltet sein ?
6. Welche Aufgaben hat die Berufsgenossenschaft ?
7. Welche Gefahren drohen im Maschinenraum ?
8. Wer erarbeitet die Unfallvorschriften und überwacht ihre Einhaltung ?
9. Wer ist in der Berufsgenossenschaft versichert ?
10. Nennen Sie die grundlegenden Regeln der Unfallverhütung ?

**Schule und Betrieb.** Die Rechtsgrundlagen für Ihre Berufsausbildung stehen im Berufsbildungsgesetz (BBiG) vom 14.8.1969 zuletzt geändert durch Artikel 6 des zweiten Gesetzes zur Änderung der Handwerksordnung und anderer handwerklicher Vorschriften vom 25.3.1998 in den Ausbildungsverordnungen (AO), und in den Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz vom 8.3.2006. Ausgebildet werden Sie in Ihrem Ausbildungsbetrieb oder in einer „überbetrieblichen Lehrwerkstätte“ und in der Berufsschule (Dualsystem). Der Ausbildungsgang umfasst die Grundstufe (1. Ausbildungsjahr) und die Fachstufe (2. und 3. Ausbildungsjahr). Vereinzelt wird das 1. Ausbildungsjahr (Grundstufe) im Rahmen eines vollschulischen Berufsgrundbildungsjahres (BGJ)

oder einer 1-jährigen Berufsfachschule abgeleistet. Darüber hinaus besteht in Berlin die Möglichkeit die Ausbildung als MDQM Maßnahme (Modulare Duale Qualifikationsmaßnahme) durchzuführen. Dies bedeutet, dass der Auszubildende einen Schülerstatus innehat (20 Wst. Fachtheorie allgemeinbildende Fächer) und die Fachpraktische Ausbildung (20 Wst. Fachpraxis) in überbetrieblichen Ausbildungswerkstätten stattfindet. Nach Abschluss der Ausbildung legt der Auszubildende vor der Industrie- und Handelskammer (zuständig für Industriebetriebe) oder der Handwerkskammer (zuständig für Handwerksbetriebe) die Facharbeiter- oder Gesellenprüfung ab und erhält ein Abschluss- oder Abgangszeugnis der Berufsschule. (1.2)

#### **Berufsausbildung im dualen System**

Betrieb

Berufsschule

**Auszubildender** mit Ausbildungsvertrag (BBiG) und AO  
**Praktische Ausbildung** nach den Ausbildungsrahmenplänen (Bundesrecht)

**Berufsschüler** nach den Schulgesetzen des jeweiligen Bundeslandes  
**Theoretische Ausbildung** nach den Rahmenlehrplänen der Bundesländer (Landesrecht)

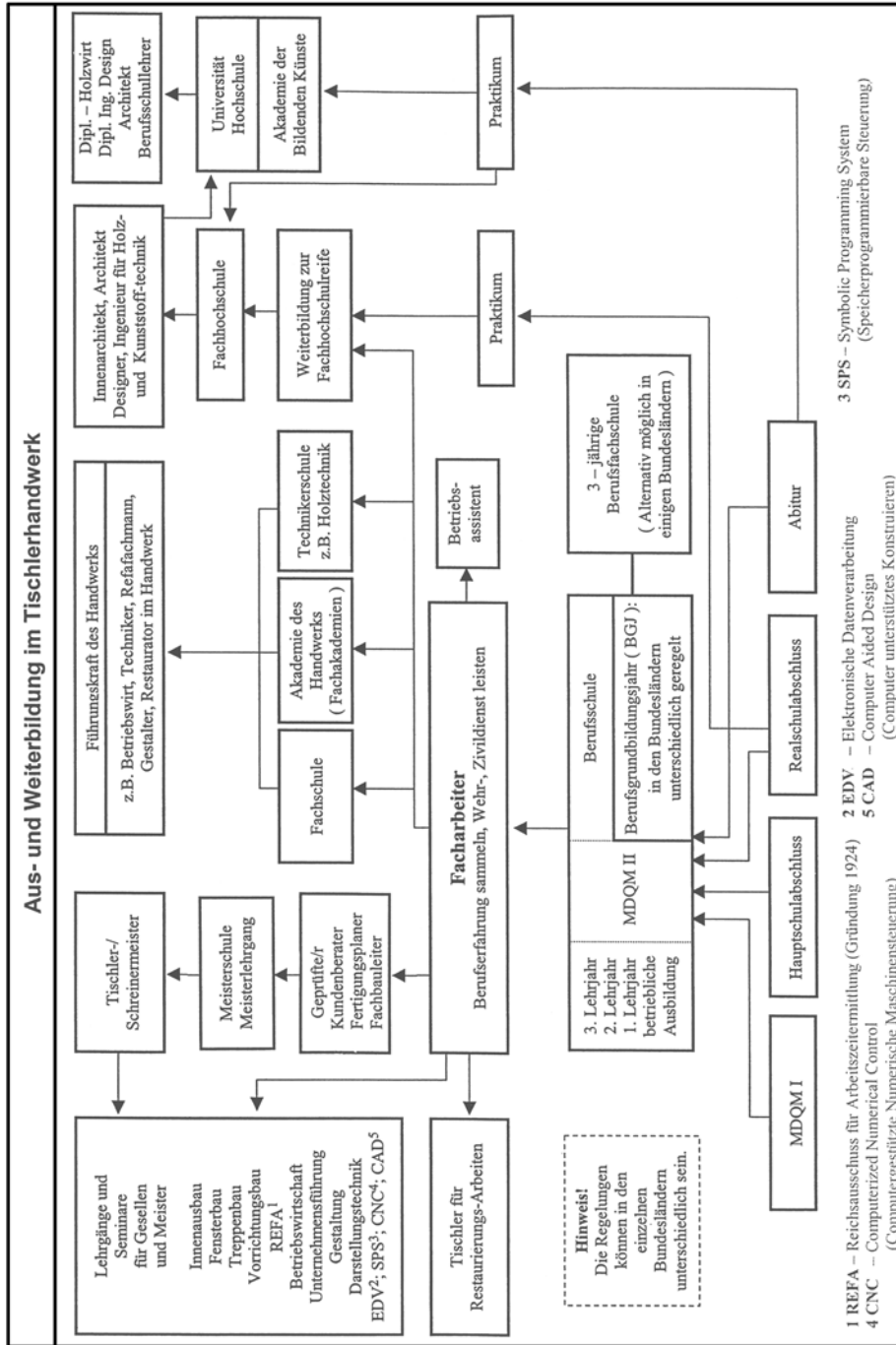


Bild 1.2: Überblick der Bildungsgänge im Tischlerhandwerk

## 1

**Berufsfeld Holztechnik.** Die berufliche Grundbildung im 1. Ausbildungsjahr ist für alle Berufe des Berufsfelds Holztechnik gleich. Sie umfasst Grundkenntnisse und Grundfertigkeiten (z.B. Aufbau und Eigenschaften des Werkstoffs Holz, bestimmte Bearbeitungsverfahren und naturwissenschaftlichen Grundlagen). In der Fachstufe des 2. und 3. Ausbildungsjahrs erhalten die Auszubildenden die Fachausbildung für ihren Beruf. Tabelle 1.3 zeigt die Berufe, die zu unserem Berufsfeld gehören.

Von der Ausbildungsverordnung nicht erfasst sind die holzverwandten Berufe Holzinstrumentenbauer, Holzbildhauer, Orgelbauer, Parkettleger, Drechsler und Glaser.

**Tabelle 1.3** Das Berufsfeld Holztechnik und seine zugeordneten Ausbildungsberufe

Handwerk	Industrie
Bootsbauer	Fahrzeugstellmacher
Bürsten- und Pinselmacher	Holzflugzeugbauer
Drechsler	Holzmechaniker
Glaser- und Fensterbauer	Modelltischler
Holzinstrumentenbauer	Sägewerker
Modellbauer	Schiffszimmerer
Parkettleger	Technischer Zeichner
Rolladen- und Jalousiebauer	Möbel und Ladenbau
Schiffbauer	Kabeltrommelbauer
Tischler	Palettenbauer
Wagner	

### Fortbildung.

Nach mehrjähriger Gesellentätigkeit und Besuch von Lehrgängen oder einer Meisterschule können Sie vor dem Prüfungsausschuss der Handwerkskammer bzw. der Industrie- und Handelskammer die *Meisterprüfung* ablegen.

In Fachschulen ist es möglich, nach mehrsemestrigem Vollzeitunterricht oder nach Abendlehrgängen die staatliche *Technikerprüfung* abzulegen.

Der Weg zum Ingenieur, Architekten, Designer oder Berufsschullehrer führt über das Abitur bzw. die Fachhochschulreife und das *Studium* an der Fachhochschule oder Universität.

Meister und Techniker können *Fachpraxislehrer* an einer Berufsschule werden.

Die Berufsausbildung ist im Berufsbildungsgesetz und in der Verordnung über die Berufsausbildung zum Tischler geregelt. Hier sind Ausbildungsinhalte, Ausbildungsgang, Prüfungsanforderungen u.a. festgelegt.

Gesellen und Facharbeiter können sich zum Meister, Techniker, Fachlehrer, Ingenieur und Architekten weiterbilden.

## 1.2 Betrieb und Arbeitsplatz

**Handwerk und Industrie.** Die scharfen Grenzen zwischen Handwerks- und Industriebetrieben sind fließend geworden.

Grundsätzlich können wir sagen, dass sich Handwerksbetriebe nicht (oder nur teilweise) auf bestimmte Erzeugnisse spezialisieren. Ein Tischler liefert auf Bestellung Fenster und Türen ebenso wie Möbel, Kästen und Sonderanfertigungen aus ausgesuchten edlen Hölzern.

Industriebetriebe haben sich dagegen auf bestimmte Produkte oder Serienmöbel speziali-

siert, die sie unter Einsatz entsprechender Spezialmaschinen (bis zur Automatisierung) in großen Mengen herstellen.

**Holzverarbeitende Betriebe** haben je nach Größe verschiedene Räume oder abgeteilte Bereiche für den Bankraum, den Maschinenraum, das Holzlager und Zubehörlager sowie den Spritzraum. Hierbei sind die Auflagen der Arbeitsstättenverordnung zu erfüllen.

**Im Bankraum** werden Sie die handwerklichen Fertigkeiten erlernen. Die Einrichtung soll

zweckmäßig, Hobelbank und andere Arbeitsmittel sollen der Körpergröße angepasst sein. Dass es sich in einem hellen, trockenen und beheizbaren Raum besser arbeiten lässt als in einem düsteren, feuchten und kalten, ist selbstverständlich. Sauberkeit und Ordnung am Arbeitsplatz sind die wichtigsten Werkstattregeln, von denen auch besonders die Arbeitssicherheit abhängt.

**Im Maschinenraum** begegnen uns Lärm, Staub und erhöhte Unfallgefahren. Ein Gehörschutz verhindert unheilbare Gehörschäden, seine Benutzung ist für jeden Mitarbeiter verbindlich vorgeschrieben ebenso wie die Arbeitsschutzkleidung. Lüftungs- und Absauganlagen und Atemschutzmasken schützen vor schädlichem Staub. Die Gefahrenbereiche der Maschinen sind zu kennzeichnen. Auch hier sind Sauberkeit und Ordnung oberstes Gesetz.

**Lager.** Ein aufgeräumtes, übersichtlich angeordnetes Lager erspart viel Ärger und langes Suchen.

Gestapeltes Schnittholz, Furniere und Holzwerkstoffplatten sind nach Sorten und Abmessungen zu lagern und gegen Umkippen zu sichern. Vorschriftsmäßige Luftfeuchte und Temperatur sowie gute Lichtverhältnisse im

Lager sind Voraussetzungen, um Qualitätsminderungen zu vermeiden.

**Im Spritzraum** steht wiederum die Sicherheit an erster Stelle. Hier herrscht absolutes Rauchverbot. Essen und Trinken sind ebenso zu unterlassen. Lackreste an Spritzgeräten und Arbeitsplätzen müssen aus Sicherheitsgründen von Zeit zu Zeit (am besten sofort) entfernt werden; dabei ist auf eine umweltgerechte Entsorgung zu achten. Belüftungsanlagen sind vorgeschrieben und auch bei der Arbeit einzuschalten!

Elektrische Anlagen sollten möglichst in einem besonderen Raum stehen und müssen gegen Explosion gesichert sein. Spritzgeräte und -schlauche sind nach der Arbeit gründlich zu reinigen und laut Herstelleranweisung zu pflegen. Feuerlöschanlagen und Handlöschgeräte sind einsatzbereit und in ausreichender Anzahl vorgeschrieben. Fluchtwege dürfen nicht zugestellt werden.

Die SOS – Regel lautet: Durch Sauberkeit und Ordnung zur Sicherheit. Sie sind die wichtigsten Werkstattregeln, um gute Arbeit zu leisten und die Unfallgefahren zu verringern, dabei gilt ein absolutes Rauchverbot für alle Bereiche der Holzbearbeitung

### 1.3 Unfallgefahren und Unfallverhütung

**Arbeitsunfälle** sind häufig. Ursachen sind meist fahrlässiges, unvorsichtiges oder sogar rücksichtsloses Verhalten, Unkenntnis oder Missachtung der Vorschriften, schließlich auch Materialfehler. Arbeitsunfälle bringen dem Betroffenen Schmerzen, Körperschäden und Sorgen, vielleicht gar den Tod. Damit schafft er Leid auch für seine Familienangehörigen. Für den Betrieb bedeutet der Ausfall eines Mitarbeiters Störung und Schaden. Die Unfallkosten (Arzt, Krankenhaus, Kur, Rente) aber hat die Allgemeinheit zu tragen – also wir alle. Sie erhöhen die Soziallast.

**Unfallverhütung.** Um Unfälle zu vermeiden, muss man die Gefahren kennen. Deshalb haben die Berufsgenossenschaften als Träger der

gesetzlichen Unfallversicherung Vorschriften erlassen, die in jeder Werkstatt gut sichtbar angebracht sein müssen. Merkhefte der Holzberufsgenossenschaft geben außerdem wichtige Hinweise. Die von Herstellern und Betreibern, Unternehmern und Arbeitnehmern gemeinsam mit Sachverständigen der Berufsgenossenschaften und Beamten der staatlichen Gewerbeaufsicht erarbeiteten Unfallverhütungsvorschriften sind *gesetzliche Mindestanforderungen* für die Sicherheit am Arbeitsplatz. Technische Aufsichtsbeamte der Berufsgenossenschaften, Gewerbeaufsichtsbeamte und Sicherheitsbeauftragte in den Betrieben überwachen die Durchführung dieser Vorschriften.

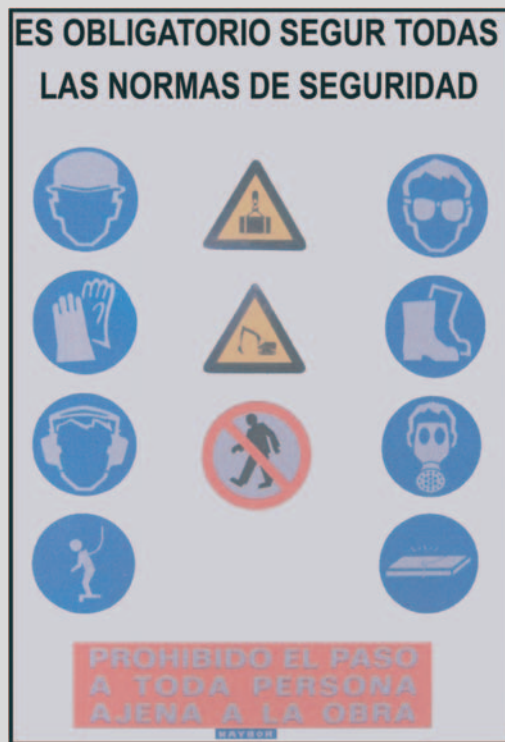
1

Unfallverhütungsvorschriften sind nicht erlassen, um Ihnen „Ungelegenheiten“ zu machen, sondern Gesundheit und Leben zu erhalten. Sie zu beachten und zu befolgen, ist deshalb selbstverständlich.

Versichert gegen Berufsunfälle und -krankheiten ist jeder, der aufgrund eines Arbeits-, Dienst- oder Ausbildungsverhältnisses beschäftigt ist.

### 1.3.1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

#### Arbeitsauftrag Nr. 2 Lernfeld LF 1



- Um die innerbetriebliche Gesundheitsvorsorge richtig zu verstehen ist es unbedingt notwendig alle Hinweis- und Warnschilder sowie Gebotszeichen zu kennen, verstehen und verantwortlich zu handeln.

Erarbeiten Sie sich die Sicherheitskennzeichen mit Hilfe der „Puzzle – Methode“. Kopieren Sie die Symbole in vierfacher Vergrößerung. Schneiden Sie die Symbole (Piktogramme) ohne Beschriftung aus. Kleben Sie die Piktogramme auf ein DIN A 2 Blatt in dem Sie diese den folgenden Überschriften zu ordnen :

- Verbotsschilder
- Warnschilder
- Gebotszeichen
- Rettungszeichen
- Gefahrensymbole

Die Piktogramme werden nun mit den dazugehörigen Kennfarben (rot, blau, orange, grün) umrandet und entsprechend (z.B. Rauchen verboten) benannt.

#### Arbeiten Sie in Gruppen.

Die fertigen Gruppenarbeiten werden der Klasse vorgestellt.

Korrekturhinweise werden aufgenommen und in den Arbeiten berücksichtigt.

Die Arbeiten werden vervielfältigt und in die Unterrichtsprotokolle übernommen.

- Ihre Firma beteiligt sich an der europaweiten Ausschreibung eines Bauprojektes in Spanien. Die Baustelleneinrichtung hat begonnen. Sie reisen mit dem Geschäftsführer Ihrer Firma nach Spanien um die Gegebenheiten der Baustelle zu besichtigen und Details des zu erwartenden Auftrages zu klären. Die Baustelle ist bereits eingezäunt. Am Eingangstor hängt das abgebildete großformatige Plakat mit Sicherheitszeichen. Bitte benennen Sie die jeweiligen Zeichen und erläutern Sie die Arbeitsbereiche auf die die Sicherheitszeichen hindeuten. Diskutieren Sie die Situation auf der Baustelle mit der Klasse.

**Persönliche Schutzausrüstungen.** Wenn Verletzungen oder Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz durch technische und organisatorische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden können, müssen persönliche Schutzausrüstungen vom Unternehmer zur Verfügung gestellt werden. Die Versicherten müssen die persönlichen Schutzausrüstungen benutzen (1.4).

### 1.3.2 Umgang mit Gefahrstoffen

Gefahrstoffe sind Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse mit gefährlichen Eigenschaften. Gefahrstoffe erkennt man an den Gefahrensymbolen (1.5).

Gefahrstoffe müssen immer gekennzeichnet sein (1.6).

Ausführlichere Vorschriften und Hinweise sind in der Gefahrstoff-Verordnung GefStoffv der Berufsgenossenschaft zu finden.

#### ■ Sicherheitsschuhe



in der Werkstatt und auf Baustellen

#### ■ Schutzhandschuhe



bei Gefahr von Handverletzungen, aber nicht an laufenden Maschinen verwenden!

#### ■ Gehörschutz



muss in Lärmbereichen getragen werden (ab 90 dB(A) Pflicht)

#### ■ Atemschutz



z.B. bei Schleif- und Lackierarbeiten

#### ■ Kopfschutz



Schutzhelme: Auf Baustellen oder wenn mit herabfallenden Teilen zu rechnen ist.

Haarnetz: Wenn lange Haartracht getragen wird und in der Nähe von rotierenden Maschinenteilen oder Werkzeuge

#### ■ Schutzbrille



wenn mit Augenverletzungen zu rechnen ist

#### ■ Enganliegende Kleidung



bei Arbeiten an Maschinen. Schmuckstücke dürfen beim Arbeiten nicht getragen werden.

**Bild 1.4** Persönliche Schutzausrüstungen

**Giftige Stoffe**

Gefahr: Nach Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme durch die Haut treten meist Gesundheitsschäden erheblichen Ausmaßes oder gar der Tod ein.  
Vorsicht: Jeglichen Kontakt mit dem menschlichen Körper vermeiden und bei Unwohlsein sofort den Arzt aufsuchen.

**Gesundheitsschädliche Stoffe**

Gefahr: Bei Aufnahme in den Körper verursachen diese Stoffe Gesundheitsschäden.  
Vorsicht: Kontakt mit dem menschlichen Körper, auch Einatmen der Dämpfe vermeiden und bei Unwohlsein den Arzt aufsuchen.

**Ätzende Stoffe**

Gefahr: Lebendes Gewebe wird bei Kontakt mit diesen Chemikalien zerstört.  
Vorsicht: Dämpfe nicht einatmen und Berührung mit Haut, Augen und Kleidung vermeiden.

**Reizend wirkende Stoffe**

Gefahr: Dieses Symbol kennzeichnet Stoffe, die eine Reizwirkung auf die Haut, Augen und Atmungsorgane ausüben können.  
Vorsicht: Dämpfe nicht einatmen und Berührung mit Haut, Augen und Kleidung vermeiden.

**Leichtentzündliche Stoffe**

Gefahr: Diese Stoffe geben selbst unterhalb Raumtemperatur genügend Dämpfe ab, die von einer Zündquelle entzündet werden können. Die Dämpfe können mit Luft explosionsfähige Gemische bilden.  
Vorsicht: Von offenen Flammen, Wärmequellen und Funken fernhalten.

**Umweltgefährliche Stoffe**

Gefahr: Bei Freisetzung in die Umwelt gefährden diese Stoffe sofort oder langfristig Gewässer, den Boden, die Atmosphäre.  
Vorsicht: Produkte oder deren Rückstände sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen.

**Bild 1.5** Gefahrensymbole und ihre Bedeutung**Verdünnung**

giftig



leichtentzündlich

Enthält zwischen 20 % und 50 %  
Methanol, Toluol, Butanol

**Gefahrenhinweise beachten:**

Giftig beim Einatmen und Verschlucken

**Sicherheitsratschläge beachten:**

Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen!  
Behälter dicht verschlossen halten!  
Von Zündquellen fernhalten – nicht rauchen!  
Berührung mit der Haut vermeiden!  
Maßnahmen gegen  
elektrostatische Aufladungen treffen!  
Hersteller, Einführer, Vertreiber

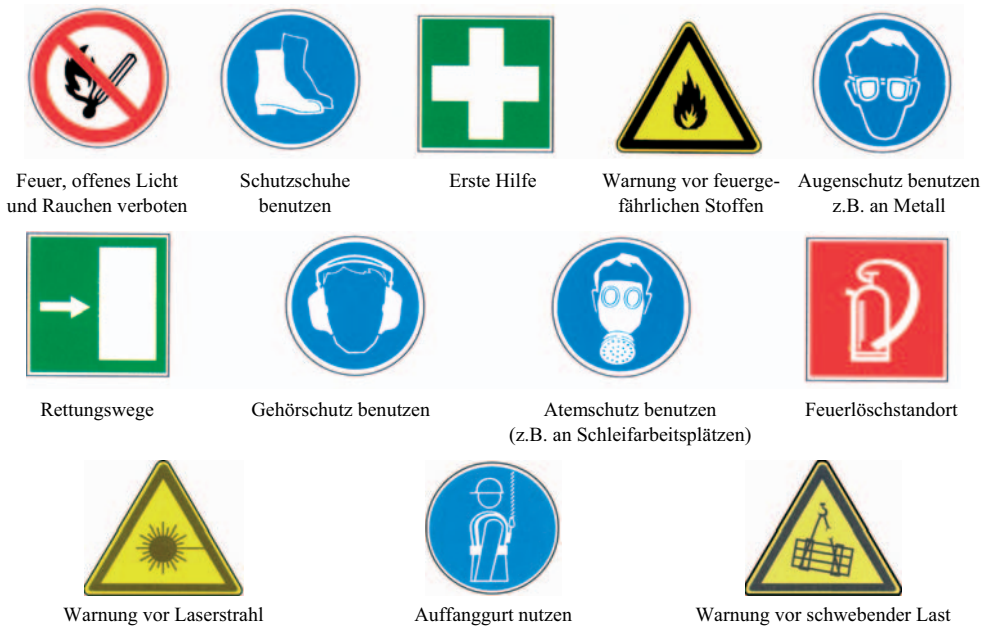
**Bild 1.6** Aufkleber auf der Verpackung**1.3.3 Betriebsanweisung**

Für jeden Gefahrstoff muss im Betrieb Ausbildungswerkstatt und Schule eine Betriebsanweisung vorhanden sein. Über diese Betriebsanweisungen ist jeder Mitarbeiter vor dem Umgang mit Gefahrstoffen durch autorisierte Personen im Rahmen einer jährlich wiederkehrenden Unterweisung zu informieren. Er hat die erfolgreiche Unterweisung durch seine Unterschrift zu bestätigen. Auszubildende und Jugendliche dürfen nur unter Aufsicht einer fachkundigen Person mit Gefahrstoffen umgehen.

Betriebsanweisung Nr.: Chem. 20 GEFSTOFF		Betrieb:	
Bereich/Tätigkeit:		Bankraum	
Gefahrstoffbezeichnung			
(Handelsname eintragen) Lösungsmittelhaltiger Klebstoff auf Polychloropren-Basis, isoluftfrei			
Gefahren für Mensch und Umwelt			
	<input type="checkbox"/> Leichtentzündlich. Dampf-Luftgemisch ist explosionsfähig. <input type="checkbox"/> Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken oder bei Berührung mit der Haut. <input type="checkbox"/> Entwickelt im Brandfall ätzende Gase (Chlorwasserstoff)		
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln			
	<input type="checkbox"/> Nur bei eingeschalteter Absaugung arbeiten. <input type="checkbox"/> Fall- und Nachfüllbehälter dicht geschlossen halten. <input type="checkbox"/> Von Zündquellen fernhalten. <input type="checkbox"/> Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen. <input type="checkbox"/> Im Arbeitsbereich nicht essen, trinken und rauchen. <input type="checkbox"/> Vor den Pausen und bei Arbeitende Hände gründlich waschen, anschließend mit Handcreme einreiben.		
Verhalten im Gefahrfall		Notruf: _____	
<input type="checkbox"/> Gefahrbereich im Brandfall sofort verlassen. <input type="checkbox"/> Entstehungsbrände mit Pulver oder Kohlendioxid löschen.			
Erste Hilfe		Notruf: _____	
	Benetzte Kleidung sofort ablegen. Bei Hautkontakt mit Seife waschen. Bei Einatmen höherer Konzentration sofort an die frische Luft gehen, Arzt verständigen. Bei Augenkontakt mit viel Wasser gründlich spülen, Augenarzt aufsuchen.		
Schgerechte Entsorgung			
Nach Verschütten mit Putzlappen aufnehmen und in feuersicheren, geschlossenen Behältern verwahren. Reste in Abflüsse schütten. Darf nicht in das Erdreich, Grund- oder Abwasser gelangen.			
Datum, Unterschrift: _____			

**Bild 1.7** Beispiel einer Betriebsanweisung**1.3.4 Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Kennzeichnung**

Es müssen Warn-, Verbots-, Gebots- und Rettungszeichen gutschichtbar angebracht sein (1.8). Die für die Ausbildungswerkstatt geltenden Unfallverhütungsvorschriften (UVV) sind an geeigneter Stelle auszulegen.



**Bild 1.8** Auswahl von Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Kennzeichnungen

Im Jugendarbeitsschutzgesetz (Gesetz zum Schutz der arbeitenden Jugend) sind u.a. Arbeitszeit, Nachtruhe, Urlaub und Pausen geregelt. Das Gesetz verpflichtet außerdem den Arbeitgeber, dem Jugendlichen die nötige Zeit zum Berufsschulbesuch zu gewähren. An Holzbearbeitungsmaschinen dürfen Jugendliche nur beschäftigt werden, soweit sie über 15 Jahre alt sind, die Tätigkeit für das Ausbildungsziel

erforderlich ist und unter Schutz und Aufsicht eines Fachkundigen geschieht.

*(Auf EU-Gesetzgebung und geänderte Lehr- und Ausbildungspläne achten.)*

Weitere Voraussetzungen sind die betriebliche Grundunterweisung an den Maschinen; die überbetrieblichen Tischler/Schreiner Maschinenkurse (TSM-Kurse).



## 2 Physikalische und chemische Grundlagen

Für das Erlernen eines technischen Berufes sind Kenntnisse über die physikalischen und chemischen Grundlagen notwendig. Der fol-

gende Text erweitert Ihr Grundwissen, dient der Information und vertieft Ihr schulisches Vorwissen.

### Arbeitsauftrag Nr. 3 Lernfeld LF 10

- Ihr Berufsschullehrer möchte, dass Sie einen Bericht über die physikalischen und chemischen Grundlagen schreiben, den Sie auch für Ihr Berichtsheft verwenden können.

Sie dürfen unter folgenden Themenbereichen auswählen:

- A Physikalische Grundbegriffe
- B Chemische Grundbegriffe
- C Kohäsion und Adhäsion
- D Chemische Verbindungen
- E Element, Molekül, Atom
- F Luft und Wasser
- G Oxydation und Reduktion
- H Säuren, Basen und Salze

- Über den Bereich physikalische und chemische Grundlagen wird demnächst eine Klassenarbeit geschrieben. Zur besseren Vorbereitung und zum nachhaltigen Lernerfolg legen Sie bitte eine Karteisammlung (DIN A 7) an.
- Schreiben Sie die folgenden Fragen einzeln auf die Vorderseiten der Karteikarten; die mit Hilfe Ihres Fachbuches erarbeiteten Antworten auf die jeweilige Rückseite.

1. Was bedeutet Masse?
2. In welchen Zustandsformen treten Körper auf?
3. Wodurch lässt sich die Zustandsform eines Körpers ändern?
4. Bestimmen Sie die Dichte eines Holzwürfels, der ein Volumen von  $30 \text{ cm}^3$  hat und  $16 \text{ g}$  wiegt.
5. Was versteht man unter Wichte?
6. Welche Kräfte wirken in einer abgebundenen Klebefuge?
7. Warum haften zwei aufeinander gelegte Glasplatten?
8. Erläutern Sie, warum poröse Oberflächen besser saugen als glatte. Was ergibt sich daraus für Ihren Beruf?
9. Wo spielt die Diffusion (Osmose) in der Natur eine wichtige Rolle?
10. Worin bestehen die Unterschiede zwischen einem Gemenge und einer chemischen Verbindung?
11. Wie lassen sich Dispersionen (z.B. Weißbleim) trennen?
12. Welche Eigenschaften haben Lösungen?
13. Nennen Sie Legierungen.
14. Was versteht man unter Synthese und Analyse? Welcher Zusammenhang besteht zwischen ihnen?
15. Was ist ein Atom? Woraus besteht es?
16. Stoffgemische bestehen aus Molekülen und Atomen. Erklären Sie an einer Skizze die Zusammenhänge zwischen Atomen und Molekülen.
17. Wozu dient die Summenformel?
18. Welche Maschinen und Geräte in der Schreinerei arbeiten mit Druckluft?

19. Woraus besteht Luft?
20. Warum ist Sauerstoff lebensnotwendig?
21. Schildern Sie den Kreislauf des Wassers.
22. Was versteht man unter der Anomalie des Wassers?
23. Erklären Sie die Oxidation und Reduktion.
24. Was bedeutet Korrosion? Wie kommt sie zustande?
25. Zu welchen Arbeiten braucht der Holzfachmann Säuren bzw. Laugen?
26. Wie entstehen Säuren und Basen?
27. Welche Schutz- und Vorsichtsmaßnahmen treffen Sie im Umgang mit Säuren und Laugen?
28. Wann ist eine Flüssigkeit neutral?
29. Wozu dient der pH-Wert?
30. Was bedeutet ein Absinken von pH 5 auf pH 4?
31. Wie viel mal saurer ist pH 4 als neutrales Wasser?

2

**Körper und Stoff.** Bei der Bezeichnung „Körper“ denken wir sofort an unseren eigenen, den menschlichen Körper. Tatsächlich sind jedoch alle uns umgebenden Dinge Körper-Steine und Häuser, Fahrzeuge, Tische und Stühle ebenso wie Luft und Wasser. Form, Zustand und Lage der Körper sind verschieden und veränderlich – ein eckiger Körper lässt sich runden und fällt vom Tisch, wenn wir ihn anstoßen.

Der Stoff, aus dem er besteht, ändert sich dabei nicht. Wir können Holz noch so sehr verkleinern, es bleibt doch stets Holz.

Mit den Körpern und ihren Eigenschaften beschäftigt sich die Physik, mit den Stoffen und ihren Eigenschaften dagegen die Chemie.

## 2.1 Physikalische Grundbegriffe

**Zustandsformen (Aggregatzustände).** Erwärmtes Eis schmilzt zu Wasser, erwärmtes Wasser verdampft. Umgekehrt kondensiert abgekühlter Dampf und gefriert Wasser bei Minustemperaturen zu Eis. Körper treten also in drei Zustandsformen auf:

- als Festkörper (z.B. Eis, Holz, Metall, Mauerstein),
- als Flüssigkeit (z.B. Wasser, Leim, Lösungsmittel),
- als Gas (z.B. Wasserdampf, Luft, Sauerstoff).

**Masse.** Um einen Fußball vom Elfmeterpunkt ins Tor zu treten, braucht man Kraft. Der Torwart braucht ebenfalls Kraft, um den Ball sicher zu halten. Ohne Abschuss bleibt der Ball auf dem Elfmeterpunkt liegen, ohne Torwart fliegt er nach dem Schuss ins Tor. Ein Körper verharrt also in seinem Zustand der Ruhe oder gleichförmigen Bewegung, wenn

nicht eine Kraft auf ihn wirkt. Dieses Beharrungsvermögen nennt man Masse (Formelzeichen  $m$ ). Die Masse eines Körpers ist ortsunabhängig, auf der Erde ebenso groß wie auf dem Mond. Abhängig ist sie dagegen vom Volumen  $V$  und von der Stoffart des Körpers – ein langer Holzbalken ist schwerer zu heben als ein dünnes Furnier.

### Masse $m$

- ist die Eigenschaft eines Körpers, sich Veränderungen seines Bewegungszustands zu widersetzen.
- ist unabhängig vom Ort, aber abhängig von Volumen und Stoff des Körpers.
- hat die Einheit kg (1 kg = 1000 g, 1000 kg = 1 t).

$$m = \rho \cdot V$$

$m$  = Masse;  $\rho$  = Rohdichte;  $V$  = Volumen.

### Zustandsformen

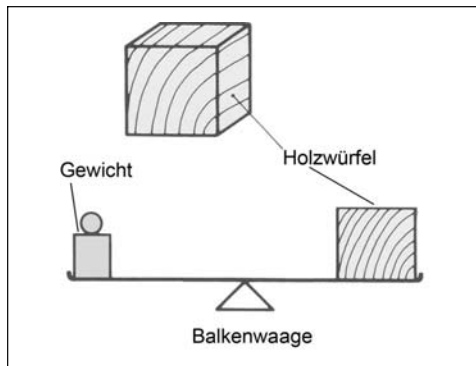
- fest z.B. Eis
- flüssig z.B. Wasser
- gasförmig, z.B. Rauch.

Bestimmt wird die Masse durch Vergleich mit geeichten Wägestücken auf der Balkenwaage. (Eichmaß ist ein in Paris gelagerter Platin-Iridium-Zylinder mit der Masse 1 kg.) 1 kg entspricht der Masse von 1 Liter Wasser bei 4 °C. Nach dem internationalen Einheitensystem (Systeme Internationale d'Unites = SI-Einheiten) ist die Masse eine gesetzlich festgelegte Basisgröße.

**Berufshinweis.** Bei Berechnungen der Holzmasse (Transportgewicht) muss die Rohdichte in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt ermittelt werden.

- **Laborversuch** Würfel verschiedener Holzarten und Abmessungen werden nummeriert, gewogen (g) und gemessen [cm]. Das Volumen (dm<sup>3</sup>) der Würfel wird berechnet und mit dem Gewicht in die Spalten „Volumen“ und „Masse“ einer Tabelle eingetragen. Die dritte Spalte bleibt noch frei. Aus den Eintragungen von Masse und Volumen lassen sich keine Schlüsse ziehen. Nun teilen wir die Masse durch das Volumen.

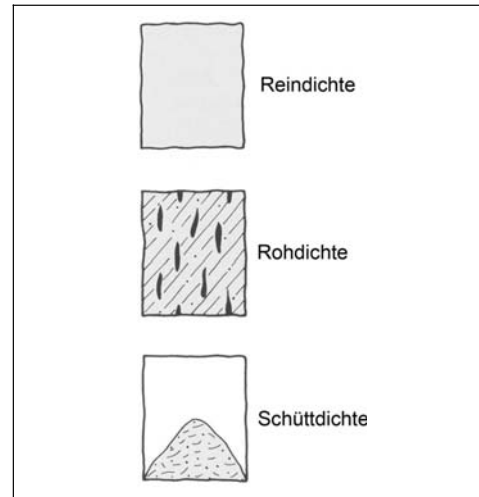
*Ergebnis* Wir erhalten vergleichbare Werte (g/cm<sup>3</sup>) – die Dichte jeder Holzart.



**Bild 2.1** Bestimmen der Dichte

**Die Dichte  $\rho$**  (rho, griech. Buchstabe r) ergibt sich, wenn man die Masse eines Körpers durch sein Volumen dividiert ( $\rho = m : V$ ).  $\rho$  ist für jeden Stoff verschieden, eine ortsunabhängige Werkstoffkennzahl, die uns beim Bestimmen

der Holzarten hilft. Doch Holz enthält wie viele andere Werkstoffe Poren und Hohlräume. Deshalb spricht man hier von *Rohdichte* (= einschließlich Poren). Wird das Volumen der *reinen* Holzsubstanz ohne Zellhohlräume, Poren oder Wassergehalt gemessen und zur Masse ins Verhältnis gesetzt, erhält man die *Reindichte*.



**Bild 2.2** Unterscheidung der Dichte bei Holzern

Die Reindichte beträgt für alle Holzarten, wegen der gleichartigen Zusammensetzung der Zellwände, etwa 1,5 kg/dm<sup>3</sup>. Von der *Schüttdichte* spricht man, wenn z.B. Holzspäne oder Sand lose aufgeschüttet werden (Bild 2.2). Die Dichte einiger Stoffe zeigt Tabelle 2.3.

**Tabelle 2.3** Dichte einiger Stoffe

Werkstoff	Dichte in kg/dm <sup>3</sup>
Stahl	7,85
Aluminium	2,7
Glas	2,6
Beton	2,2
Wasser bei 4 °C	1,0
Eiche (lufttrocken)	0,7 (Rohdichte)
Eiche (darrtrocken)	0,66 (Rohdichte)
Fichte (lufttrocken)	0,47 (Rohdichte)
Fichte (darrtrocken)	0,42 (Rohdichte)
Holz allgemein	≈ 1,5 (Reindichte)

**Dichte  $\rho$** 

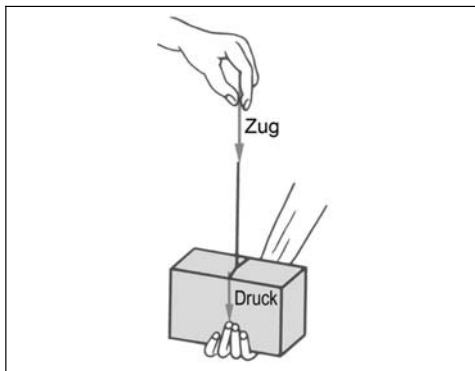
- ist eine ortsunabhängige Werkstoffkennzahl.
- ergibt sich aus der Division von Masse durch Volumen

$$\left( \rho = \frac{m}{V} \right)$$

- zu unterscheiden sind Rohdichte, Schüttdichte und Reindichte.
- hat die Einheit  $\text{kg}/\text{dm}^3$  ( $1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 1000 \text{ g}/\text{dm}^3, 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 = 1 \text{ t}/\text{m}^3$ ).

- **Laborversuch** Wir halten einen Holzklotz mit einer Hand frei an einer Schnur, bevor wir ihn – immer noch an der Schnur – auf die andere Hand legen (2.4).

*Ergebnis* Die Masse des Holzklotzes wirkt als Zugkraft lotrecht nach unten und als Druckkraft auf die Traghand.



**Bild 2.4** Gravitations- oder Schwerkraft

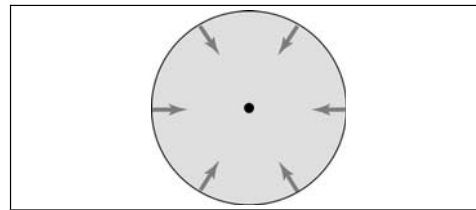
**Gewichtskraft (Eigenlast).** Die spürbare „Eigenlast“ eines Körpers nennt man seine Gewichtskraft  $F_G$ . Es ist die Kraft, mit der er vom Erdmittelpunkt angezogen wird (Gravitations- oder Schwerkraft, 2.4). Sie ist auch die Ursache dafür, dass ein frei fallender Körper beschleunigt wird, also immer schneller fällt.

Die Fallbeschleunigung nimmt mit der Entfernung vom Erdmittelpunkt ab, die Anziehungskraft wird geringer. Wo sich zwei Anziehungskräfte (etwa von Erde und Mond) gegenseitig aufheben, herrscht völlige Schwerelosigkeit.

Bei nicht zu langen Fallstrecken wird die Fallbeschleunigung ( $g$ ) als gleichbleibend angenommen. Es gilt der Wert  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ . Für Rechnungen wird in der Regel der Annäherungswert  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  verwendet.

Gemessen wird die Gewichtskraft mit der Federwaage, angegeben in Newton (N).

Die Gewichtskraft ( $F_G$ ) einer Masse ( $m$ ) und der Fallbeschleunigung ( $g$ ) wird nach dem Gesetz:  $F_G = m \cdot g$  berechnet. Bei einer Masse von 1 kg und der Fallbeschleunigung von  $\sim 10 \text{ m/s}^2$  ergibt sich eine Gewichtskraft von:  $F_G = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ kg m/s}^2 = 10 \text{ Newton}$  ( $1 \text{ kg m/s}^2 = 1 \text{ N}$ )



**Bild 2.5** Die Eigenlast eines Körpers ist zum Erdmittelpunkt gerichtet und in gleicher Entfernung davon gleich groß

**Gewichtskraft  $F_G$** 

- ist die Kraft, die den Körper zum Erdmittelpunkt zieht. ( $F_G = m \cdot g$ )
- ist ortsabhängig.
- hat die Einheit Newton (N), abgeleitet Dekanewton (daN), Kilonewton (kN) und Meganewton (MN).  $1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$ ,  $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$ ,  $1 \text{ MN} = 1000000 \text{ N}$ .

**Die Wichte  $\gamma$**  (gamma, griech. Buchstabe  $g$ ) ist die Gewichtskraft eines Körpers je Raumeinheit –  $\gamma = F_G : V$ . Sie ist auch ortsabhängig.

**Wichte  $\gamma$** 

- ist ortsabhängig und hat die Einheiten  $\text{daN}/\text{dm}^3, \text{kN}/\text{m}^3$
- ergibt sich aus der Division von Gewichtskraft durch Volumen eines Körpers

$$\left( \gamma = \frac{F_G}{V} \right)$$

## 2.2 Kohäsion und Adhäsion

- **Laborversuch** Knicken Sie ein Kreidestück und eine Holzleiste gleicher Stärke von Hand, trennen Sie zwei längsverleimte Holzleisten mit dem Stemmeisen in der Leimfuge auf.

*Ergebnis* Die Körper setzen Ihnen unterschiedlichen Widerstand entgegen. Das verleimte Stück bricht zum Teil in der Leimfuge, zum Teil gibt es reinen Holzbruch. Daraus ist zu schließen, dass die Körper verschieden stark zusammenhängen.

**Kohäsion (Zusammenhangskraft).** Alle Stoffe sind aus Molekülen aufgebaut (lat. = kleine Masse). Die unvorstellbar winzigen Teilchen werden von der Zusammenhangskraft zusammengehalten. Diese Kohäsion ist bei jedem Körper unterschiedlich, wie der Versuch gezeigt hat, und bestimmt seine mechanischen Eigenschaften (z.B. Bruchfestigkeit, Druckfestigkeit).

- **Laborversuch** Eine voll ausgehärtete und eine frische, noch nicht abgebundene Verleimprobe werden mit dem Stemmeisen in der Fuge getrennt.

*Ergebnis* Um die ausgehärtete Fuge zu trennen, braucht man erhebliche Kraft, die frische Verleimung lässt sich dagegen mit geringem Kraftaufwand trennen (Leimbruch).

Nach dem Abbinden (Abwanderung des Dispergiermittels Wasser) und Aushärten des Leimfilms befinden sich nur noch die Leimmoleküle in der Fuge.

Die Kohäsion im Leim ist größer als im Holz. So ist es zu erklären, dass es bei Belastung der Fuge meist Holzbruch gibt.

Daraus ist zu schließen, dass die Kohäsion fester Körper sehr groß ist – hier liegen die Moleküle starr und dicht beieinander. Die Moleküle von Flüssigkeiten sind, wie die frische Verleimung zeigt, beweglicher, ihre Kohäsion ist geringer. Deshalb brauchen wir für Flüssigkeiten ein Gefäß.

Gase schließlich streben eher auseinander als zusammen, wie wir beim Wasserkochen erkennen. Gasmoleküle sind frei, werden praktisch nicht zusammengehalten, sodass wir Gase in verschlossenen Behältern halten müssen.

Die Zustandsformen der Körper sind veränderlich. Folglich lässt sich auch die Kohäsion der Körper durch Zufuhr oder Entzug von Wärme beeinflussen.

Die Zusammenhangskraft wirkt in einem Körper. Wie sich zwei oder mehr Körper zueinander verhalten, zeigt uns ein Versuch.

- **Laborversuch** Wir drücken je einen Styroporstreifen im trockenen und angefeuchteten Zustand an die Wandtafel.

*Ergebnis* Der trockene Streifen fällt sofort ab, der angefeuchtete haftet – bei ihm wirkt die Anhangskraft.

**Die Adhäsion (Anhangskraft)** wirkt zwischen den Molekülen verschiedener und gleicher Körper. Warum nicht zwischen dem trockenen Styroporstreifen und der Tafel? Weil trockenes Styropor Luft enthält, die durch Anfeuchten aus den Poren verdrängt wird. Luft verhindert also eine Adhäsion.

**Kohäsion** – Anziehungskraft zwischen den Molekülen eines Körpers

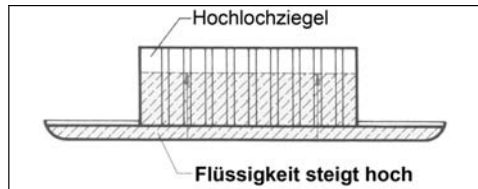
**Adhäsion** – Anziehungskraft zwischen den Molekülen verschiedener und gleicher Körper

**Berufshinweis.** Auf der Adhäsion und Kohäsion beruht vor allem die Klebkraft des Leims. Das mit Wasser versetzte Leimpulver verdrängt die Luft aus den Poren, füllt Unebenheiten und lässt die Anhangskraft gleichmäßig auf der ganzen Holzoberfläche wirken. Nach dem Verdunsten des Wassers rücken die Leimmoleküle durch Anziehungskräfte zusammen und haften durch die Kohäsion.

## 2.3 Kapillarität und Diffusion

- **Laborversuch** Ein weißer Mauerstein wird in eine flache, mit blau gefärbtem Wasser gefüllte Schale gestellt.

*Ergebnis* Nach kurzer Zeit steigt das blaue Wasser im Stein hoch (2.6).



**Bild 2.6** Kapillarität

- **Laborversuch** Wir füllen ein Reagenzglas zunächst halb, dann bis an den Rand mit Wasser und beobachten den Wasserspiegel.

*Ergebnis* Bei halbgefülltem Glas steht der Wasserspiegel am Glasrand deutlich höher als in der Glasmitte. Im randvollen Zustand steigt der Wasserspiegel dagegen vom Rand bogenförmig zur Mitte an.

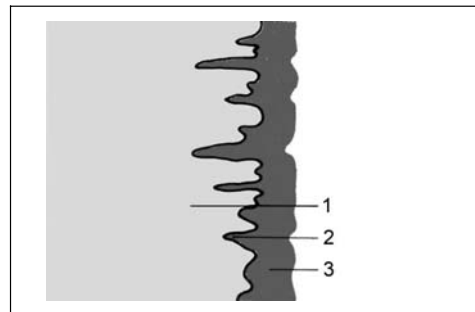
**Kapillarität.** Diese Erscheinung (2.6) nennt man Kapillarität. In besonders engen Röhren (Haarröhrchen) steigt die benetzende Flüssigkeit entgegen der Schwerkraft nach oben. Je enger die Röhre, umso höher steigt der Flüssigkeitsspiegel am Glasrand. Wie Versuch 1 zeigt, ist die Saugkraft der Kapillaren bei porösen Körpern besonders stark. In Gefäßen mit Flüssigkeiten überwiegt die Adhäsionswirkung an der Gefäßwand, die Kohäsionswirkung dagegen am oberen Gefäßrand. Diese Wechselwirkung von Adhäsion und Kohäsion beeinflusst die Kapillarität und führt zur Ausbildung verschiedener Flüssigkeitsradien.

**Berufshinweise.** Wenn man Massivholz (z.B. Weinstockpfähle) längere Zeit in einem mit Holzschutz gefüllten Behälter lagert, durchdringt das Holzschutzmittel infolge der Kapillarität nach und nach das ganze Holz. Die Flüssigkeit wird in Wuchsrichtung über das Hirnholz schneller aufgenommen (und gegebenenfalls wieder abgegeben) als quer zur Wuchsrichtung. (Warum?)

Die erhöhte Saugkraft poröser Oberflächen nutzt man beim Auftragen von Klebstoffen

und dekorativen Oberflächenmitteln. Durch vorheriges Schleifen raut man die Oberfläche des Holzes auf und schafft so zusätzlich zu den angeschnittenen Poren feinste Vertiefungen (Kapillaren), in denen die Auftragsmittel aufsteigen und sich besser verankern (2.7).

Die Kapillarwirkung ermöglicht den Wurzelhärchen die Wasseraufnahme im Boden.

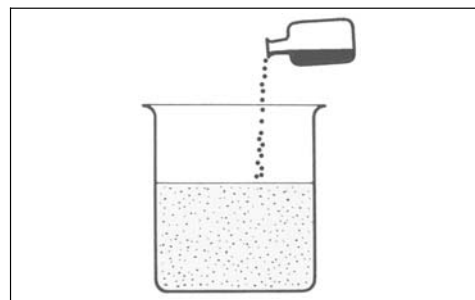


**Bild 2.7** Verankerung von Auftragsmitteln durch Kapillarität  
1 Untergrund  
2 Poren  
3 Anstrichmittel

Die Kapillarität wirkt zwischen einem Festkörper und einer Flüssigkeit bzw. einem Gas. Wie verhalten sich Flüssigkeiten und Gase mit- und untereinander? Diese Frage soll ein Versuch klären.

- **Laborversuch** Wir geben in ein Glas Wasser einen Tropfen Kaliumpermanganat.

*Ergebnis* Nach kurzer Zeit färbt sich das ganze Wasser gleichmäßig blau-lila (2.8).



**Bild 2.8** Diffusion

**Diffusion.** Der Versuch zeigt, dass sich Flüssigkeiten vermengen und durchdringen. Das Gleiche gilt für Gase und für Gase mit Flüssigkeiten. Diese Erscheinung heißt Diffusion und spielt eine wichtige Rolle beim Nährstofftransport im Baum. Gase und Flüssigkeiten durchdringen und vermischen sich auch dann miteinander, wenn sie durch eine dünne, poröse Schicht (z.B. semipermeable Trennwand) getrennt sind. Man bezeichnet diesen Vorgang als Osmose.

**Kapillarität** – Zusammenwirken von Kohäsion und Adhäsion zwischen Festkörper und Flüssigkeit bzw. Gas; verstärkte Saugwirkung bei porösen Festkörpern

**Diffusion, Osmose** – Gegenseitige Durchdringung von Flüssigkeiten oder Gasen bis zum Ausgleich der Konzentration

## 2.4 Chemische Grundbegriffe

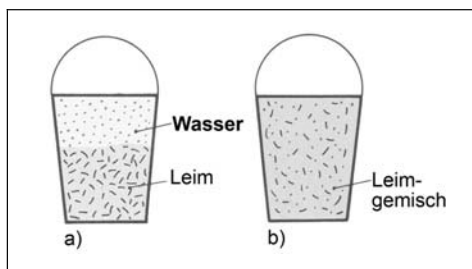
Bisher haben wir uns mit den Körpern und ihren Eigenschaften, also mit physikalischen Vorgängen befasst. Die Chemie untersucht dagegen die Zusammensetzung, Eigenschaften und Umwandlung der Stoffe.

### 2.4.1 Gemenge (Dispersionen)

- **Laborversuch** In einer Schale werden Eisen- und Schwefelpulver vermischt (vermengt). An das Gemenge halten wir einen Magneten.  
*Ergebnis* Der Magnet zieht das Eisenpulver an und trennt es somit wieder vom Schwefel. Beide Stoffe sind unverändert geblieben.

Gemenge sind Mischungen von Stoffen, die man physikalisch wieder trennen kann, ohne die Stoffe zu verändern. Zu unterscheiden sind Suspensionen, Emulsionen, Lösungen und Legierung.

**Suspension.** Bei länger lagernden Behältern mit PVAC-Weißleim haben sich die Leimteile deutlich unter dem Wasser abgesetzt. Sie sind schwerer als das Wasser und setzen sich deshalb ab. Beim Umrühren mischen sich beide Stoffe wieder miteinander, sodass der Leim verarbeitet werden kann (2.9). Solche Dispersionen, bei denen sich feste Stoffe (Leim) fein in einer Flüssigkeit (Wasser) verteilen, aber nicht lösen, heißen Suspensionen. Ihre Bestandteile trennen sich physikalisch durch Absetzen.



**Bild 2.9** Suspension  
a) entmischt,  
b) gemischt

**Emulsion.** Wenn sich Flüssigkeiten in feiner Verteilung miteinander vermengen, spricht man von einer Emulsion (z.B. Milch = Rahm in Wasser, Wasser im „Wasserlack“). Auch Emulsionen trennen sich physikalisch durch Absetzen oder Filtrieren.

**Lösung.** Nitrocellulose-Lack (NC-Lack) lässt sich nur auf ein Möbelstück auftragen, wenn man ihm ein Lösungsmittel (Alkohol oder Ester) beigemischt hat. Man trägt also eine Lacklösung auf. Der Lack verteilt sich im Lösungsmittel so fein, dass er fürs Auge nicht mehr sichtbar ist, er geht in Lösung. Beim Trocknen des Lacks entweicht das Lösungsmittel (verdunstet), und der NC-Lack wird fest (2.10).

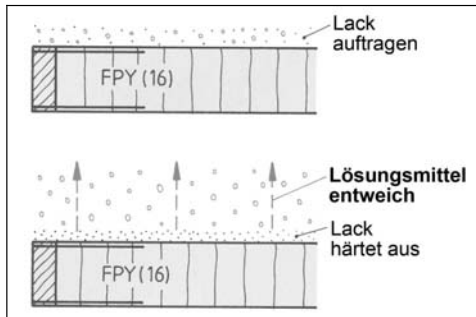


Bild 2.10 Lösung

Andere Lösungen von festen und flüssigen Stoffen sind z.B. Zucker oder Salz in Wasser. Im Wein ist Flüssigkeit (Alkohol) in Wasser gelöst. Solche Lösungen sind einheitliche (homogene) Stoffmenge, die sich physikalisch durch Verdampfen oder Destillieren wieder trennen lassen.

**Die Legierung** ist ein Gemisch von zwei oder mehr Metallen. Bekannt und vielfach verwendet für Beschläge ist vor allem Messing, eine Legierung aus Kupfer und Zink. Beide Metalle werden in geschmolzenem Zustand vermischt. Die Eigenschaften einer Legierung weichen zum Teil erheblich von denen der Einzelmetalle ab. Durch Einschmelzen lassen sich Legierungen wieder in die Ausgangsmetalle zerlegen.

#### Gemenge (Gemische)

- sind Mischungen von Stoffen, die sich physikalisch wieder trennen lassen (z.B. durch Absetzen, Sieben, Destillieren, Verdampfen, Einschmelzen).
- verändern die Stoffe nicht.
- sind Suspensionen oder Emulsionen (Dispersionen).
- sind Lösungen oder Legierungen.

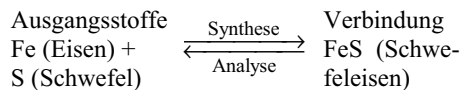
### 2.4.2 Chemische Verbindungen (Reaktionen)

- **Laborversuch** Wir vermengen 4 g Schwefel- und 7 g Eisenpulver in einem Reagenzglas und erhitzen es.

*Ergebnis* Die Mischung glüht auf zu einer spröden Substanz, die weder die Eigenschaften des Eisens noch des Schwefels hat. Aus beiden Stoffen hat sich durch Wärmezufuhr ein neuer Stoff gebildet.

**Bei der chemischen Reaktion** reagieren zwei oder mehr Ausgangsstoffe unter Wärmezufuhr oder

Wärmeabgabe miteinander und verbinden sich zu einem oder mehreren neuen Stoffen (Synthese). Solche Verbindungen lassen sich nicht mehr physikalisch, sondern nur noch chemisch wieder trennen (Analyse).



Das Wort „analysieren“ kennen wir auch aus der Politik, dem Tagesgeschehen und der Technik. Was tun Sie, wenn Sie etwas analysieren?

**Chemische Reaktion** – Verbindung von Ausgangsstoffen unter Wärmezufuhr oder -abgabe zu neuen Stoffen (Synthese) mit anderen Eigenschaften

Chemische Verbindungen lassen sich nur chemisch wieder trennen (Analyse).

### 2.4.3 Element, Molekül, Atom

**Element.** Bei der Analyse gelangt man zu Stoffen, die sich auch chemisch nicht weiter zerlegen lassen. 111 solcher Grundstoffe oder Elemente sind bisher bekannt. Man bezeichnet sie mit Symbolen nach ihren lateinischen oder griechischen Namen (z.B. Fe = ferrum = Eisen, Pb = plumbum = Blei, O = oxygenium = Sauerstoff, H = hydrogenium = Wasserstoff).

**Elemente** sind Stoffe, die sich chemisch nicht weiter zerlegen lassen.

**Moleküle** kennen wir schon von der Kohäsion und Adhäsion her. Sie sind die kleinsten Teilchen einer chemischen Verbindung. Jedes Molekül hat die gleichen Eigenschaften wie die ganze Verbindung. Seine Zusammensetzung



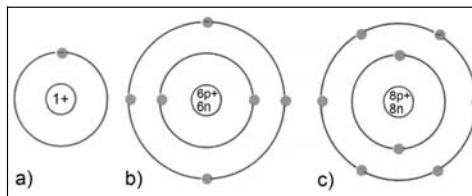
zung drückt sich in der chemischen Formel aus (z.B. FeS = Schwefeleisen). Die *Molekülmasse* ergibt sich aus der Masse und Anzahl der Einzelatome, die miteinander verbunden sind.

**Das Atom** ist das kleinste Teilchen eines Elements und daher je nach Element verschieden. Man gibt es mit dem chemischen Symbol an. Fe bedeutet also nicht nur Eisen, sondern 1 Atom Eisen. Die *Atommasse* ist unvorstellbar klein. Ihre Einheit ist der 12. Teil der Kohlenstoff-Atommasse. Kohlenstoff hat also die Atommasse 12, Sauerstoff 16 (2.11).

**Tabelle 2.11** Wichtige Elemente

Gruppe	Name	Zeichen	Atommasse
Metalle	<b>Schwermetalle</b>		
	Blei	Pb	207
	Chrom	Cr	52
	Eisen	Fe	56
	Gold	Au	197
	Kupfer	Cu	64
	Silber	Ag	108
	Zink	Zn	65
	<b>Leichtmetalle</b>		
	Aluminium	Al	27
Calcium	Ca	40	
Nichtmetalle	<b>fest</b>		
	Kohlenstoff	C	12
	<b>gasförmig</b>		
	Fluor	F	19
	Sauerstoff	O	16
Stickstoff	N	14	
Wasserstoff	H	1	

**Den Bau des Atoms** kann man sich wegen der Unsichtbarkeit des Atoms nur als Modell vorstellen. Der Atomkern im Zentrum bildet praktisch die gesamte Atommasse. Er enthält die elektrisch positiv geladenen Protonen  $p$  und die elektrisch neutralen Neutronen  $n$ . Um den Kern bewegen sich in kreisförmigen Bahnen mit unvorstellbarer Geschwindigkeit die elektrisch negativ geladenen Elektronen der Atomhülle (2.12). Die Anzahl der Protonen ist je nach Element verschieden und damit Unterscheidungsmerkmal eines Elements. Weil die Anzahl der Elektronen gleich der Protonenzahl ist, verhält sich ein Atom elektrisch neutral.



**Bild 2.12** Atomaufbau

- a) Wasserstoffatom nur 1 Elektron,  
 b) Kohlenstoffatom im Kern 6 Protonen + 6 Neutronen,  
 c) Sauerstoffatom

### Das Atom

- besteht aus dem Kern mit Protonen und Neutronen sowie der Hülle mit Elektronen,
- ist das kleinste Teil eines Elementes,
- ist elektrisch neutral.

### Molekül

- besteht aus mehreren Atomen,
- ist das kleinste Teil einer chemischen Verbindung.

**Periodensystem.** Nach ihren Eigenschaften – d.h. nach ihrem Atombau – kann man die Elemente in ein Periodensystem ordnen und ihnen eine Ordnungszahl geben. Das System ist einfach: Ausgehend vom Wasserstoff = 1 Proton = Ordnungszahl 1 nimmt die Kernladung von Element zu Element um 1 Proton (und damit auch um 1 Elektron) zu. Kupfer hat die Ordnungszahl 29, also 29 Protonen (und 29 Elektronen).

**Erhaltung der Masse.** Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Ausgangsstoffe gleich der Masse der Endstoffe.

**Wertigkeit.** Die Elemente verbinden sich stets in bestimmten Mengenverhältnissen, nämlich entsprechend ihrer Wertigkeit. Die Wertigkeit bei den Elementen der Hauptgruppen (Periodensystem) ist abhängig von der Anzahl der Elektronen auf der äußersten Kernschale, die aufgefüllt oder abgegeben werden.

Ein einwertiges Element kann nur 1 Atom eines anderen Elements binden, ein zweiwertiges 2, ein dreiwertiges 3 usw. Zwei- und Mehrwertigkeit drückt man in einer Zahl zum Symbol des gebundenen Elements aus.

**Beispiele**  $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ,  
denn Sauerstoff O ist zweiwertig  
 $4\text{H} + \text{C} \rightarrow \text{CH}_4$ ,  
denn Kohlenstoff C ist vierwertig

**Summen- und Strukturformel.** Da die Summe einer chemischen Reaktion unverändert bleibt (Gesetz von der Erhaltung der Masse), kann man die Reaktion in einer Summenformel schreiben und die Mengen berechnen (stöchiometrische Berechnung).

**Beispiel** Wie viel g Wasser erhält man bei der Verbrennung von 10 g Wasserstoff?  
 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$   
 $4\text{g} + 32\text{g} = 36\text{g}$   
daraus folgt

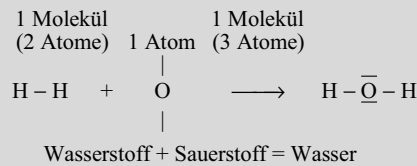
$$4\text{g H}_2 \triangleq 36\text{g}$$

$$\text{H}_2\text{O } 10\text{g H}_2 \triangleq x\text{g H}_2\text{O}$$

$$x = \frac{36\text{g} \cdot 10\text{g}}{4\text{g}} = 90\text{g H}_2\text{O}$$

2

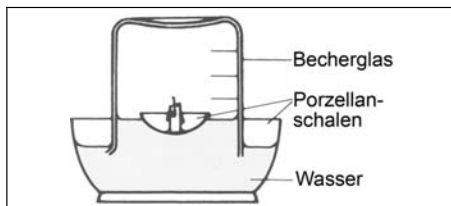
Die Zusammensetzung der Moleküle wird noch klarer durch die Strukturformel

**Beispiel**

## 2.5 Luft und Wasser

- **Laborversuch** In einer mit Wasser gefüllten Wanne wird eine Kerze auf einer schwimmenden Porzellanschale entzündet und mit einem Becherglas luftdicht überstülpt.

*Ergebnis* Nach kurzer Zeit erlischt die Kerze, und der Wasserspiegel im Becherglas steigt um etwa  $\frac{1}{5}$  (2.13).



**Bild 2.13** Luft unterhält die Verbrennung

Der Versuch zeigt, dass Luft einen Stoff enthält, der die Verbrennung ermöglicht. Wenn dieser Stoff verbraucht ist und nicht erneuert wird, erlischt die Kerze, und in den frei werdenden Raum strömt Wasser ein. Dieser Stoff ist Sauerstoff. Das Gasgemisch Luft besteht

- zu 78 % aus Stickstoff,
- zu 21 % aus Sauerstoff,
- zu 1 % aus Edelgasen (Argon, Krypton, Helium) und Kohlendioxid.

**Luft** ist lebensnotwendig. Ohne Luft erstickt alles Leben, kann nichts verbrennen, kann sich kein Schall ausbreiten. Ohne die schützende Lufthülle, die unsere Erdkugel mit dem 500 km breiten Band der Atmosphäre umgibt, wären wir unmittelbar den UV-Strahlen der Sonne ausgesetzt. Auch für die Technik ist Luft eine wichtige Größe.  $1\text{ m}^3$  Luft wiegt bei  $0\text{ °C}$   $1,29\text{ kg}$ . Ihre Gewichtskraft erzeugt den Luftdruck. Da Luft Raum einnimmt, kann man sie verdichten und zu Antrieben nutzen (z.B. Kompressor). Als schlechter Wärmeleiter eignet sich Luft besonders zur Wärmedämmung.

**Luftverschmutzung** bedroht unsere Erde und unser Leben. Industrieabgase (Kohlendioxid und -monoxid sowie Schwefeldioxid), Auto- und Heizabgase verunreinigen die Luft in zunehmendem Maß. Der „Reinigungshaushalt der Natur“, worin die Pflanzen durch Sauerstoffabgabe die Luft sauber halten, ist gestört und überlastet. So wurde es höchste Zeit, dass Gesetze und Bestimmungen zur Reinhaltung der Luft erlassen wurden. Die gesetzlichen Auflagen kosten die Industrie viel Geld, aber sie sind lebensnotwendig für uns alle. Auch jeder einzelne sollte deshalb Luftverunreinigungen vermeiden.

## 2

Nennen Sie Maßnahmen gegen die Luftverschmutzung. Was können Sie selbst tun, um die Luft reinzuhalten?

**Sauerstoff** ist nicht nur das häufigste Element, sondern auch eines der wichtigsten. Das Gas ist farblos, geruch- und geschmacklos, brennt nicht, unterhält aber die Verbrennung und verbindet sich leicht mit fast allen Elementen. Frei kommt Sauerstoff in der Atmosphäre vor, gebunden in vielen Verbindungen.

**Stickstoff** ist ein ebenfalls ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. In der Natur kommt es in vielen Verbindungen vor. Stickstoff brennt nicht.

**Luft**

- ist ein Gasgemisch aus Stickstoff, Sauerstoff und Edelgasen.
- fördert durch den Sauerstoff die Verbrennung.
- ist lebensnotwendig und daher vor Verschmutzung zu bewahren.

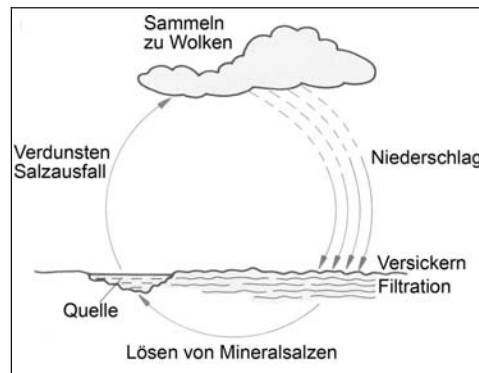
**Wasser** ist eine Verbindung von 2 Raumteilen Wasserstoff und 1 Raumteil Sauerstoff ( $H_2O$ ). 71 % der Erdoberfläche sind Meere, Seen und Flüsse. Wasser ist Hauptbestandteil aller Organismen und lebensnotwendig. Ohne Wasser verdorren die Pflanzen, verdursten Tiere und Menschen. Wasser ist aber auch das wichtigste Lösungsmittel.

Zählen Sie Tätigkeiten und Vorgänge auf, zu denen Sie, Ihre Familie, Ihr Betrieb Wasser brauchen.

**Wasserstoff** ist das leichteste Element. Es ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, brennt, unterhält aber die Verbrennung nicht (also gerade umgekehrt wie Sauerstoff).

**Kreislauf des Wassers.** Wasser bewegt sich in einem natürlichen Kreislauf. Durch die Sonneneinstrahlung verdunstet es zu Wasserdampf, wobei gelöste Salze ausfallen. Der Wasserdampf steigt hoch und sammelt sich zu Wolken. Bei Abkühlung oder Sättigung fällt das Wasser als Regen oder Tau nieder. Ein Teil bleibt als Oberflächenwasser in den Flüssen, Seen und Meeren. Der größere Teil aber sickert durch Sand und Kies als Grundwasser ins Erdreich. Dabei reinigt sich das

Wasser durch Filtration von ungelösten Stoffen. Im Erdreich löst es Mineralien (vor allem Calcium- und Magnesiumsalze = chemische Verwitterung) und sprengt beim Erstarren Gesteinsschichten (physikalische Verwitterung). Als Quellwasser tritt es wieder an die Erdoberfläche, und der Kreislauf beginnt von neuem (2.14). Salzfrees Wasser schmeckt fade und ist „weich“, Quellwasser dagegen ist wegen der gelösten Salze „hart“. Zum Waschen muss es enthärtet werden, weil sich die Salze mit der Seife zu unlöslicher Kalkseife verbinden.



**Bild 2.14** Kreislauf des Wassers

**Unser Wasserbedarf** steigt mit der Ausbreitung der Industrie und dem verbesserten Lebensstandard. Zwar führt man inzwischen das von Industrie und Haushalten benutzte Wasser nach gründlicher Reinigung in Kläranlagen wieder in den natürlichen Kreislauf zurück, doch sinkt wegen des großen Bedarfs der Grundwasserspiegel nach und nach, wozu auch die Bebauung und Versiegelung immer weiterer Flächen beiträgt. Außerdem nimmt die Verschmutzung des Wassers durch Chemikalien zu. Die Kanalisierung von Flüssen und Bächen beseitigt die natürlichen Staustufen. Damit wird der Sauerstoffanteil des Wassers nicht erneuert: -Fische und Wasserläufe „sterben“. Die zunehmende Bebauung der Flussauen und -täler, die Flusslaufbegradigungen sowie die Monokulturen in Forst- und Landwirtschaft führen bei großen Niederschlagsmengen zu Überschwemmungen, die sich vor allem vor Engpässen dramatisch schnell ausbreiten. Die Reinhaltung aller Gewässer (ein-

schließlich des Grundwassers) ist für uns alle ebenso lebenswichtig wie die Luftreinheit. Auch hier hat der Gesetzgeber deshalb Bestimmungen geschaffen.

Deshalb dürfen Sie verbrauchtes Getriebeöl oder Säuren, Leim- und Lackreste nicht einfach ins Erdreich ablassen. Was können und müssen die Industrie und Sie selbst noch tun, um das Wasser reinzuhalten?

**Als Lösungsmittel** ist Wasser unentbehrlich. Viele feste, flüssige und gasförmige Stoffe lösen sich in Wasser. Salze z.B. lösen sich ganz darin auf, andere Stoffe (wie Lehm) verteilen sich fein in Wasser. Wasser kann jedoch nur eine bestimmte Menge Stoffe lösen. Wenn der Sättigungsgrad erreicht ist, bleibt der Überschuss ungelöst. In der Technik wird Wasser auch vielseitig als Verdünnungsmittel eingesetzt.

**Anomalie des Wassers.** Wasser hat nicht wie die anderen Stoffe bei 0 °C, sondern bei 4 °C seine größte Dichte von 1 kg/dm<sup>3</sup>. Kühlt man es weiter ab, nimmt sein Volumen wieder zu (Anomalie des Wassers). Bei 0 °C gefriert es und dehnt sich dabei um 1/10 seines ursprünglichen Volumens aus. Bei 100 °C geht es in den gasförmigen Zustand über.

2

#### Wasser

- ist eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff und hat die chemische Formel H<sub>2</sub>O.
- ist das wichtigste Lösungsmittel für feste, flüssige und gasförmige Stoffe.
- ist lebensnotwendig und daher vor Verschmutzung zu bewahren.

## 2.6 Oxidation und Reduktion

**Oxidation.** Sauerstoff ist sehr reaktionsfreudig. Die Reaktion von Sauerstoff mit anderen Elementen verläuft oft sehr rasch. Dabei wird stets Energie (Wärme) frei. Man nennt diesen Vorgang Oxidation und die neue Verbindung Oxid.

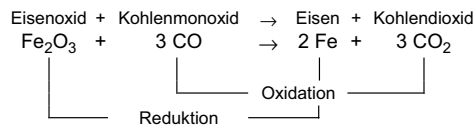
#### Beispiele

Metall	+	Sauerstoff	→	Metalloxid (fest)
2 Al	+	3 O	→	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Nichtmetall	+	Sauerstoff	→	Nichtmetalloxid (gasförmig)
S	+	2 O	→	SO <sub>2</sub>

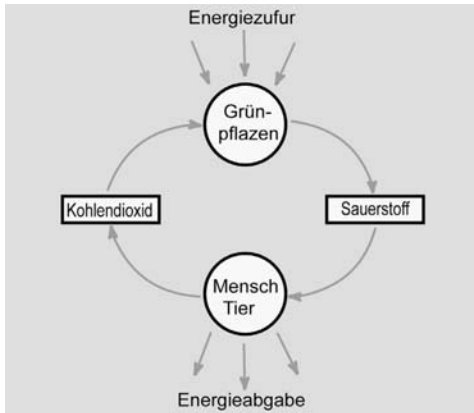
Die Reaktion von Eisen mit Sauerstoff und Wasser zu Eisenoxid = Rost geht langsam vor sich, so dass man die Wärme nicht spürt. Verbrennungen sind schnelle Reaktionen, bei denen in kürzester Zeit viel Energie (Wärme) abgegeben wird. Rost ist eines der bekanntesten und „teuersten“ Oxide, denn er richtet viel Schaden an. Einige Metalle (z.B. Kupfer, Aluminium) bilden stabile Oxide, die den Grundstoff vor weiterer Zerstörung schützen.

**Berufshinweis.** Zum Befestigen von Außenwandverkleidungen müssen wegen der Oxidationsgefahr nichtrostende Schrauben und Nägel verwendet werden.

**Reduktion** ist der umgekehrte Vorgang: Einer Verbindung wird unter Wärmezufuhr der Sauerstoff entzogen, wobei das Reduktionsmittel oxidiert. Ein Beispiel dafür bietet der Hochofenprozess. Dabei entzieht man den Erzen mittels Kohlenstoff und Kohlenmonoxid den Sauerstoff. Das Reduktionsmittel Kohlenstoff oxidiert:



**Berufshinweis.** In der Schreinerei werden häufig Holzoberflächen durch Bleichen aufgehellt. Bei diesem Vorgang wird Sauerstoff entweder angelagert (Oxidation) oder entzogen (Reduktion s. Abschn. 9.1.3).



**Bild 2.15** Kreislauf des Wassers

**Redox-Vorgang.** Während das Kohlenmonoxid im Hochofenprozess zu Kohlendioxid oxidiert, wird das Eisenoxid gleichzeitig zu Eisen reduziert, wie unsere Reaktionsformel zeigt. Diese Wechselwirkung zwischen Oxida-

tion und Reduktion nennt man Redox-Vorgang. Er spielt, wie Bild 2.15 zeigt, bei den Atmungsvorgängen in der Natur eine wichtige Rolle.

Bei der Metallgewinnung aus Erzen werden Sulfide und Carbonate durch Rösten in *Oxide* überführt. Danach *reduziert* man die Oxide durch Kohlenmonoxid zu Metallen.

**Oxidation** – Verbindung von Sauerstoff mit anderen Elementen unter Wärmeabgabe zu Oxid

**Reduktion** – Entzug von Sauerstoff aus einer Verbindung unter Wärmezufuhr, wobei das Reduktionsmittel oxidiert

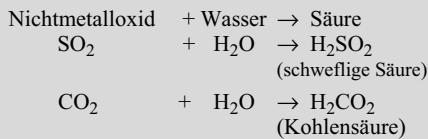
**Redox-Vorgang** – Wechselwirkung zwischen Oxidation und Reduktion bei einer chemischen Reaktion

## 2.7 Säuren, Basen, Salze

Welche Vorstellungen verbinden Sie spontan mit den Begriffen Säure und Base bzw. Lauge?

**Säuren** entstehen, wenn sich Nichtmetalle mit Wasserstoff verbinden oder Nichtmetalloxide in Wasser lösen. So verbrennt bei vielen Fertigungsprozessen der Industrie Schwefel in Sauerstoff zu Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), das sich in der Atmosphäre mit der Luftfeuchtigkeit bzw. dem Regen zu einer Säure verbindet („saurer Regen“). Vom Mineralwasser her kennen wir die Kohlensäure, die sich beim Lösen von Kohlendioxid in Wasser bildet.

### Beispiel



- **Laborversuch** Wir füllen vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure in ein Reagenzglas und tauchen darin einen Holzspan bis zur Hälfte ein.  
*Ergebnis* Der Holzspan verkohlt – die Säure entzieht ihm das Wasser.

### Vorsicht bei Arbeiten mit Säure!

Grundsätzlich Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen! Beim Verdünnen immer die Säure vorsichtig unter Umrühren ins Wasser geben – niemals das Wasser in die Säure gießen!

Säureflaschen müssen mit Giftetikett versehen sein. Bei Unfällen (Säurespritzer) Säure mit viel Wasser fortspülen.



Säuren sind sauer, greifen die Haut an, zerstören unedle Metalle und verkohlen organische Stoffe. Sie färben blaues Lackmuspapier rot. (Lackmus ist ein Indikator = Anzeiger, ein mit Pflanzenfarbstoff gefärbtes Papier.) Während die Kohlensäure schwach ist, gehören Salzsäure ( $\text{HCl}$ ), Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) zu den starken Säuren. Da die

Luft – besonders in Industriegebieten – Säure enthält, werden ungeschützte metallische und mineralische Bauteile angegriffen und zersetzt.

#### Für die Holzbearbeitung wichtige Säuren

Salzsäure HCl, in Wasser verdünnt, als Bleichmittel und zum Entfernen von Kalkflecken

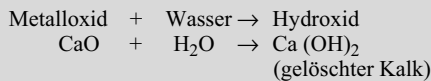
Oxalsäure COOH } zum Ausbleichen von  
Zitronensäure (ungiftig) } Gerbsäureverfärbungen

#### Säuren

- sind Verbindungen von Nichtmetalloxiden mit Wasser oder Nichtmetallen mit Wasserstoff.
- färben blaues Lackmuspapier rot.
- greifen Haut und unedle Metalle an, verkohlen organische Stoffe.

**Basen (Laugen)** entstehen, wenn sich Oxide der Alkalimetalle (Natrium, Kalium, Calcium) mit Wasser verbinden. Charakteristisch für sie ist der Sauerstoff-Wasserstoff-Anteil – die Hydroxidgruppe OH.

#### Beispiel



Gelöschter Kalk ist ein Mörtelbestandteil und erzeugt auf gerbstoffhaltigen Hölzern Flecken. Außerdem greift er wie alle Laugen Aluminium, Zink und Kupfer an, wie folgender Versuch zeigt.

- **Laborversuch** Im Reagenzglas wird etwas Aluminium mit Natronlauge (NaOH) Übergossen.

*Ergebnis* Das Aluminium wird zersetzt.

**Berufshinweis.** Aluminiumgriffe an Holzfenstern müssen beim Einbau in Neubauten durch Kunststoff-Ummantelung vor Kalkspritzern geschützt werden.

#### Vorsicht bei Arbeiten mit Laugen!

Sie ätzen. Deshalb Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen.

Laugenspritzer mit viel Wasser fortspülen.



Basen sind seifig und fühlen sich glitschig an. Sie ätzen die Haut, greifen unedle Metalle an und lösen Fette (deshalb verwendet man sie für Seifen). Rotes Lackmus färben sie blau.

#### Für die Holzbearbeitung wichtige Basen

Salmiakgeist (NH<sub>4</sub>OH) als Bleichmittelzusatz

Natronlauge (NaOH) zum Beseitigen von Farbtonresten (Totalbleichmittel)

**Berufshinweis.** In der Schreinerei wird das Holz entharzt, von den Harzgallen befreit. Durch heiße Kernseifenlösung (evtl. durch Zusatz von Salmiakgeist verstärkt) wird das in der Holzfaser eingelagerte Harz verseift und wasserlöslich gemacht.

#### Basen (Laugen)

- sind Verbindungen von Metalloxiden mit Wasser zu OH-Gruppen.
- färben rotes Lackmus blau.
- greifen die Haut und unedle Metalle an, lösen Fette.

- **Laborversuch.** Wir füllen verdünnte Natronlauge in ein Reagenzglas und färben sie mit Lackmuslösung blau. Aus einer Bürette lassen wir so lange verdünnte Salzsäure zutropfen, bis die Blaufärbung verschwunden ist (2.16). Diese nicht mehr blaue und noch nicht rote, also neutrale Lösung wird eingedampft.

*Ergebnis* Beim Verdampfen scheiden sich weiße Kristalle aus. Die Geschmacksprobe ergibt, dass es sich um Kochsalz (NaCl) handelt. Die Reaktion ist nach dieser Formel verlaufen:  
 $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

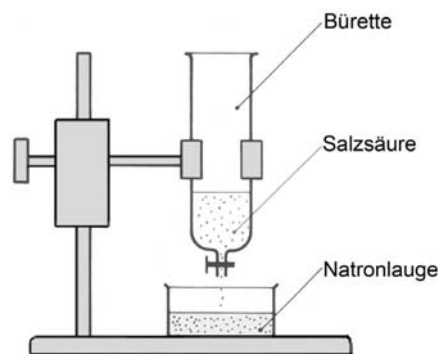


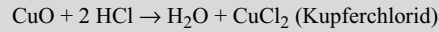
Bild 2.16 Neutralisation

**Salze** können also durch Verbindung (Neutralisation) einer Lauge mit Säure entstehen. Sie bilden sich aber auch durch Säureangriff auf Metalle oder Metalloxide (Säurerest).

Benannt werden die Salze nach dem Metall und dem Säurerest (2.17).

#### Beispiele

Metall    Säurerest



**Tabelle 2.17** Säuren, Salze und Laugen

Säure Name	Formel	Salz Gruppe	Beispiel	Formel
Salzsäure	HCl	Chlorid	Natriumchlorid (Kochsalz)	NaCl
Schwefelsäure	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfat	Calciumsulfat (Gips)	CaSO <sub>4</sub>
Salpetersäure	HNO <sub>3</sub>	Nitrat	Natriumnitrat (Natronsalpeter)	NaNO <sub>3</sub>
Kohlensäure	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonat	Natriumcarbonat (Soda)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Phosphorsäure	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Phosphat	Calciumphosphat	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Essigsäure	CH <sub>3</sub> COOH	Acetat	Natriumacetat	CH <sub>3</sub> COONa
Kieselsäure	H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	Silikat	Aluminiumsilikat (im Ton)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · SiO <sub>2</sub>
<b>Laugen</b>				
Salmiakgeist	NH <sub>4</sub> OH	–		
Natronlauge	NaOH	–		

**Berufshinweise.** Die Wirkung der meisten Farbstoffbeizen beruht darauf, dass in der Holzfaser Salze entstehen. Metallsalzverbindungen neigen umso weniger zu Reaktionen mit Holzinhaltstoffen, je neutraler sie sind. Kalk-, Gips- und Zementflecken auf Naturholz-Oberflächen lassen sich mit verdünnter Salzsäure (eisenfrei) abbürsten (neutralisieren). Nach einigen Minuten wäscht man mit reinem Wasser nach. Dazu dürfen Sie keine metallischen Arbeitsgeräte verwenden und müssen Metallbeschläge vorher entfernen.

**Salze** sind Verbindungen von Metall mit einem Säurerest (Reaktion einer Säure mit Metall, Metalloxid oder Metallhydroxid = Neutralisation).

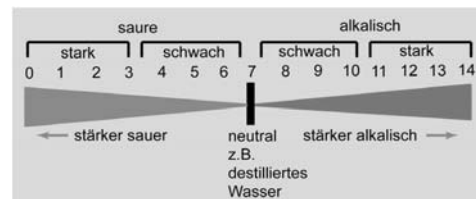
**Neutralisation** ist der Zustand, in dem sich die Wirkungen von Säuren und Basen gegenseitig aufheben: Blaues Lackmuspapier färbt sich nicht rot, rotes nicht blau. Die entsprechenden Salze reagieren weder alkalisch noch sauer.

Bei Neutralisation heben sich die Wirkungen von Säuren und Basen auf.

Im Zusammenhang mit den Diskussionen um das Waldsterben wird oft vom pH-Wert gesprochen. Was bedeutet dieser Wert?

**Der pH-Wert** erfasst die Konzentration von freien Wasserstoffionen (H<sup>+</sup>) in Flüssigkeiten. Somit gibt er an, ob eine Flüssigkeit eine Lauge, eine Säure oder neutral ist (2.18). Das Absinken um 1 pH-Wert (z.B. von pH6 auf pH5) bedeutet, dass die Flüssigkeit zehnmals saurer geworden ist. In den letzten Jahren ist ein stetiger Abfall des pH-Wertes im Regenwasser, in Flüssen und Seen festzustellen. Messungen ergaben nicht selten pH-Werte um 4 bzw. darunter. Ein „saurer Regen“ mit pH4 ist tausendmal saurer als neutrales Wasser mit pH-Wert 7! Bei einem pH-Wert 4 ist das Leben von Fischen in einem See bereits stark bedroht, bei geringer weiterer Absenkung unmöglich.

Auch für die Beurteilung von Holzarten und Werkstoffen zur Oberflächenbehandlung ist der pH-Wert von Bedeutung.



**Bild 2.18** pH-Wertskala

## 3 Holz und Holzwerkstoffe

### 3.1 Der Wald

#### Arbeitsauftrag Nr. 4 Lernfeld LF 1

- Als Experten sollten Sie die nachfolgenden Fragen beantworten können. Lesen Sie den nachfolgenden Text zielgerichtet einschließlich Kapitel 3.1.2 „Bedeutung des Waldes“. Verwenden Sie gegebenenfalls einen Textmarker oder einen Bleistift zum markieren wichtiger Textstellen.
- **Ergänzen Sie Ihre Lernkartei !**
  1. Ein Wald wird abgeholzt. Welche Gefahren bedeutet dies für die Umwelt ?
  2. Welche Geschehnisse gefährden den Waldbestand der Erde ?
  3. Stellen Sie die Bewaldungsdichte in der Bundesrepublik Deutschland als Säulendiagramm dar.
  4. Nach welchen Waldschadstufen und entsprechenden Kennzeichnungen wird in der EU Unterschieden ?
  5. Welche Bedeutung hat der Wald für den Menschen ?

Der Wald ist eine Lebensgemeinschaft und umfasst neben den Bäumen die übrige reiche Pflanzenwelt, Insekten und Pilze, unzählige Kleinstlebewesen, den Boden, die Vögel und das Wild. Der Wald produziert nicht nur den umweltfreundlichen Rohstoff Holz, sondern erfüllt seit Jahrtausenden auch wichtige Umweltfunktionen – er regelt den Naturhaushalt. Wo der Mensch dies missachtet, nimmt er sich selbst die notwendigen Lebensbedingungen. Gerade in unserem Zeitalter der Technik, der sprunghaft zunehmenden Weltbevölkerung und der dadurch ständig steigenden Rohstoffnachfrage sind Pflege und Erhaltung der Wälder besonders wichtig.

#### 3.1.1 Waldverteilung

Waldflächen der Erde. Nach einem Bericht der FAO (= Food and Agriculture Organisation = Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) sind noch etwa der Landfläche unserer Erde mit Wald bedeckt, schätzungsweise 3,4 Mrd. Hektar (ha).

Der jährliche Holzeinschlag in den Wäldern entspricht etwa der Hälfte des Zuwachses im gleichen Zeitraum. Danach könnte die Welt „ernte“ bedenkenlos angehoben werden. Doch diese Angaben sind mit Vorbehalt zu betrachten. Warum?

- Die Untersuchungen liegen zum Teil viele Jahre zurück.
- Der Holzbedarf der Industrieländer steigt von Jahr zu Jahr erheblich.
- Durch die enorme Bevölkerungszunahme in den unterentwickelten Gebieten wird der Bedarf an Naturholz, vor allem aber an Brennholz immer größer. Nahezu die Hälfte des eingeschlagenen Holzes wird als Brennholz verwendet!
- Nachrichten aus diesen Ländern melden eine Zunahme der Wüsten- und Steppengebiete infolge des unkontrollierten Einschlags, des Wälderrodungsbaues und der nur zögernden Wiederaufforstung.
- Nur langsam setzt sich die Erkenntnis durch, dass der Kahlschlag des Regenwalds im Amazonasgebiet und anderen Orten den Wasserhaushalt unserer Erde und die Sauerstoffproduktion sowie den Klimawandel stark beeinflusst.
- Jährlich werden große Waldgebiete durch Feuer, Sturm, Schädlingsbefall, neue Wohn- und Industrieansiedlungen und den Straßenbau vernichtet. Jahrhundertstürme warfen z.B. 1990 innerhalb kurzer Zeit allein in der Bundesrepublik 75 Mio. qm bestes Holz zu Boden. Brandrodungen führten 1997 zu verheerenden Waldbränden in Südostasien.
- Durch Brandstiftung verursachte Waldbrände vernichteten 2003/2004 riesige Naturschutzgebiete in Kalifornien u. Kanada.

**Waldsterben.** Nicht zuletzt sei auf das Waldsterben hingewiesen, dessen verheerendes Ausmaß immer deutlicher wird. Auch die neuen



Gesetze reichen nach Ansicht der Umweltschutzverbände nicht aus, um die drohende Katastrophe abzuwenden.

Der Waldschadensbericht gibt jedes Jahr einen Überblick über den Zustand des Waldes in der Bundesrepublik Deutschland.

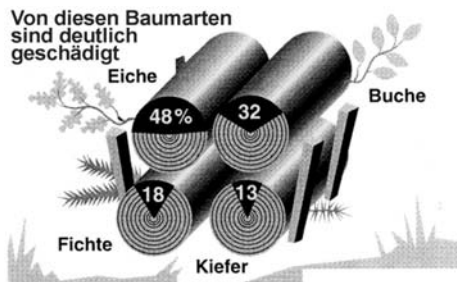
Die Waldschäden werden in der Europäischen Gemeinschaft in Schadstufen eingestuft.

Die Einordnung erfolgt aufgrund von Veränderungen gegenüber dem Normalen Erscheinungsbild der Krone, der Blätter, der Nadeln, der Äste, der Zweige, des Stammes und der Rinde.

Schadstufe	Schäden	
0	ohne erkennbare Schäden	Baum gesund gutes Wachstum
1	schwach geschädigt	> 10 % < 25 %, Krone beginnt zu verlichten
2	mittelstark geschädigt	> 25 % < 60 % starke Kronenverlichtung
3	stark geschädigt	> 60 % Baum absterbend
4	abgestorben	keine lebenden Blätter bzw. Nadeln, Baum abgestorben

**Bild 3.1** Schadstufen

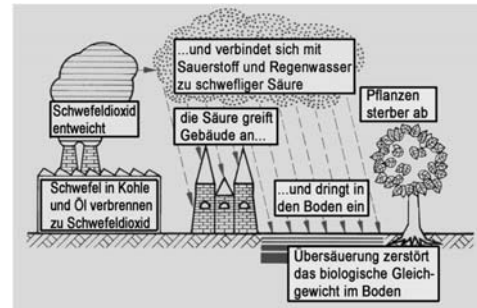
Ca 20 % des Waldes sind deutlich geschädigt und 37 % sind schwach geschädigt. Während zu Beginn der 80er Jahre vorwiegend die Nadelhölzer betroffen waren, haben die Schäden an den Laubgehölzen in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Besonders schlecht geht es den Eichen, nahezu jede zweite Eiche zeigt deutliche Schäden.



**Bild 3.2** Schäden nach Baumarten

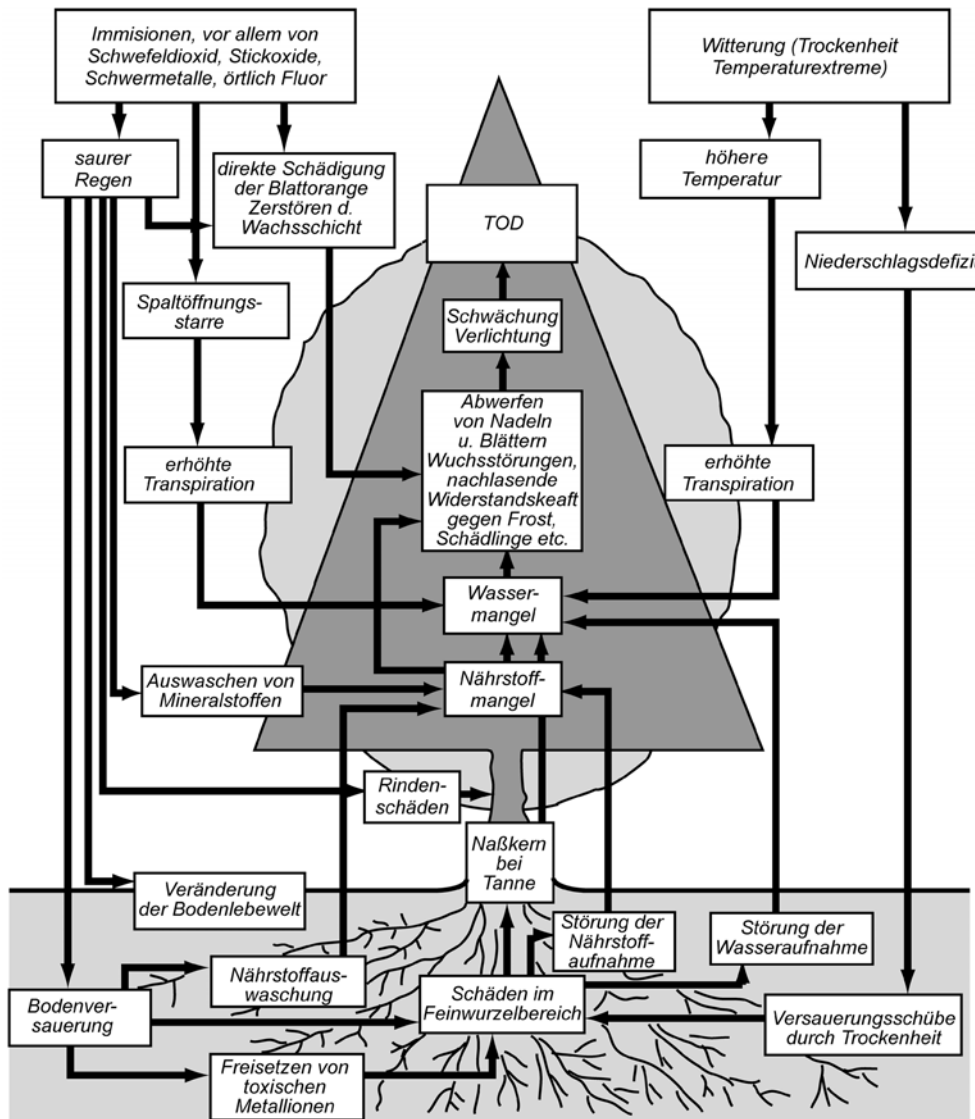
Hauptschuld tragen nach den bisherigen Erkenntnissen die Luftverunreinigungen durch Kohlekraftwerke, Industrieabgase Privatheizungen und Autoabgase bedingt durch wachsende Mobilität und Zunahme des Verkehrs – Kommens. Schwefeldioxyde und Stickoxide zerstören als „saurer Regen“ die schützende Wachsschicht der Blätter, beeinträchtigen die

Fotosynthese (s. Abschn., 3.2.1) und vergiften den Boden (3.4). Erhöht wird die Gefahr einer Umweltkatastrophe durch das Sterben von Flüssen und Seen sowie die steigende Kohlendioxid-Produktion bei gleichzeitiger Vernichtung der tropischen Regenwälder als CO<sub>2</sub>-Massenverbraucher.



**Bild 3.3** Entstehung und Wirkung des „sauren Regens“

Durch die Umweltverschmutzung wird eine Kettenreaktion ausgelöst, die zum Baumsterben führen kann. Die einzelnen Einflüsse können unabhängig voneinander verlaufen, sich jedoch gegenseitig in der negativen Wirkung verstärken (3.4.1)



**Bild 3.4** Kettenreaktion des Baumsterbens

Die Verteilung der wichtigsten Nutzholzarten nach Regionen unserer Erde entnehmen sie der Tabelle 3.5 Einige der genannten Holzarten stehen heute unter Artenschutz und dürfen nur nach nachweislich Kontrolliertem Plantagenbau verarbeitet.

**Nutzholzarten.** Von den mehr als 30000 Baumarten der Erde werden nur 700 bis 800 wirtschaftlich genutzt. Amerika und Kanada sind die größten Holzproduzenten der Welt, Lateinamerika (Mittel- und Südamerika) hat die größten Holzüberschussgebiete. Bedeu-

tendster Holzlieferant für Europa und die Bundesrepublik ist Afrika. In Asien gehören Malaysia, Indonesien, Burma (Myanmar) und Thailand zu den wichtigsten Exportländern für Laubholz.

Die größten Tropenholzimporteure sind Japan, Südkorea, China und USA mit über 20 Mio m<sup>3</sup> pro Jahr. Im Vergleich werden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich ca. 0,5 Mio m<sup>3</sup> Tropenholz verbraucht!

**Waldflächen in Europa.** Europa verfügt dank seiner günstigen geografischen Lage über ausgedehnte Bewaldungen. Rund 140 Mio. ha bedecken ca. 30 % der Landfläche. Den Bestand bilden etwa 30 Baumarten. Im Norden sind es vorwiegend Nadelhölzer, daneben

Laubhölzer wie Birke, Weide, Erle und Pappel. Mittel- und Südeuropa sind vor allem von Laub- und Mischwäldern bedeckt (Buche). Der Mittelmeerraum hat heute – bedingt durch Wärme und Trockenheit sowie Fehleingriffe des Menschen – nur noch einen spärlichen geringen Waldbestand.

Holz aus europäischen und damit auch heimischen Wäldern gewinnt vor dem Hintergrund

- zurückgehender Waldflächen in den Tropen
  - des steigenden Holzbedarfs unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit
  - eines veränderten Bewusstseins im Umgang mit überseeischen Holzarten
- zusehends an Bedeutung.

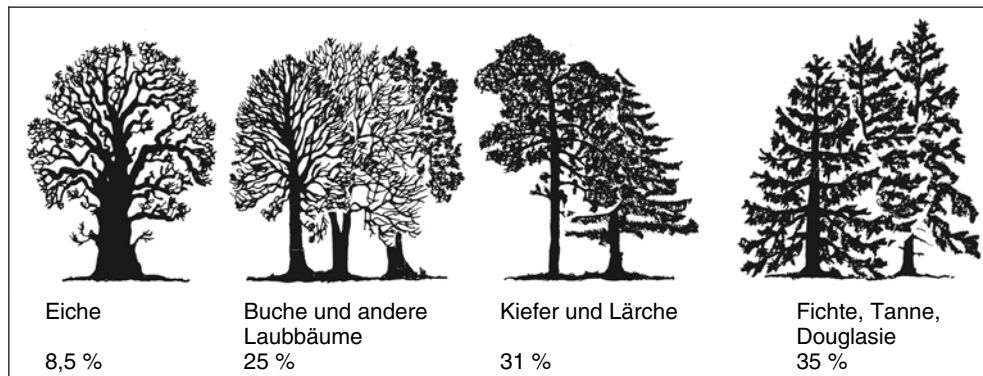
**Tabelle 3.5** Verteilung der wichtigsten Nutzholzarten nach Regionen

Europa	Nordamerika	Lateinamerika	Ostasien	Afrika
Ahorn AH	Ahorn AH	Balsa BAL	Japan. Ruster RU	Abachi ABA
Birke BI	Carolina Pine PIR	Greenheart GRE	Lauan, Red. MER	Afromosia AFR
Birne BB	Douglas Fir DGA	Rio Palisander	Makassar Ebenh.	Afzelia AFZ
Buche BU	Eiche EIW, EIR	PRO	EBM	Ebenholz EBE
Douglasie DG	Esche ESA	Mahagoni MAE	Meranti MER	Framire FRA
Eiche EI	Hemlock HEM	Manio MAO	Merbau MEB	Iroko IRO
Erle ER	Hickory HIC	Pitch Pine PIP	Ostind. Palis. POS	Kosipo MAK
Esche ES	Kirschbaum KB	Pockholz POH	Padouk PBA, PML	Limba LMB
Fichte FI	Nussbaum NB	Rosenholz RSB	Ramin RAM	Makore MAC
Kiefer KI	Oregon Pine OGA		Sen SEN	Mansonie MAN
Kirschbaum KB	Pitch Pine PIP		Tamo ESJ	Niangon NIA
Lärche LA	Redwood RWK		TeakTEK	Okoume OKU
Linde LI	Ruster RU		Yang YAN	Padouk PAF
Nussbaum NB	Vogelaugenahorn		Zeder CED	Sapeli MAS
Pappel PA	AHZ			Sipo MAU
Tanne TA	Western Red			Wenge WEN
Ruster RU	Cedar RCW			Zebrano ZIN

Angaben zum Wald in der Bundesrepublik Deutschland ergeben sich aus den nach folgenden Tabellen 3.6 – 3.8

**Tabelle 3.6** Waldverteilung in der Bundesrepublik Deutschland Angaben zum Wald in der Bundesrepublik Deutschland ergeben sich aus den nach folgenden Tabellen 3.6 – 3.8

	alte Bundesländer	neue Bundesländer	Bundesrepublik Deutschland
Landfläche	24,87 Mio. ha	10,83 Mio. ha	35,7 Mio. ha
Waldfläche	7,76 Mio. ha	2,98 Mio. ha	10,8 Mio. ha
Waldbesitz			
– Privatwald	45,5 %	49,1 %	46,5 %
– Staats- und Körperschaftswald	54,5 %	50,9 %	53,5 %
Holzeinschlag	30,1 Mio. m <sup>3</sup>	4,5 Mio. m <sup>3</sup>	34,6 Mio. m <sup>3</sup>

**Tabelle 3.7** Anteil der Baumarten**Tabelle 3.8** Bewaldungsdichte in den Bundesländern

Hessen	41 %
Rheinland-Pfalz	41 %
Baden-Württemberg	38 %
Brandenburg	37 %
Bayern	36 %
Saarland	35 %
Thüringen	33 %
Sachsen	27 %
Nordrhein-Westfalen	26 %
Niedersachsen	23 %
Sachsen-Anhalt	23 %
Mecklenburg-Vorpommern	21 %
Berlin	16 %
Schleswig-Holstein	10 %
Hamburg	5 %
Bremen	1 %
insgesamt:	30,4 % = 10,8 Mio. ha

Technik braucht und verbraucht Sauerstoff. Erzeugt wird dieses lebensnotwendige Gas von den Pflanzen, vor allem den Bäumen.

Jährlich werden Millionen Tonnen gesundheitsschädlicher Verunreinigungen, Staubpartikel und Abgase in die Luft geblasen und fallen von dort wieder auf die Erde zurück. An der *Reinigung* der verschmutzten *Luft* ist wiederum der Wald maßgeblich beteiligt. Seine Äste und Blätter wirken als Staubfänger. Der Regen spült den Schmutz ab, der lockere Waldboden filtert die Verunreinigungen heraus. Doch diese Aufgaben können die Bäume nur so lange bewältigen, wie sie nicht selbst durch Schadstoffe aus der Luft krank werden und eingehen.

Auch das *Klima* wird günstig vom Wald beeinflusst. Über den Wäldern beruhigen sich Luftturbulenzen, Windstärken sind im Wald geringer als im freien Land. Dies wirkt sich auf den Niederschlag aus, auf Tau, Regen und Schnee, und verhindert eine Winderosion (Abtragen des wertvollen Humusbodens durch den Wind). Der Waldboden wirkt infolge seines lockeren Aufbaus wie ein Schwamm. Er saugt das Regenwasser auf und gibt es gereinigt (gefiltert) an das Grundwasser weiter. Das Blätterdach bremst zu heftige Regenfälle ab, das Wurzelgewirr verhindert ein Ausspülen des Bodens. Im Gebirge bilden Waldbestände Schutz gegen Lawinengefahr. Weil Bäume Lärm dämmen, pflanzt man immer mehr Waldstreifen als Lärmschutz zwischen Industrie- und Wohngebiete oder Hauptverkehrsstraßen und Ansiedlungen.

### 3.1.2 Bedeutung des Waldes

**Wirtschaftliche Bedeutung.** Der Wald ist eine wichtige Rohstoffquelle. Er liefert den Rohstoff Holz, der ständig nachwächst. Der Wald ist ein großer „Arbeitgeber“, ca. 450 000 Arbeitnehmer sind in der Forst- und Holzwirtschaft beschäftigt.

**Schutzfunktion.** Ohne *Sauerstoff* gäbe es kein Leben auf der Erde, weder menschliches noch tierisches noch pflanzliches. Doch auch die

**Erholung.** Etwa 80 % der Bundesbürger leben in Ballungszentren. Lärm, schlechte Luft, ungünstige Wohn- und Arbeitsbedingungen belasten sie. Erholung vom Alltag finden diese Menschen im Wald.

Aus den vielfachen Bedeutungen des Waldes für den Menschen ergibt sich die Forderung an uns alle, den Wald, seine Pflanzen und Tiere zu schützen.

#### Der Wald

- liefert Holz und gibt vielen Menschen Arbeit,
- erzeugt den lebensnotwendigen Sauerstoff, stabilisiert den Wasserhaushalt, reinigt die Luft und verhindert Erosion,
- dämmt Lärm und schützt vor Lawinen,
- bietet den Stadtmenschen Erholung.

## 3.2 Aufbau und Wachstum des Holzes

### Arbeitsauftrag Nr. 5 Lernfeld LF 1

- Zur Vorbereitung auf die Gesellenprüfung bittet Sie ein Auszubildender aus dem 3. Ausbildungsjahr bei dem Thema „Aufbau und Wachstum des Holzes“ zu unterstützen.

Mit Hilfe der Erstellung von Lernkarten (DIN A7) möchten Sie ihm helfen.

Im Prüfungsvorbereitungskurs hat er folgende Fragen mit geschrieben:

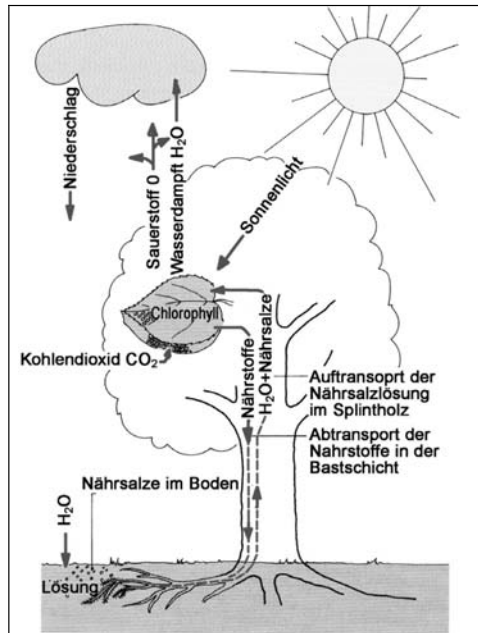
1. Nennen Sie die drei Hauptbestandteile des Baumes und ihre Aufgaben.
2. Was versteht man unter der Fotosynthese eines Baumes?
3. Welches wichtige „Abfallprodukt“ entsteht bei der Fotosynthese?
4. Woraus bilden die Bäume ihre Nährstoffe?
5. Aus welchen Elementen besteht Holz? Geben Sie auch die Anteile in % an.
6. Welche Bedeutung haben Zellulose und Lignin für den Baum?
7. Erläutern Sie anhand einer Skizze den Aufbau einer Zelle.
8. Wozu dienen die drei Zellarten des Baumes?
9. Welche Besonderheiten zeigen die Nadelbaumzellen?
10. Wie heißen die einzelnen Stammteile (von innen nach außen)?
11. Wie verlaufen die Mark(Holz-)strahlen?
12. Erläutern Sie die Vorgänge in der Kambiumschicht.
13. Welche Schicht leitet a) die Salze aus dem Boden nach oben, b) die Nährstoffe nach unten?
14. Nennen Sie die Eigenschaften von Kernhölzern und geben Sie Beispiele.
15. Wodurch unterscheidet sich ein Splintholzbaum vom Kernholzbaum und Reifholzbaum?
16. Zählen Sie Reifholz- und Kernreifholzbäume auf.
17. Wie heißen die drei Schnittrichtungen am Stamm?
18. Erläutern Sie die Begriffe Früh- und Spätholz.
19. Woran erkennen Sie das Alter eines Baumes?
20. Was ist grobjähriges Holz? Wann gibt es feinjähriges Holz?
21. Warum haben subtropische Bäume keine typischen Jahresringe?
22. An welchen Stellen wächst der Baum in der Länge?
23. Was lässt sich außer dem Alter noch an den Jahresringen ablesen?

Erarbeiten Sie die entsprechenden fachlich richtigen Antworten mit Hilfe des folgenden Textes bis einschließlich Kapitel 3.2.2 „Wachstum des Holzes“.

### 3.2.1 Aufbau

Holz ist einer unserer wichtigsten Rohstoffe und daher von großer volkswirtschaftlicher

Bedeutung. Um ihn richtig verwenden und verarbeiten zu können, müssen wir uns mit seinem Aufbau und seinen Eigenschaften vertraut machen.



**Bild 3.9** Assimilation (Fotosynthese) des Baumes

**Stoffwechsel des Baumes.** Bäume sind Lebewesen, die zum Wachsen Nahrung, Licht und Luft brauchen. Ihre Hauptbestandteile – Wurzeln, Stamm, Krone – haben dabei bestimmte Aufgaben zu erfüllen. Die Wurzeln verankern den Baum im Boden, aus dem sie zugleich Stickstoff, Magnesium, Eisen, Phosphor, Kalium, Schwefel und andere in Wasser gelöste Mineralsalze aufnehmen. Die Zellwand der Wurzeln ist durchlässig, sodass die Bodenfeuchtigkeit mit den gelösten Salzen in die Zellen eindringen kann (Osmose, s. Abschn. 2.3). Durch den Stamm wird im Splintholzbe- reich die Flüssigkeit mit ihren Salzen in die Krone zu den Blättern oder Nadeln geleitet (Kapillarität, s. Abschn. 2.3, Osmose). Hier werden die Nährstoffe produziert. Aus der Luft nehmen die Blätter über Spaltöffnungen auf ihrer Unterseite Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) auf und zerlegen es mit Hilfe ihres Chlorophylls (Blattgrün) und der Sonnenenergie in Sauerstoff und Kohlenstoff. Den Sauerstoff geben sie wieder an die Luft ab („grüne Lunge“). Aus dem Kohlenstoff bilden sie mit den Mineralsalzen und dem Wasser Traubenzucker,

Stärke, Zellulose und Eiweißstoffe – die Nährstoffe des Baumes.

Diesen Vorgang nennt man *Assimilation* oder *Fotosynthese* (3.9). Das Wasser verdunstet zum größten Teil, während die Bastgefäße des Stammes die Nährstoffe in der Wachstums- schicht bzw. den Speicherzellen des Baumes verteilen.

3

### Stoffwechsel des Baums

- Die Wurzeln nehmen gelöste Mineral- salze auf.
- Der Stamm leitet sie im Splintholzbe- reich zu den Blättern.
- Die Blätter der Krone zerlegen durch Chlorophyll unter Sonneneinwirkung das Kohlendioxid aus der Luft und bil- den die Nährstoffe (Assimilation oder Fotosynthese).
- Von der Baststicht aus nach unten ver- teilen sie die Nährstoffe auf die Zellen der Kambiumschicht. Überschüsse wer- den in den Speicherzellen eingelagert.
- Wasseraufnahme der Wurzeln und Was- serleitung im Splintholz entgegen der Schwerkraft beruhen auf der Kapillar- wirkung, der Osmose und dem bei der Verdunstung in den Blättern entstehen- den Sog.

**Chemische Zusammensetzung.** Die Wissen- schaft hat auch die chemische Verwendung von Holz ermöglicht. So werden Textilfasern, Farben, Lacke, Zucker, Kautschuk, Terpentin, Kolophonium, Kosmetika und andere Substan- zen aus Holz gewonnen. Außerdem spielt Holz in der Zellstoffindustrie eine große Rolle. Die Grundstoffe (Elemente) des Holzes zeigt Ta- belle 3.10.

**Tabelle 3.10** Chemische Elemente des Holzes

Kohlenstoff C 49 bis 50 %	Sauerstoff O 43 bis 44 %	Wasserstoff H etwa 6 %
Stickstoff N 0,1 bis 0,3 %	Mineral Stoffe S, Na, Ca, Mg, Ka 0,1 bis 1 %	

**Die Holzinhaltsstoffe** (0,3 bis 10 %) beein- flussen die Güte und Verwendungseigenschaf- ten des Holzes. Sie bestimmen u.a. Geruch, Farbe, Dauerhaftigkeit, Widerstandsfähigkeit

gegen tierische Holzzerstörer oder gegen die Bearbeitung mit Werkzeugen. Außerdem bilden sie eine wesentliche Grundlage für die chemische Holzverwertung.

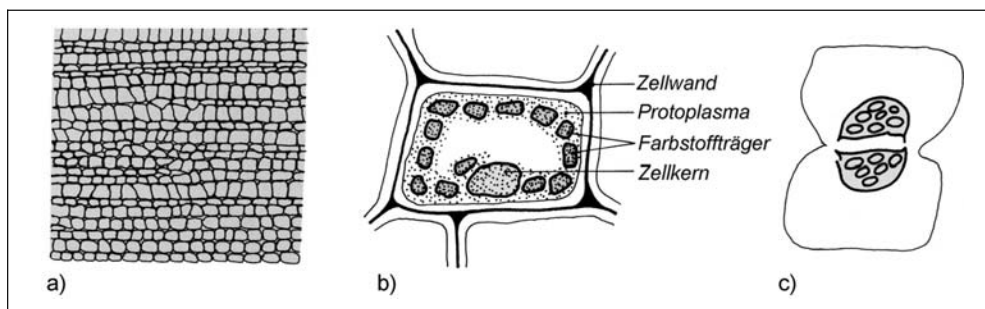
**Zelle.** Alle lebenden Organismen sind aus Zellen aufgebaut und wachsen durch Zellteilung. Unter dem Mikroskop sehen wir, wie sich die Baumzellen des Nadelholzes bienenwabenähnlich zu einem Gitter oder Netz ordnen (3.11a). Die Zellwand aus Zellulose umschließt u.a. das Protoplasma mit dem Zellkern als eigentlichem Lebensträger und den Farbstoffträgern (darunter Chlorophyll (3.11b)). Bei der Zellteilung spaltet sich der Kern, die Zelle schnürt sich ein und bildet um jeden Kern eine eigene Zelle (3.11c). In älteren Zellen teilt sich

der Kern nicht mehr; diese Zellen strecken sich und füllen die großen Hohlräume mit Zellsaft. Untereinander sind die Zellen durch kleine runde oder ovale Öffnungen in den Wänden (Tüpfelchen) verbunden. Die Tüpfelchen regeln zugleich den Stoffaustausch zwischen den Zellen (3.12).

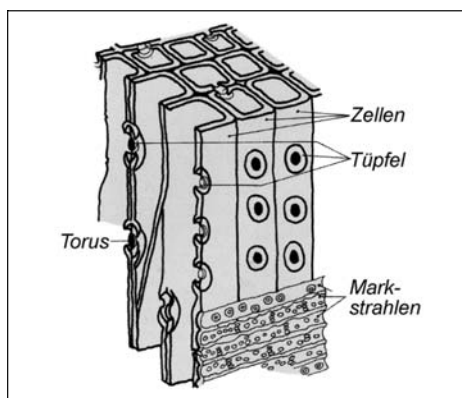
### Kohlenstoff-Verbindungen des Holzes

Die Zellulose (40 bis 60 %) ist von stabiler Beschaffenheit und bildet die Wände der Zellen, die den Holzkörper aufbauen.

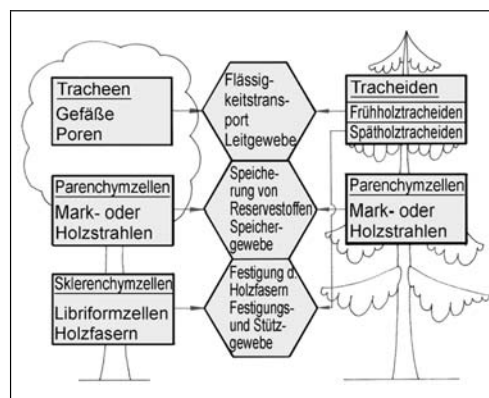
Das Lignin (20 bis 40 %) lagert sich in den verholzten Zellwänden ein, dient als Kittsubstanz zwischen den Holzfasern und trägt so zur Festigkeit des Holzes bei.



**Bild 3.11** Baumzellen a) Mikrobild (Fichtenquerschnitt), b) Zellaufbau, c) Zellteilung



**Bild 3.12** Nadelholztüpfelchen



**Bild 3.13** Zellarten bei Laub- und Nadelholz

Ein Baum ist aus vielen Zellen verschiedener Art und Größe aufgebaut. Grundsätzlich unterscheiden wir (Nährstoff-) Leit- und Speicherzellen sowie (Holz-) Stützzellen, doch ist der Aufbau von Laub- und Nadelhölzern unterschiedlich. Nadelholz ist entwicklungs-geschichtlich älter als Laubholz, sein Aufbau einfacher, wie Bild 3.13 zeigt.

**Tracheen** sind die zwischen 10 cm und mehreren m langen Leitzellen im Splint der Laubhölzer. Auf den Querschnittsflächen sind sie als *Poren* z.T. mit bloßem Auge sichtbar (Eiche). Die Poren können zerstreut oder ringförmig angeordnet sein. Zerstreutporige Hölzer bilden in den gesamten Wachstumsperioden Gefäße, ringförmige nur im Frühjahr.

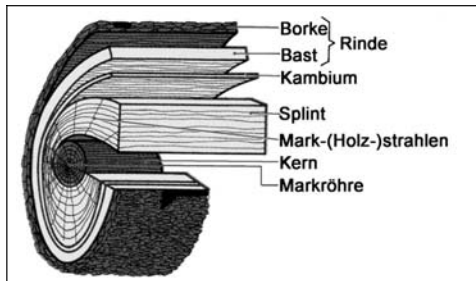
**Parenchymzellen** sind die bei den Laubhölzern stark ausgeprägten Markstrahlen zum Speichern der Nährstoffe.

**Sklerenchymfasern** sind kleine dickwandige (englumige) Stützzellen zur Festigung des Laubholzes.

**Tracheiden** bilden rund 90 % der Nadelholz-zellen. Sie sind 3 mm lang und dienen beim Frühholz als Transportzellen für die flüssigen Nährsalze, beim Spätholz dagegen als Stützzellen zur Festigung des Holzes.

**Parenchymzellen** der Nadelbäume sind die meist nur eine Zelle breite Speicherschicht und daher kaum sichtbar.

Die Stammteile zeigt das Querschnittsbild 3.14.



**Bild 3.14** Systemskizze der Stammteile

**Das Mark oder die Markröhre** liegt bei normalem Wachstum in der Stammmitte. Es handelt sich um die abgestorbenen Stengelzellen der ersten Wachstumsperiode.

**Die Mark(Holz-)strahlen** leiten die Nährstoffe in Richtung Stammmitte und dienen der Nährstoffspeicherung. Sie werden im Kambium gebildet und verlaufen radial bis zur Markröhre (primärer Markstrahl) oder enden früher (sekundärer Markstrahl).

**Im Kernholz** sind die Zellen abgestorben. Die Hohlräume füllen sich mit Ablagerungsstoffen wie Harz und Gerbsäure. Das Lignin hat die Zellen gefestigt und verholzt. Damit wird das Holz fester, dauerhafter und somit weniger anfällig gegen tierische Schädlinge. Die Verfärbung entsteht entweder durch die Ablagerungsstoffe oder erst in Verbindung mit Licht und Sauerstoff. Bäume verkernen in der Regel nach 20 bis 40 Jahren.

**Das Splintholz** ist der jüngere, saftführende Holzteil. In ihm werden die in Wasser gelösten Nährsalze nach oben transportiert. Bei Nadelholz dient hierfür der gesamte Splintholzbereich, bei zerstreutporigen Laubhölzern nur ein begrenzter Teil von Gefäßen im äußeren Splintholzbereich, bei ringporigen Laubhölzern dagegen das Frühholz der ersten 5 Jahresringe.

**Die Kambiumschicht** ist für das Dickenwachstum des Baumes verantwortlich. Durch Zellteilung produziert sie nach innen Holz-zellen, nach außen Bastzellen.

**Die Rinde** wird aus Bast-schicht (Innenrinde) und Borke (Außenrinde) gebildet.

**Die Bast-schicht** (Innenrinde) umschließt das schleimartige Kambium nach außen. In ihr befinden sich die Siebröhren, die die flüssigen Nährstoffe senkrecht nach unten transportieren und verteilen.

**Borke** (Außenrinde) aus Korkgewebe schützt als äußerste Schicht den Stamm vor schädlichen Einflüssen und dem Vertrocknen. Die mit zunehmendem Dickenwachstum auftretenden Spannungen lassen die Borke aufplatzen. Form, Aussehen und Dicke der Rinde sind wesentliche Merkmale zur Baumartbestimmung.

**Reifholz.** Beim Bestimmen der Holzarten werden wir noch sehen, welche Rolle die Färbung spielt. Nicht alle Hölzer bilden z.B. einen dunklen Kern wie die Kernholz-bäume. Reifholz-bäume zeigen nur wenig Farbunterschied zwischen Kern und Splint, Splintholz-bäume haben überhaupt keinen Kern (3.15).





**Trennschnitte am Stamm** machen die Teile sichtbar (3.16):

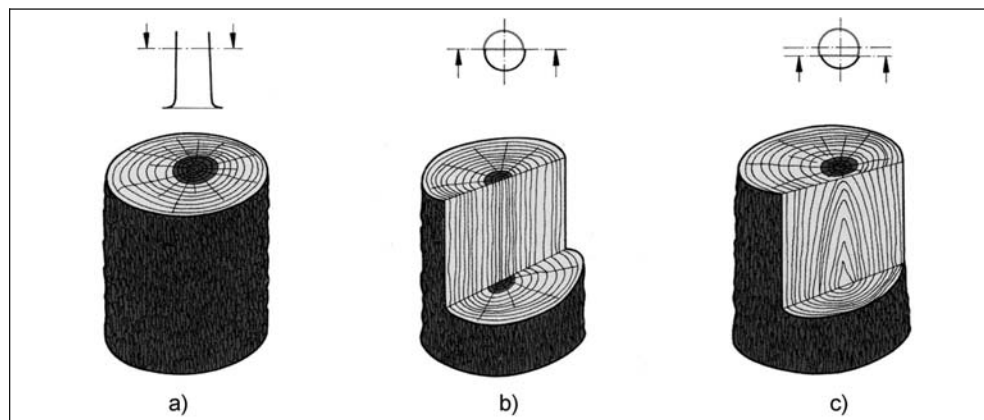
**Der Quer- oder Hirnschnitt** zeigt die Ringe um das Mark herum und die Markstrahlen als radiale, glänzende Striche von innen nach außen.

**Der Radial-, Spiegel- oder Spaltschnitt** zeigt eine schlichte Streifenstruktur parallel zur Stammachse und die Markstrahlen als Bandstücke quer zur Faser verlaufend, oft glänzend.



**Tabelle 3.15** Einteilung nach Kern-, Splint- und Reifholz

	<p><b>Kernholzbaum</b></p> <p>dunkler, fester Kern; heller, weicher Splint; widerstandsfähig gegen Schädlinge, arbeitet weniger als Splintholzbaum z.B. Eiche, Kirsch, Nuss- und Apfelbaum, Pappel, Kiefer, Lärche</p>		<p><b>Splintholzbaum</b></p> <p>ohne Farbkerne, Splint gleichmäßig hell, enge Jahresringe; wenig widerstandsfest z.B. Ahorn, Birke, Erle, Hainbuche</p>
	<p><b>Reifholzbaum</b></p> <p>ältere Holzteile „reifen“ aus, sind saftlos und dunkeln kaum, Splint wie beim Kernholzbaum z. B. Fichte, Tanne, Linde, Rotbuche, Birnbaum, Feldahorn</p>		<p><b>Kernreifholzbaum</b></p> <p>Kern ohne bestimmte Färbung, Reifholz wasserarm und hell wie Splintholz z.B. Ulme (Rüster)</p>

**Bild 3.16** Trennschnitte am Stamm

a) Querschnitt,

b) Radialschnitt,

c) Tangentialschnitt

Beim **Tangential-, Flader- oder Sehnen-schnitt** tritt die gefladerte (blumige) Zeichnung mit ihren unterschiedlichen Kurven zutage, während sich die Markstrahlen als kurze, meist dunkel abgesetzte Striche in Faserrichtung zeigen.

**Zellenarten:** (Nährstoff-)Leit- und Speicherzellen, (Holz-)Stützzellen

**Stammteile:** Mark, Kern, Splint, Kambium, Bast, Borke

**Stammsschnitte:** Quer-(Hirn-), Radial-(Spiegel-), Tangentialschnitt (Fladerschnitt)

### 3.2.2 Wachstum

Ein Baum wird nicht nur höher, sondern auch dicker. Wir sprechen deshalb von einem Längen- und einem Dickenwachstum.

**Dickenwachstum.** In jedem Frühjahr beginnt bei unseren Bäumen eine neue Wachstumsperiode, teilen sich die Kambiumzellen und bilden nach innen und außen neue Zellen. Vom April bis Ende Mai wächst das Holz schnell und bildet große Zellen mit dünnen Wänden – das weitlumige *Frühholz*. Dann verlangsamt sich das Wachstum, die neuen Zellen werden

kleiner und dickwandiger. Sie bilden das englumige *Spätholz*.

Bei Nadelbäumen ist das Frühholz breiter und heller als das Spätholz (3.17b), bei Laubbäumen ist es meist umgekehrt, weil sie erst neue Triebe und Blätter bilden müssen.

Allmählich gehen Früh- und Spätholz ineinander über und bilden so den *Jahresring* oder *Jahrring* (3.17a). Seine Breite hängt vor allem vom Standort und vom Klima ab.

Bei breiten Jahresringen infolge günstiger Voraussetzungen spricht man von *grobjährigem*, bei dünnen Ringen dagegen von *feinjährigem* Holz. Durch Abzählen der Jahresringe können wir also das Alter eines Baumes ermitteln. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass es unter besonders günstigen Bedingungen in einem Jahr auch einmal zwei Ringe geben kann.

In den subtropischen Wäldern ist das Wachstum periodisch nicht begrenzt, hier wachsen die Hölzer das ganze Jahr hindurch. So gibt es keine scharf abgegrenzten Jahresringe. Dafür zeigen unregelmäßige Zuwachszonen die Zeitabstände zwischen Trocken- und Regenzeit (Scheinjahresringe).

#### Dicken Wachstum

weitleumiges Frühholz – englumiges Spätholz  
Jahresringe breit → grobjähriges Holz,  
Jahresringe schmal → feinjähriges Holz

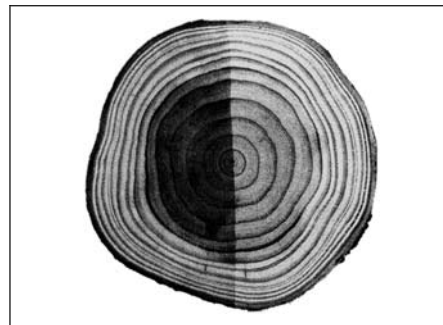
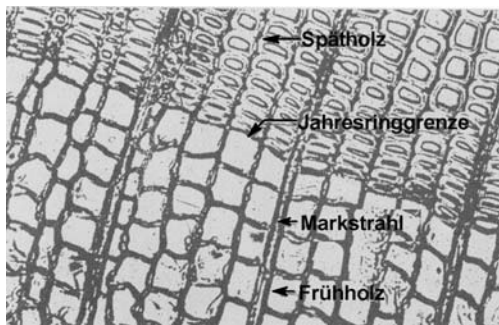
**Längenwachstum.** Von den Endknospen des Stammes, der Äste und Zweige aus wächst der

Baum durch Zellteilung und -Streckung in die Länge.

**Warum färbt sich das Laub im Herbst?** Unsere Pflanzen haben sich dem Wechsel der Jahreszeiten angepasst. Nach der Winterruhe wachsen und blühen sie im Frühjahr und Sommer. Im Herbst, wenn die Durchschnittstemperatur sinkt, zerfällt das Chlorophyll, und in den Blättern werden die bisher vom Blattgrün überdeckten rötlichen und gelblichen Farbstoffe (Carotin und Xantophyll) sichtbar. Weil sich das Chlorophyll jedoch nicht in allen Blättern, nicht einmal im einzelnen Blatt auf einmal abbaut, färben sich unsere Wälder im Herbst so prächtig bunt. Im Absterben schließlich werden die Blätter braun und fallen ab.

Wie alt werden nach Ihrer Schätzung Bäume? 100, 500, 1000 Jahre, noch älter?

**Das Alter der Bäume** lässt sich, wie wir gesehen haben, aus den Jahresringen ablesen. Unsere einheimischen Hölzer werden mehrere hundert, manche bis 500, einige sogar bis 1000 Jahre alt. In Amerika und Afrika gibt es über 4000jährige noch lebende Grannenkiefern, Mammutbäume und Zypressen. Sie standen also schon 2000 Jahre v.Chr.! Solche Riesen erreichen Stammdurchmesser bis 10 m und Höhen von 110 m! Ihre Jahresringe verraten aber noch mehr als das Alter, das man bei ihnen genauer mit der Dendrochronologie oder der Radiokarbonmethode bestimmt. Aus den Breiten der Ringe ergeben sich nämlich Rückschlüsse über Klima und Standortbedingungen sowie Naturereignisse.



**Bild 3.17** Dickenwachstum des Baumes (Querschnitt durch eine 15jährige Douglasie)  
a) Früh- und Spätholz (Mikrobild)  
b) Jahresringe mit jeweils hellem Frühholz und dunklerem Spätholz

**Die Dendrochronologie** (Dendrologie = Baumforschung, Chronologie = Zeitbestimmung) nutzt die Tatsache, dass die Bäume einer bestimmten Gegend unter gleichen Bedingungen zumindest annähernd gleich breite Jahresringe entwickeln. Diese Breiten misst man mit Hilfe des Mikroskops und überträgt die Werte in Kurven. Für die Altersbestimmung wird der Holzart eine Probe entnommen und dafür eine Kurve angelegt. Durch Vergleich der Kurven ergibt sich das Alter der zu bestimmenden Hölzer (3.18). Solche Kurven hat man für die Landschaften der Bundesrepublik und anderer Länder aufgezeichnet. Das Jahrringlabor der Universität Hohenheim hat für das südliche Mitteleuropa Jahrring-Chronologien der meist verwendeten Holzarten, EI – BU – TA – FI – KI, erstellt, die zumindest die letzten 800 Jahre umfassen.

Die Jahrringmethode wird eingesetzt bei der Ermittlung

- baugeschichtlicher Daten anhand von Hölzern aus Fachwerkhäusern, Holzdecken
- Datierung für die Ur- und Frühgeschichte anhand von Holzfunden aus archäologischen Ausgrabungen
- Datierung von Bildtafeln mittelalterlicher Maler, Holzskulpturen u.a.
- Datierung von Musikinstrumenten wie Geigen, Flügeln.
- Datierung von mittelalterlichen Möbeln.

**Bei der Radiokarbonmethode** misst man den vom Baum aufgenommenen radioaktiven Kohlenstoff C14 und kommt so über die entsprechende Halbwertszeit zu ausreichend genauen Rückdatierungen über 10000 Jahre.

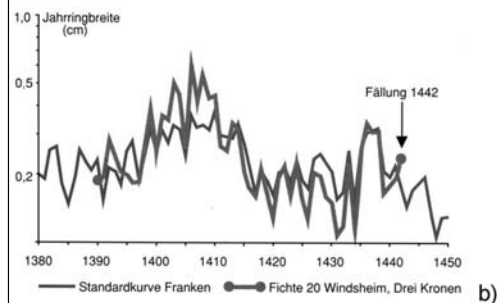
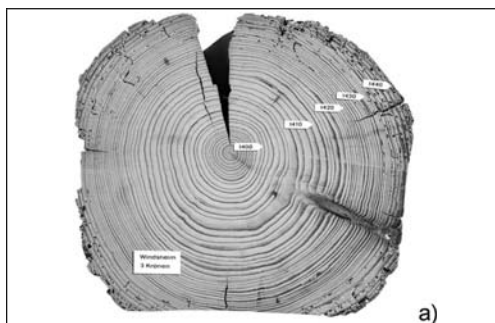
### 3.2.3 Holzfehler, Wuchsfehler (Holzmerkmale)

#### Arbeitsauftrag Nr. 6 Lernfeld LF 1

- Zur Gestaltung des Büros für den Kundenempfang erhalten Sie von Ihrem Ausbilder den Auftrag ein Plakat mit verschiedenen Holzfehlern und Wuchsfehlern zu entwerfen. Nutzen Sie für Ihren Entwurf die folgenden Informationen und Abbildungen des Kapitels 3.2.3.
- Vervollständigen Sie Ihr Plakat mit Realien typischer Holzfehler aus Ihrer Werkstatt.

Im Verlauf seines Lebens ist der Baum vielen Einflüssen ausgesetzt. Witterung, Beschaffenheit des Untergrunds, Beschädigung durch Mensch und Tier, Umfeld und nicht zuletzt Erbanlagen wirken auf sein Wachstum ein. Unregelmäßigkeiten am Baum beleben zwar die

Natur und sind manchmal geradezu reizvoll – dem Holzfachmann aber sind sie stets „ein Dorn im Auge“. In der Regel mindern sie nämlich den Nutzwert des Stammes. Allein aus dieser Sicht rechtfertigt es sich, für diese Merkmale den sonst falschen Begriff „Holzfehler“ zu gebrauchen.



**Bild 3.18** a) Fichtequerschnitt, b) Standardkurve

**Vollholzigkeit.** Maßstab für die Beurteilung von Holzfehlern ist ein möglichst astfrei und gerade gewachsener Stamm von zylindrischer Form mit gesunden Ästen und regelmäßigen Jahresringen. Diese ideale „Vollholzigkeit“ finden wir vorwiegend bei Bäumen im Waldverband (Bestandsbäume, 3.19). Sie entwickeln im ständigen Kampf mit ihren Nachbarn um die lebensnotwendige Sonnenenergie ein stärkeres Dickenwachstum im Bereich der verhältnismäßig kleinen Krone. Die untere Stamm- partie kommt dabei in der Versorgung mit Aufbau Stoffen zu kurz.

**Abholzigkeit** zeigt sich daran, dass der Stammdurchmesser zum Zopfende hin deutlich sichtbar abnimmt. Als Holzfehler gilt die Abholzigkeit in der Regel, wenn die Stammdicke je laufenden Meter um mehr als 1 cm abnimmt. Bäume im Freistand (3.20) oder am Rand eines Bestandes (3.21) haben ein stärkeres Dicken-

wachstum im unteren Stammbereich als Bestandsbäume. Ihr abholziger (kegelförmiger) Stamm setzt starker Windbelastung einen größeren Widerstand entgegen als ein normal gewachsener. Beim Einschnitt abholziger Stämme entsteht im Vergleich zu vollholziger Ware ein großer Verschnitt.

**Bei Krummschäftigkeit** wächst der Stamm in unregelmäßiger Form, häufig verursacht durch starke einseitige Belastung oder hängigen Untergrund. Dabei entstehen merkwürdige Formen, etwa ein Bajonettwuchs (3.22) oder ein Posthornwuchs (3.23). Hier hat ein Seitentrieb die Aufgabe des durch Wildverbiss oder andere Beschädigungen zerstörten Haupttriebs übernommen. Im Waldverband krümmen sich die Bäume manchmal durch Wind und Schnee, einseitige Belichtung oder aufgrund genetischer Anlagen zum Säbelwuchs (3.24). Krummschäftiges Holz ergibt nur kurze Nutzstücke.



**Bild 3.19** Vollholzige Bestandsbäume (Fichten)

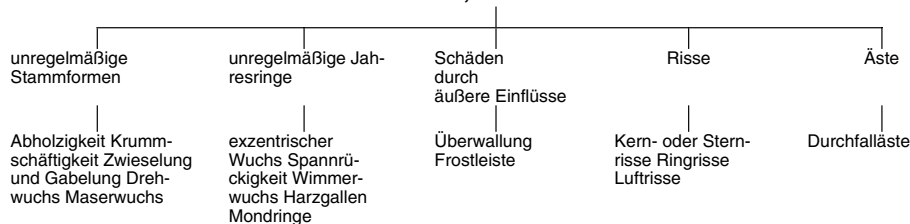


**Bild 3.20** Abholzigkeit im Freistand (Erle)



**Bild 3.21** Abholzigkeit am Randbaum (Kiefer)

#### Holzfehler, Wuchsfehler





**Bild 3.22** Bajonettwuchs (Kiefer)



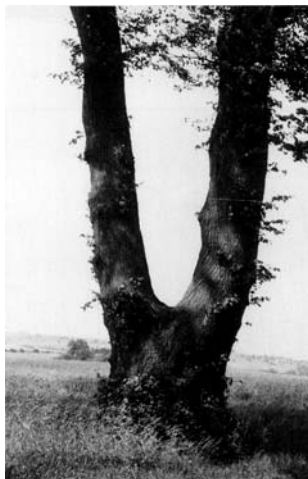
**Bild 3.23** Posthornwuchs (Kiefer)



**Bild 3.24** Säbelwuchs (Kiefer)

**Zwieselung und Gabelung.** Manchmal wachsen zwei junge Bäume schon am Boden mit den Stämmen zusammen, in anderen Fällen wird der Haupttrieb eines jungen Baumes beschädigt und bildet noch in Bodennähe zwei gleichmäßig dicke Seitentriebe aus – die Zwiesel (echter Zwiesel, 3.25), bei drei Trieben entsprechend Drillinge). Erbanlagen, Windbruch oder Insekten verursachen häufig in größerer Höhe eine Stammteilung in zwei Seitentriebe (3.26). Diese besonders bei Bu-

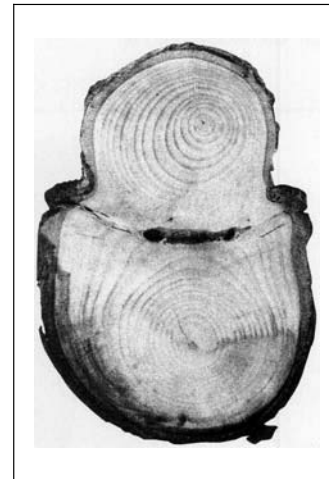
chen auftretende Doppelstammbildung nennt man Gabelung (unechter Zwiesel). Im Gabelbereich reißen die Stämme leicht auseinander und ermöglichen so durch Eindringen von Wasser die Fäulnisbildung im Stamm. Die Vertiefungen im Gabelansatz werden als Wassertöpfe bezeichnet. Vergabelungen des Stammes unterhalb 8 m Baumhöhe setzen den Wert des Baumes stark herab. Beim Holzeinschnitt findet man unterhalb der Gabel die Doppelkerne (3.27).



**Bild 3.25** Zwieselung (Linde)



**Bild 3.26** Gabelung (Buche)



**Bild 3.27** Doppelkern

Bei **Drehwuchs** verlaufen die Fasern spiralförmig um die Stammachse (3.28). Vordergründig dürften Erbanlagen die Ursache für diesen Fehler sein, der vor allem Rosskastanie, Eiche, Birnbaum, Fichte, Buche und Kiefer befällt. Der Drehwuchs kann rechts oder links herum laufen sowie – vorwiegend bei tropischen Hölzern (Sapeli-Mahagoni, Kambala) – die Drehrichtung wechseln. Drehwüchsiges Holz neigt zur Windschiefe und ist daher für die Verarbeitung in der Tischlerei ungeeignet.

**Maserwuchs** fällt durch Knollenbildung auf der Stammoberfläche auf (3.29). Meist entstehen diese Beulen durch Überwucherung unentwickelter Knospen (auch schlafende Knospen oder Augen genannt). Der unregelmäßige Faserverlauf und die eingeschlossenen Knospen erschweren die Bearbeitung des Holzes.

Dagegen sind gesunde Maserknollen ein erheblicher Wertzuwachs. Das aus ihnen hergestellte Furnier eignet sich besonders für wertvolle Schreinerarbeiten. Solche gesunden Maserknollen treffen wir häufig bei Linde, Nussbaum, Ulme, Birke und Pappel. Beliebt ist auch der Vogelaugenahorn (Zuckerahorn).

**Exzentrischer Wuchs.** Wenn Bäume starken einseitigen Belastungen ausgesetzt sind (z.B. Winddruck oder steile Hanglage (3.30), produzieren sie unterschiedlich breite Jahresringe, um im Gleichgewicht zu bleiben. Durch den einseitig stärkeren Wuchs liegt die Markröhre nicht mehr zentrisch, sondern exzentrisch (3.31). Schnittholz von exzentrisch gewachsenen Stämmen verzieht sich beim Trocknen ungleichmäßig, wenn man es nicht in Stücke mit etwa gleich breiten Jahresringen zerteilt.



Bild 3.28 Drehwuchs (Buche)



Bild 3.29 Maserwuchs (Linde)



Bild 3.30 Exzentrischer Wuchs in Hanglage (Buche)

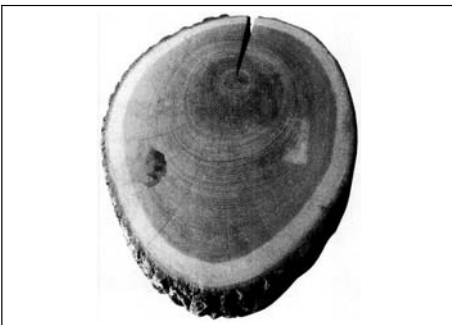


Bild 3.31 Exzentrischer Wuchs am Querschnitt (Eiche)

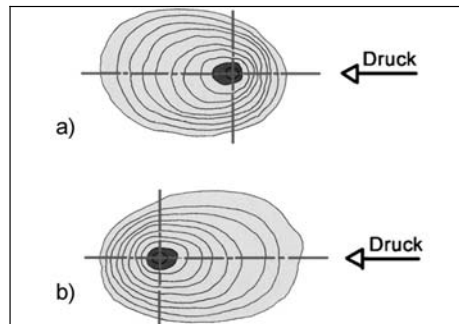
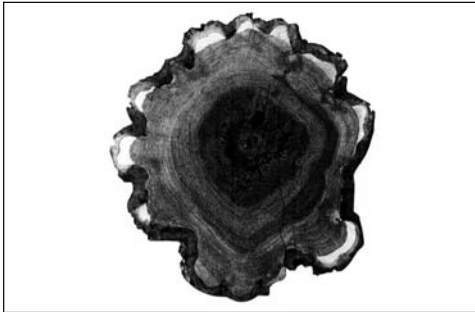


Bild 3.32 Reaktionsholz a) Druckholz, b) Zugholz

**Reaktionsholz** entsteht durch die ständig asymmetrische Belastung bei exzentrischem Wuchs. Die Reaktion der Nadelbäume und Laubbäume ist unterschiedlich. Nadelbäume bilden Druckholz = Buchs- oder Rotholz, indem sie verstärkt Lignin in den breiten Jahresringen einlagern (3.32a). Laubhölzer bilden durch zusätzliche Zellulosestränge Zugholz = Weißholz (3.32b).



**Bild 3.33** Spannrückigkeit am Querschnitt (Apfelbaum)

**Spannrückigkeit.** Während sich beim normalen Stamm die Jahresringe kreisförmig um die Markröhre anordnen, verlaufen sie beim zerklüfteten Spannrücken in unregelmäßig vor- und zurückspringenden Wülsten und Furchen (3.33). Manche Stämme zeigen diese Abnormalität in ihrer ganzen Länge. Meist finden wir sie aber nur im unteren Bereich als stark ausgeprägte Stützwurzeln. Die Schnittholzausbeute ist entsprechend gering, die Bearbeitung mit dem Hobel schwierig. Vor allem an Hainbuchen, Robinien, Eiben und Wacholder ist dieser Wuchsfehler zu beobachten (3.34).

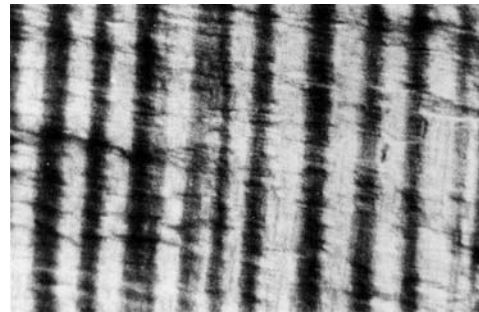


**Bild 3.34** Spannrückigkeit am Stamm (Buche)

**Wimmerwuchs** nennt man den wellenförmigen Verlauf der Jahresringe, der besonders bei Esche, Birke, Ahorn, Kirsche und Nussbaum auftritt (3.35). Er ist nicht eigentlich ein Wuchsfehler, sondern mehr eine Abweichung.

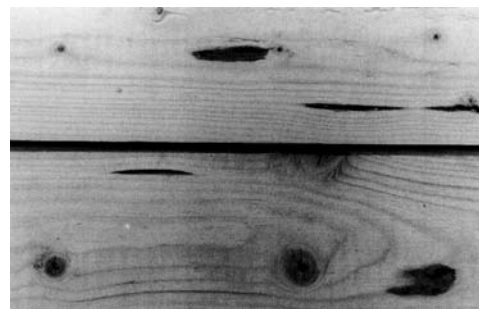
Das Furnier solcher Hölzer – wegen des unregelmäßigen Faserverlaufs auch z.B. Riegelahorn oder Riegelesche genannt – ist für die Möbelherstellung sehr gefragt.

Geregeltes Fichtenholz und Ahornholz verwendet man gern als Resonanzboden im Musikinstrumentenbau.



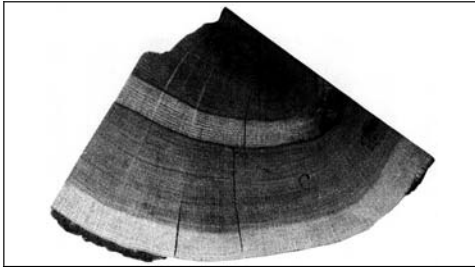
**Bild 3.35** Wimmerwuchs

**Harzgallen** oder Harztaschen sind gehäufte Harzansammlungen an Fichten, Kiefern und Lärchen (3.36). Sie entstehen in der Hauptwachstumszeit, wenn zu viel Harz zum Füllen der Hohlräume anfällt. Der Wert des Holzes wird durch Harzgallen stark vermindert. Harzgallen sind daher sorgfältig zu reinigen, notfalls herauszuschneiden und durch ein Stück gleiches Holz zu ersetzen. Von Harzleisten spricht man, wenn nach äußeren Verletzungen eines Baumes Harz ausfließt.



**Bild 3.36** Harzgallen im Fichtenholz

**Mondringe** trifft man als nicht verkernte, mehr oder weniger breite (mondsichelartige), helle Ringe im sonst dunklen Kernholz der Eiche an (3.37). Hier ist die Verkernung durch Absterben der Zellen (meist infolge Frosteinwirkung) unterblieben. Da gerade das Splintholz der Eiche wegen seiner Anfälligkeit gegen tierische und pflanzliche Schädlinge für den Tischler nahezu unbrauchbar ist, bedeuten Mondringe für die Holzwirtschaft einen großen Wertverlust.



**Bild 3.37** Mondring (Eiche)

**Überwallung.** An vielen Bäumen fallen uns äußere Wunden auf, verursacht durch Menschen oder Tiere (Wildverbiss), Maschinen, Blitz oder Frost. Ähnlich wie der menschliche Körper versucht auch der Baum, Wunden zu verschließen, um Schädlingen das Eindringen zu erschweren. Dazu bildet der Nadelbaum eine Kruste aus Harz, der Laubbaum aus Wundgummi.

Je nach Größe der Wundfläche kann es jedoch Jahre dauern, bis die Stelle durch verstärkt gebildete neue Holz- und Rindenzellen geschlossen ist. Dieser Vorgang der Wundschließung heißt Überwallung (3.38).



**Bild 3.38** Teilweise bereits geschlossene Überwallung (Eiche)

Ist die Wunde zu groß, kann der Baum sie nicht völlig schließen (3.39); holzzerstörende Pilze und Insekten können leicht eindringen.



**Bild 3.39** Überwallung nicht gelungen (Douglasie)

**Frostleiste.** Bei starkem Frost zu Beginn der Wachstumsperiode kann der Saft im Splint gefrieren und den Stamm entlang der Faserichtung auf reißen. Auch diesen Riss versucht



a)



b)

**Bild 3.40** Frostleiste  
a) am Stamm einer Buche,  
b) am Querschnitt einer Esche



der Baum zu überwallen. Oft reißt diese Überwallung mehrere Jahre hindurch in der Frostperiode erneut auf. Dadurch bilden sich die Frostleisten (3.40). Frostrisse treten vor allem bei Buche, Eiche, Esche, Ahorn und Linde auf.

**Kern- oder Sternrisse** im Stamm entstehen durch Spannungen im Holz oder unmittelbar nach dem Fällen durch ungleichmäßige Trocknung. Sie gehen von der Markröhre aus und verlaufen in Richtung der Markstrahlen (3.41). Je nach Größe und Tiefe können sie den Holzwert beträchtlich mindern.

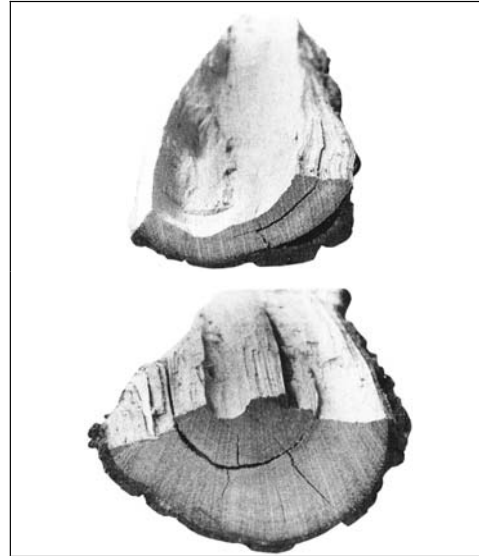


**Bild 3.41** Kern- oder Sternrisse

**Ringrisse** verlaufen entlang der Jahresringe (3.42). Verursacht werden sie durch Bewegungen (Zerrungen) entlang der Faser, wobei gerade breite Frühholzzonen besonders leicht aufreißen. Durchgehende Ringrisse führen zur *Ringschäle* (3.43). Dabei lösen sich ganze Holzteile der Schnittware der Länge nach ab – ein erheblicher Schaden.

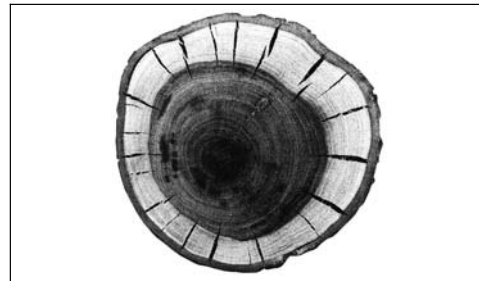


**Bild 3.42** Ringrisse (Fichte)



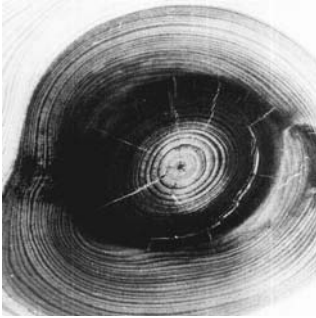
**Bild 3.43** Ringschäle

**Luftrisse** (Schwindrisse) bilden sich beim Trocknen des gefällten Holzes (3.44). Vorwiegend im jungen, noch unverkernten Holz reißt das Holz auf. Um solche Schäden zu vermeiden, sollte gefälltes Holz umgehend eingeschnitten und fachgerecht gelagert werden.

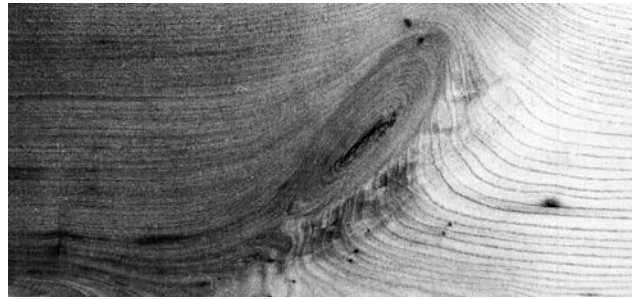


**Bild 3.44** Luftrisse an einem Pflaumenbaum

**Die Äste** tragen die Blätter und sind daher für den Baum lebensnotwendig. Sie bilden sich durch Seitenknospen unterhalb des Haupttriebs und haben wie der Stamm Jahresringe. Allerdings entwickelt der Ast ein festeres Zellgefüge als der Stamm, was neben dem verschiedenartigen Faserverlauf die spätere Bearbeitung erschwert. Anzahl, Art und Größe der Äste entscheiden maßgeblich über die Güteklasse des Holzes.



**Bild 3.45** Gesunder Rundast (Kiefer)



**Bild 3.46** Gesunder Flügelast (Kiefer)

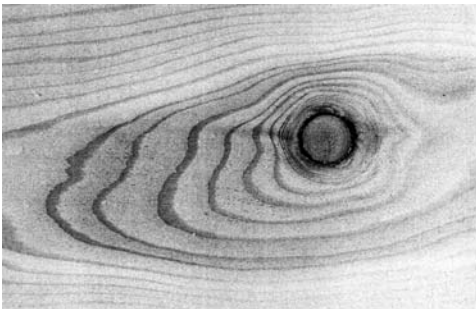
3

**Durchfalläste.** Die unteren Äste erhalten oft kein Licht und damit keine Nahrung mehr. Sie sterben, werden morsch und brechen schließlich ab. Die Wundstellen verschließt der Baum durch Überwallung. Diese natürliche Reinigung (Ästung) bildet zugleich eine Gefahr für den Baum, denn tierische und pflanzliche Schädlinge finden gerade an diesen Stellen gute Voraussetzungen für ihr zerstörerisches Werk. Angefaulte Äste färben sich schwarz, haben sehr oft keinen Verbund mehr mit dem Stammholz und fallen dann beim Schneiden heraus. Je nach Schnittrichtung unterscheiden wir Rundäste (quer zur Achse, 3.45) und *Flü-*

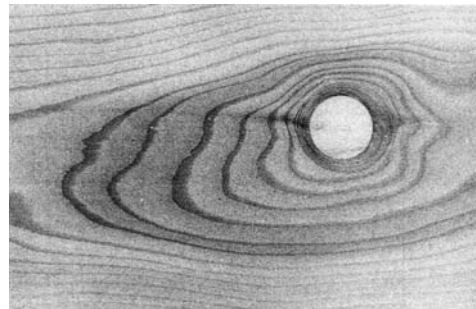
*geläste* (schräg zur Achse 3.46). Kranke Äste müssen auf jeden Fall ausgeflickt bzw. herausgeschnitten und ersetzt werden (3.47).

Gesunde Äste sind hell und fest mit dem Holz verwachsen. Man belässt sie, zumal sie als naturgegebene Bestandteile die Oberfläche beleben.

Als Holzfehler werden Abweichungen vom Normalwuchs und Minderung des Nutzwertes bezeichnet.



a)



b)

**Bild 3.47** Durchfallast (Kiefer)  
a) krank, b) herausgeschnitten und ausgeflickt

### 3.3 Eigenschaften des Holzes

#### Arbeitsauftrag Nr. 7 Lernfeld LF 1

- Erstellen Sie eine Präsentationsmappe für die Dokumentation Ihrer Ausbildung mit dem Thema „Eigenschaften des Holzes“.

Ergänzen Sie Ihre Mappe durch Furnierproben und verschiedene Holzproben wie sie in Abbildung 3.48 zu sehen sind.

Ihre Dokumentation sollte folgende Fragen beantworten:

1. Nennen Sie Einflüsse auf die Holzfarbe.
2. Nennen Sie Holzarten nach ihrem Gewicht und unterscheiden Sie dabei nach leichten, ziemlich leichten und mäßig schweren Hölzern.
3. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Rohdichte und Reindichte des Holzes.
4. Erläutern Sie die Begriffe Darr- und Lufttrockenheit.
5. Warum schwimmen europäische Hölzer?
6. Erklären Sie den Unterschied zwischen Elastizität und Plastizität.
7. Wodurch wird die Elastizität von Holz beeinträchtigt?
8. Was versteht man unter Festigkeit? Auf welche Festigkeitsarten kann Holz beansprucht werden?
9. Verarbeiten Sie zugbeanspruchtes Holz quer oder längs zur Faser? Begründen Sie Ihre Antwort.
10. Welche Kräfte werden beim Biegen wirksam?
11. Fertigen Sie eine Schwalbenschwanzverbindung besser mit einem Scherwinkel von 40° oder 100°? Warum?
12. In welcher Richtung lässt sich Holz am leichtesten spalten?
13. Was bedeutet Dauerhaftigkeit des Holzes?
14. Warum ist Buchenholz für den Außenverbau ungeeignet?

Erst genaue Kenntnisse über Merkmale und Eigenschaften der verschiedenen Hölzer sichern den fachgerechten Einsatz, die richtige Be- und Verarbeitung in der Werkstatt. So lassen sich Wert oder Mängel am verarbeiteten Holz nicht damit erklären, dass es „gutes“ oder „schlechtes“ Holz gibt. Qualität oder Fehler liegen allein in der „richtigen“ oder „falschen“ Verwendung des Holzes begründet. Und zu Ihren Aufgaben wird später die Entscheidung gehören, welches Holz für welchen Zweck verwendet werden kann und darf.

#### 3.3.1 Allgemeine Eigenschaften

Jedes Holz hat seinen eigenen Charakter. Farbe, Faserverlauf, manchmal ein besonderer Glanz und der Geruch grenzen die Hölzer voneinander ab.

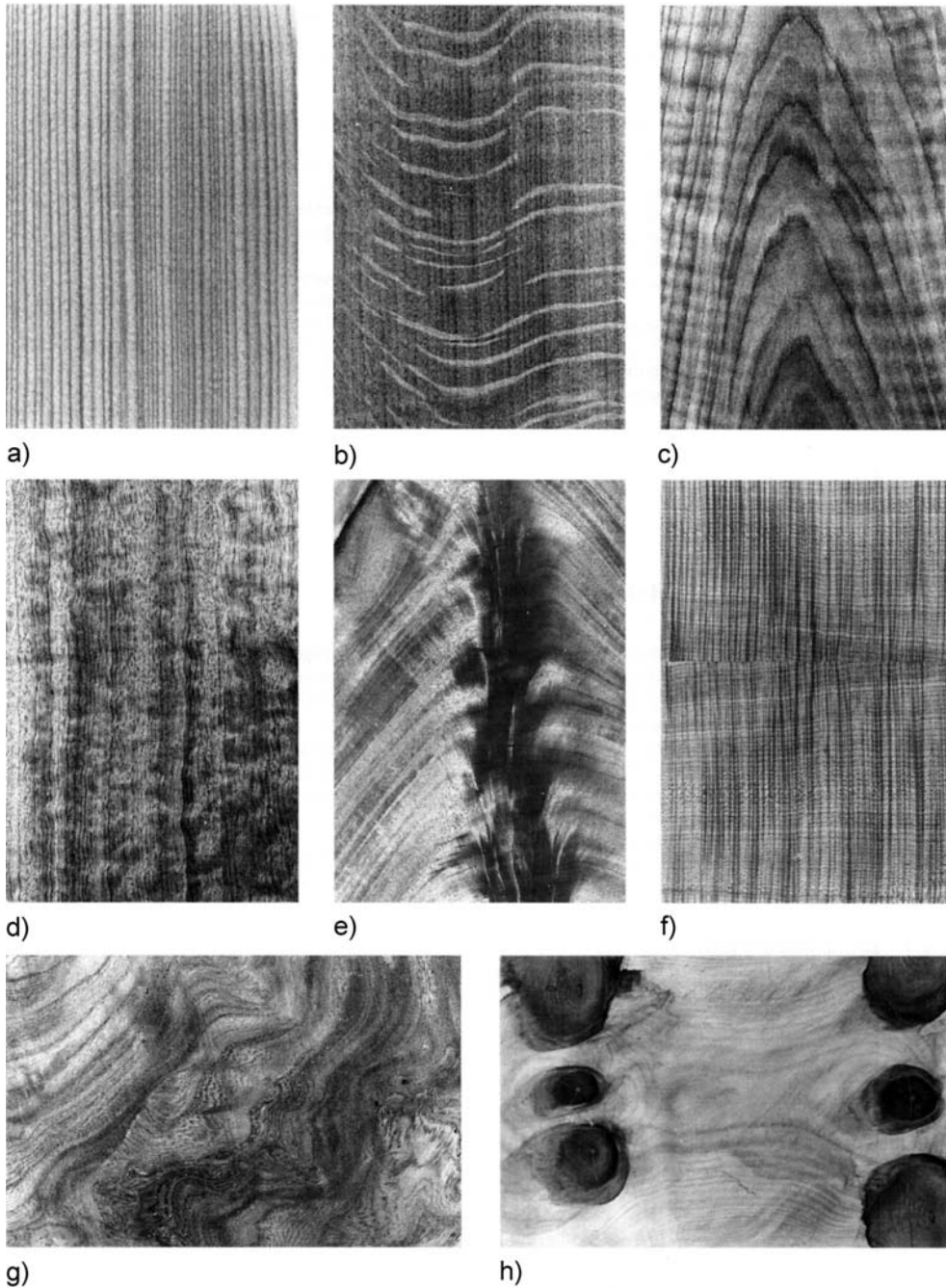
**Die Farbe** ist ein wesentliches Merkmal. Solange das Holz frisch ist, erlaubt sie auch Aussagen über seine Güte – mit zunehmendem Alter dunkeln fast alle Hölzer unter Licht- und Luftwirkung nach. Jedes Holz hat durch die Ablagerung von Farbstoffen in den Zellen eine ihm eigene Färbung.

Krankes Holz zeigt eine typische Färbung, z.B. Bläue bei der Kiefer, Rotstreifigkeit bei der Fichte, Rotfäule oder Weißfäule.

**Der Faserverlauf** (Zeichnung oder Textur) ist für den Einsatz des Holzes von großer Bedeutung. Je nach Schnittrichtung erhalten wir schlichte, mit Spiegeln versehene oder gefladerte Ten oder Fehler im Wuchs ergeben sich wimmerwüchsige, pyramidenförmige, geriegelte oder gemaserte Texturen (3.48d bis g). Gesunde Äste beleben die Zeichnung auf eigene Weise (3.48h).

**Der Glanz** bietet keine Möglichkeit zur Beurteilung des Holzes. Nur wenige Bäume (Ahorn, Linde) zeigen einen typischen seidigen Glanz auf der Schnittfläche. Andere Hölzer (z.B. Eiche) haben im Bereich der geschnittenen Holz- bzw. Markstrahlen glänzende Spiegelflächen.

**Der Geruch** ist wichtig zur Holzartbestimmung. Denken wir nur an den typischen Harzgeruch einiger Nadelhölzer oder an den säuerlich-herben Geruch der Gerbsäure im Eichenholz. Im Allgemeinen hat gesundes Holz einen frischen, angenehmen Geruch, der sich aber schon bald nach dem Einschnitt verliert. Krankes, befallenes Holz



**Bild 3.48** Zeichnung a) schlichte Streifen (Lärche), b) Spiegel (Eiche), c) Fladerschnitt, d) Wimmerwuchs, e) Pyramidenwuchs (Sipo-Mahagoni), f) geriegelt (Nussbaum), g) gemasert (Ulme), h) Äste

riecht dagegen meist faulig bis modrig. Alle diese Eigenschaften betreffen ästhetische (schöne) Gesichtspunkte und sagen nichts über die technische Verwendbarkeit der Hölzer aus. Dazu müssen wir uns mit den mechanischen Eigenschaften beschäftigen.

## 3

### 3.3.2 Rohdichte, Härte, Elastizität

Durchhängende Bücherbretter oder Schrankborde bringen Fehler des Herstellers an den Tag. Dasselbe betrifft wacklige Stühle, Tische oder gar Treppengeländer. Welche Ursachen können zugrunde liegen?

**Das Gewicht** ist das für die Praxis wichtigste Kennzeichen des Holzes. Zur Unterscheidung und Einteilung verwendet man Raumgewicht und Rohdichte des Holzes. Danach unterscheiden wir nach: sehr leicht (BAL), leicht (LI, PA, TA), ziemlich leicht (FI, KI, LA), mäßig schwer (AH, BU, ES), schwer (HB, WEN, PRO) bis sehr schwer (EBE, POH).

**Die Rohdichte** wird als Verhältnis der Masse zum Rauminhalt in  $\text{g/cm}^3$  angegeben (s. Abschn. 2.1). Während sich die Reindichte  $\rho$  nur auf die Holzsubstanz bezieht und für alle Holzarten etwa  $1,56 \text{ g/cm}^3$  beträgt, schließt die Rohdichte  $g$  auch die Poren ein. Deshalb ist sie abhängig vom Holzaufbau (Zellenstruktur, Anteil des Früh- und Spätholzes, Splint- und Kernholz) und vom Wassergehalt. Dies ist der Grund dafür, dass wir beim Ablesen von Rohdichtewerten aus Tabellen die Holzfeuchte (HF) beachten müssen.

Obwohl die genauesten Werte bei 0 % Holzfeuchte (Darrtrockenheit) erreicht werden, ermittelt man die Rohdichte meist bei 12 bis 15 % Holzfeuchte (Lufttrockenheit). Die Messergebnisse der Hölzer liegen zwischen  $0,15$  und  $1,35 \text{ g/cm}^3$ . Dabei beträgt die Rohdichte lufttrockener europäischer Nadel- und Laubbäume weniger als  $1,0 \text{ g/cm}^3$  – sie sind leichter als Wasser ( $\rho_R = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ) und schwimmen daher.

Die Rohdichte wird mit folgender Formel berechnet:

$$\begin{array}{l} \text{Rohdichte } \rho \text{ (rho)} \\ \text{Masse } m \\ \text{Volumen } v \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Rohdichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} \\ \\ S = \frac{m}{v} \end{array}$$

Je größer die Rohdichte, desto feinporiger, schwerer und härter ist das Holz.

**Die Härte** des Holzes beeinflusst seine Bearbeitung. Je härter es ist, desto stärker widersteht es z.B. dem Eindringen der Werkzeugschneide – aber auch der Abnutzung. Die Holzhärte ist unterschiedlich und wird wie die Rohdichte vor allem vom Zellenaufbau und Wassergehalt bestimmt. So wird sie mit zunehmender Rohdichte größer und mit zunehmender Holzfeuchtigkeit geringer. In der Praxis begnügt man sich mit der Einteilung in weiche und harte Hölzer.

- **Laborversuch** Machen Sie mit dem Daumen nagel entlang der Faser eine Ritzprobe. Auf der Oberfläche weicher Hölzer wird eine Spur sichtbar.

Der Handel teilt das Holz nach Härtegraden ein. Ermittelt wird die Härtezahle im Prüfverfahren nach Brinell. Sie gibt an, welche Kraft erforderlich ist, um eine Stahlkugel von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnittsfläche in die Holzfläche bei 12 % Holzfeuchte parallel und senkrecht einzudrücken. Danach unterscheiden wir Holz von sehr weich (LI, PA, WDE, KIW) über weich (FI, KI, TA, ER, DG), mittelhart (LA, LMB) und hart (AH, BU, EI, ES, RU) bis sehr hart (EBE, PRO, POH).

**Elastizität.** Eine äußere Krafteinwirkung kann den Körper verformen. Nimmt er seine ursprüngliche Form wieder ein, wenn die Kraft aufhört zu wirken, nennt man ihn elastisch. Ein Überschreiten der Elastizitätsgrenze führt zum Bruch oder zu plastischen Verformungen. So „ermüdet“ die Holzfaser unter ständiger Belastung und verformt sich.

- **Laborversuch** Eine dünne, beidseitig aufgelegte Holzleiste wird mit der Hand in der Mitte belastet und wieder entlastet. Sie federt dann sofort in die Ausgangslage zurück.

Äste und Fehler beeinträchtigen die Elastizität.

### 3.3.3 Festigkeit

**Festigkeit** ist der Widerstand eines Körpers gegen die äußere Einwirkung von Kräften. Sie ist darum für die Verwendung des Holzes von großer Bedeutung. Die Festigkeit ist nicht nur bei den einzelnen Holzarten sehr unterschied-

lich, sondern auch innerhalb einer Holzart. So ist Kernholz fester als Splintholz, trockenes Holz fester als feuchtes, feinjähriges Holz fester als schnellgewachsenes grobjähriges, älteres Holz schließlich fester als jüngeres. Mit steigender Rohdichte nimmt auch die Festigkeit des Holzes zu.

Überlegen Sie, wie unterschiedlich sich Holz in Faserrichtung und quer dazu lässt. Welchen Einfluss haben Wuchsfehler und Äste auf die Holzverwendung?

**Für Bauholz** (Deckenbalken, Dachsparren, Pfetten, Pfosten) ist die Art der Beanspruchung besonders wichtig, weil nur ausreichende Hölzer und Holzquerschnitte die Haltbarkeit der Konstruktionsteile garantieren.

Auch Tischler, Schreiner und Holzmechaniker dürfen die Festigkeit bei den Holzabmessungen nicht außer Acht lassen. Ein Bücherbord darf nicht durchbiegen, ein Stuhl nicht zusammenbrechen, Fenster und Türen müssen

vielfältigen Belastungen standhalten, eine Treppe hat vorgeschriebene Belastungen zu tragen. Welche Kräfte auf ein Werkstück einwirken können, zeigt Tabelle 3.49.

**Dauerhaftigkeit** erfasst die Zeit, in der das verarbeitete Holz seinem Zweck entsprechend voll gebrauchsfähig bleibt. Dieser Zeitraum ist unterschiedlich lang. Er hängt ab von der Verwendung, Holzart, Gerbstoff- und Harzhaltigkeit, Beschaffenheit und Trocknung sowie vom Standort. Die meisten Hölzer haben im Trockenem eine längere Lebensdauer, doch halten sich einige (z.B. Eiche und Buche) auch unter Wasser sehr lange. Stetiger Wechsel von Nässe und Trockenheit beeinträchtigt die Dauerhaftigkeit dagegen in jedem Fall. Deshalb ist Buche für Außenverbau überhaupt nicht geeignet.

Umfassende Kenntnisse des konstruktiven und chemischen Holzschutzes setzen die Dauerhaftigkeit des Holzes herauf (s. Abschn. 3.6.3).

**Tabelle 3.49** Beanspruchung auf Festigkeit mit praxis nahen Laborversuchen

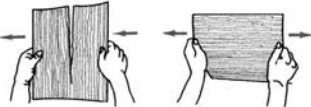
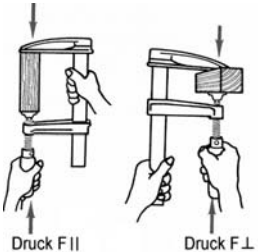
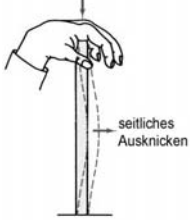
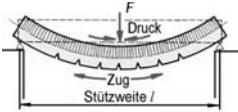
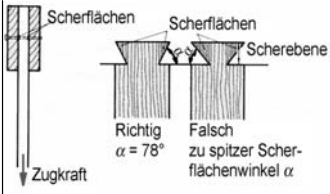
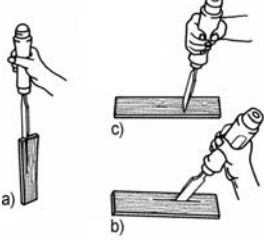
Beanspruchungsart/Versuch	Wirkung	
<p><b>Zug- oder Zerreißfestigkeit</b> ist der Widerstand des Holzes gegen das Zerreißen seiner Fasern. Die Kraft wirkt längs (  ) oder quer (⊥) zur Faserrichtung.</p>	<p>Quer zur Faser reißt das Probestück sofort auseinander. Eine Beanspruchung in dieser Richtung ist daher nicht möglich.</p> <p>Längs zur Faser ist ein Zerreißen</p>	<p>nicht möglich. Die Zugfestigkeit ist also sehr groß (etwa zehnmal größer als quer zur Faser).</p> <p>ES, BU und RU sind sehr, FI und PA sind wenig zugfest.</p>
<p><b>Versuch</b> Ein Stück Furnier längs (  ) und quer (⊥) zur Faserrichtung ziehen.</p>		<p>Holz niemals quer zur Faser auf Zug beanspruchen.</p>
<p><b>Druckfestigkeit</b> ist der Widerstand des Holzes gegen Zerdrücken, Zerquetschen oder Stauchen der Faser. Die Kraft wirkt längs (  ) oder quer (⊥) zur Faserrichtung.</p> <p><b>Versuch</b> Proben aus weichem und hartem Holz werden in beiden Richtungen fest in eine Schraubzwinde eingespannt. Nach einigen Minuten lösen wir die Zwingen und untersuchen die Eindrücke im Holz.</p>	<p>Beim Druck in Faserrichtung (Hirnholz) zeigen sich keine oder nur geringe Vertiefungen.</p> 	<p>Quer zur Faser sind die Eindrücke erheblich. Die Druckfestigkeit quer zur Faser beträgt nur 10 bis 15 % der Druckfestigkeit in Faserrichtung.</p> <p>EI, BU und ES haben hohe, PA und FI haben geringe Druckfestigkeit.</p> <p>Holz kann in Faserrichtung erheblich stärker auf Druck beansprucht werden als quer zur Faser</p>

Tabelle 3.49 Fortsetzung

Beanspruchungsart/Versuch	Wirkung	
<p><b>Knickfestigkeit</b> heißt der Widerstand des Holzes gegen seitliches Ausknicken (Biegen) infolge Druckeinwirkung.</p> <p><b>Versuch</b> Holzleisten mit rechteckigem, quadratischem und rundem Querschnitt senkrecht aufstellen und in Richtung der Stabachse belasten.</p>	<p>Die Holzleisten brechen seitlich aus – zuerst die mit rechteckigem Querschnitt, dann die quadratische, schließlich die runde.</p> 	<p>Je schlanker ein Stab ist, desto größer ist die Gefahr des seitlichen Ausknickens. Auf Druck belastete Pfosten und Stäbe müssen durch genügend starke Querschnitte vor dem seitlichen Ausknicken gesichert werden.</p>
<p><b>Biegefestigkeit</b> ist der Widerstand des Holzes gegen Durchbiegung und Zerbrechen in Abhängigkeit von Faserverlauf, Rohdichte, Elastizität und Querschnitt des Holzteils.</p> <p><b>Versuch</b> An beiden Enden aufliegende Holzleisten mit rechteckigem Querschnitt, von denen eine z.T. eingeschnitten ist, in Hochkantlage und flacher Lage belasten.</p>	<p>Die im unteren Leistenteil erweiterten und im oberen Teil verengten Einschnitte zeigen, dass die Fasern unten auseinander gezogen (Zug), oben dagegen gedrückt und gestaucht werden (Druck).</p> 	<p>FI, TA, EI und ES sind für biegebeanspruchte Teile besonders geeignet.</p> <p>Biegebeanspruchte Holzleisten mit rechteckigem Querschnitt sollten nur in Hochkantlage verarbeitet werden.</p>
<p><b>Scherfestigkeit</b> nennt man den Widerstand, den das Holz dem Abschieben bzw. Abscheren von Teilen entgegensetzt. Scherbeanspruchungen treten auf bei Holzverbindungen mit Nägeln oder mit Schrauben, bei Zinken- oder Schwalbenschwanzverbindungen.</p> <p><b>Versuch</b> Zwischen zwei waagrecht aufgehängte dünne Leisten eine dritte schieben und mit beiden durch einen Drahtstift verbinden. Mittlere Leiste auf Zug beanspruchen.</p>	<p>Durch die Zugkraft wird der Drahtstift umgebogen, die Flächen verschieben sich, die Verbindung löst sich durch Abscheren.</p> <p>Die Scherfestigkeit ist quer zur Faser</p> 	<p>etwa viermal höher als längs zur Faser. Bei Zinken- und Schwalbenschwanzverbindungen wirkt die Zugkraft in Richtung Holzebene. Je spitzer der Scherflächenwinkel <math>\alpha</math>, desto größer ist die Gefahr des Abscherens.</p> <p>Scherbeanspruchte Holzteile möglichst quer zur Faser verarbeiten. Scherflächenwinkel nicht zu spitz wählen.</p>
<p><b>Spaltfestigkeit</b> ist der Widerstand des Holzes gegen das Auftrennen (Spalten) in Faserrichtung; abhängig von Härte, Holzfeuchte und Faserverlauf.</p>		<p>a) Spaltwirkung radial, in Richtung Markstrahlen am besten;  b) Spaltwirkung tangential, in Richtung der Faser weniger leicht;  c) Spaltwirkung quer zur Faser nicht möglich.</p> <p>Die meisten Nadelhölzer sowie PA, ER, BU, EI sind wenig spaltfest. ES, AH, RU und HB lassen sich schwer spalten. KB, PLT und Eibe sind sehr spaltfest.</p>
<p><b>Drehfestigkeit</b> (Torsionsfestigkeit) heißt der Widerstand des Holzes gegen das Abdrehen in der Längsachse (in Faserrichtung).</p>		

### 3.3.4 Leitfähigkeit

#### Arbeitsauftrag Nr. 8 Lernfeld LF 1

- Führen Sie ein „*Prioritätenspiel*“ durch, in dem Sie Schwerpunkte der Eigenschaften des Holzes festlegen.

Erstellen Sie eine persönliche Rangfolge Ihrer Aussagen und begründen Sie diese.

Besprechen Sie anschließend in Kleingruppen Ihre Arbeiten.

Einigen Sie sich auf ein gemeinsames Ergebnis, welches Sie der Klasse vorstellen.

Nach erfolgter Diskussion findet eine gemeinsame Auswertung im Klassenverband statt.

Folgende Fragen sollten Sie bei Ihrer Arbeit berücksichtigen:

1. Worauf beruhen die guten Wärmedämmeigenschaften des Holzes?
2. Warum leitet trockenes Holz elektrischen Strom schlechter als feuchtes?
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Rohdichte eines Holzes und seinem Wasseraufnahmevermögen?
4. Erläutern Sie die Begriffe freies und gebundenes Wasser.
5. Welche Ursachen und Auswirkungen hat die Wasseraufnahme unterhalb des Fasersättigungsbereichs?
6. Man sagt, Holz arbeitet. Was meint man damit?
7. Wie lautet das Gesetz vom Holzfeuchtegleichgewicht?
8. Wovon hängt die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft ab? Was geschieht, wenn die Luft gesättigt ist?
9. Erklären Sie den Einfluss der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Holz Trocknung.
10. Wie geht eine Darrprobe vor sich? Wie lautet die Formel zum Berechnen des Feuchtigkeitsgehalts?
11. Worauf beruht die elektrische Holzfeuchtemessung?
12. Skizzieren Sie ein Seitenbrett und tragen Sie die Formänderungen infolge Schwinden und Quellen ein.
13. In welche Richtungen schwindet und quillt das Holz? Wo ist die Erscheinung am stärksten?
14. Was bestimmt DIN 18355 über den zulässigen Holzfeuchtegehalt bei Tischlerarbeiten? Unterscheiden Sie dabei nach Holz für den Innen- bzw. Außenverbau.
15. Durch welche Maßnahmen können Sie dem Arbeiten des Holzes entgegenwirken?

3

Die Leitfähigkeit von Schall ist ein wichtiges Merkmal beim Beurteilen der Holzgüte. So klingt trockenes Holz beim Anschlagen hell, krankes dagegen dumpf. Von besonderer Bedeutung ist die Schall-Leitung verschiedener Hölzer für die Verwendung als Resonanzholz im Musikinstrumentenbau. Wegen seiner Porigkeit und der damit im Vergleich zu anderen Werkstoffen geringen Dichte hat Holz hervorragende Schalldämmeigenschaften.

**Die Wärmeleitfähigkeit** ist wegen der Porigkeit sehr gering, sodass Holz auch gute Wärmedämmeigenschaften hat. Ausgedrückt wird die Wärmeleitfähigkeit durch die Wärmeleitfähigkeit (s. Abschn. 10.2.1). Tabelle 3.50 zeigt deutlich, dass mit steigender Rohdichte auch die Wärmeleitfähigkeit des Holzes zunimmt. Trockenes Holz ist ein schlechter, feuchtes Holz ein guter Wärmeleiter.

**Tabelle 3.50** Rohdichte und Wärmeleitfähigkeit

Werkstoff	Rohdichte		Wärmeleitfähigkeit $\frac{W}{m \cdot K}$
	in $g/cm^3$		
Rotbuche BU	0,701	} bei 12 bis 15 % HF	0,18
Eiche EI	0,69		0,19
Kiefer KI	0,52		0,14
Fichte FI	0,48		0,14

Die elektrische Leitfähigkeit von trockenem Holz ist sehr gering. Mit zunehmender Feuchte steigt sie jedoch, weil Feuchtigkeit ein guter elektrischer Leiter ist. Im Zustand der Lufttrockenheit kann man Holz als Halbleiter verwenden. Mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit ermittelt man auch die Holzfeuchtigkeit (s. Abschn. 3.3.5).

Die Schall- und Wärmedämmung des Holzes ist gut. Trockenes Holz hat schlechte, feuchtes Holz gute elektrische Leitfähigkeit.



### 3.3.5 Holzfeuchtigkeit

#### Arbeitsauftrag Nr. 9 Lernfeld LF 1

- Nutzen Sie die Werkstatt Ihres Betriebes oder das Holzlabor Ihrer Schule. Fertigen Sie fünf Versuchsstücke aus verschiedenen Holzarten in gleich großen Abmessungen (empfohlen: 250 mm × 100 mm × 20 mm). Messen Sie die jeweilige Holzfeuchte. Skizzieren Sie Stücke in Vorder- Seiten- und Draufsicht in Ihren Unterrichtsmitschriften, benennen Sie diese nach der jeweiligen Holzart und sichern Sie die Holzfeuchte Messergebnisse in einer Tabelle.

Legen Sie die Holzproben zwei Tage in einen mit Wasser gefüllten Behälter. Entnehmen Sie die Probestücke und tragen Sie die veränderten Holzmaße in Ihre Skizzen ein. Messen und sichern Sie die neuen Holzfeuchte Werte. Darren Sie die Holzproben in einem Darröfen oder Backofen. Messen Sie die jeweilige Holzfeuchte und Abmessungen der Probestücke. Vervollständigen Sie Ihre Tabelle und Unterrichtsmitschrift. Vergleichen Sie Ihre Arbeitsergebnisse mit denen Ihrer Mitschüler. Leiten Sie Quell- und Schwindregeln des Holzes ab.

Eine Buche braucht in einer Wachstumsperiode 7 000 bis 8 000 l Wasser. Eine Birke verdunstet an einem Tag über ihre Blätter wenigstens 300 l Wasser. Ein Kubikmeter frisch gefällten Holzes enthält je nach Holzart 200 bis 500 l Wasser. Diese Zahlen machen uns eindringlich die Bedeutung des Wassers für das Gedeihen der Bäume klar. Wie wir in Abschnitt 3.2 erfahren haben, transportiert es die Salze, ist bei der Assimilation beteiligt und verteilt die Nährstoffe.

**Holz ist hygroskopisch.** Das heißt, es nimmt aus der Luft Feuchtigkeit auf und gibt sie wieder an die Luft ab. Alle Zellhohlräume und Zellwände des Baumes enthalten Wasser, jedoch in unterschiedlicher Menge. Splintholz ist meist feuchter als Kernholz, im Erdbereich enthält der Stamm weniger Feuchtigkeit als im Zopfbereich. Der Feuchtigkeitsgehalt von waldfischem (grünem) Holz hängt ab von Art, Größe und Alter des Baumes, dem Standort und der Fällzeit. Er schwankt entsprechend zwischen 30 und 200 % der Holzsubstanz. Auch die Rohdichte hat Einfluss darauf:

Je höher die Rohdichte liegt, je fester also das Holz ist, desto geringer ist der Feuchtigkeitsanteil.

**Fasersättigung.** Unmittelbar nach dem Fällen beginnt das Holz zu trocknen. Dabei verdunstet zuerst das freie Wasser der Zellhohlräume (auch tropfbares oder kapillares Wasser genannt). Wenn die Zellhohlräume kein Was-

ser mehr enthalten, ist der Fasersättigungsbe- reich erreicht. Dann wird der Feuchtigkeitsge- halt (Formelzeichen  $u$ ) des Baumes nur noch von dem in den Zellwänden gebundenem Wasser bestimmt. Dieser Wert liegt je nach Holzart zwischen 22 und 35 % (3.51).

**Schwinden und Quellen („Arbeiten des Holzes“).** Das in den Zellwänden gebundene Wasser verdunstet langsamer – je nach Holzart, Dicke, Luftfeuchte und Temperatur braucht es Jahre dazu. Verbunden damit ist eine Volumen- verringerung – das Holz „schwindet“. Wenn es in diesem Stadium unterhalb der Fasersätti- gung wieder Wasser aus der Luft aufnimmt, bindet es dieses in den Zellwänden und ver- größert dadurch das Volumen – es „quillt“. Sobald die Fasersättigung erreicht ist, sammelt sich das aufgenommene Wasser wieder in den Zellhohlräumen (3.51). Dabei verändert sich das Holzvolumen nicht.

**Holzfeuchtegleichgewicht.** Da Holz hygro- skopisch ist, passt es sich durch Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit seiner Umgebung an: Trockenes Holz nimmt bei feuchtem Klima Wasser auf, feuchtes Holz gibt bei trockenem Klima Wasser an die Luft ab, bis ein Gleich- gewicht von Holzfeuchtigkeit  $u$ , relativer Luft- feuchtigkeit  $f_i$  und Lufttemperatur erreicht ist.

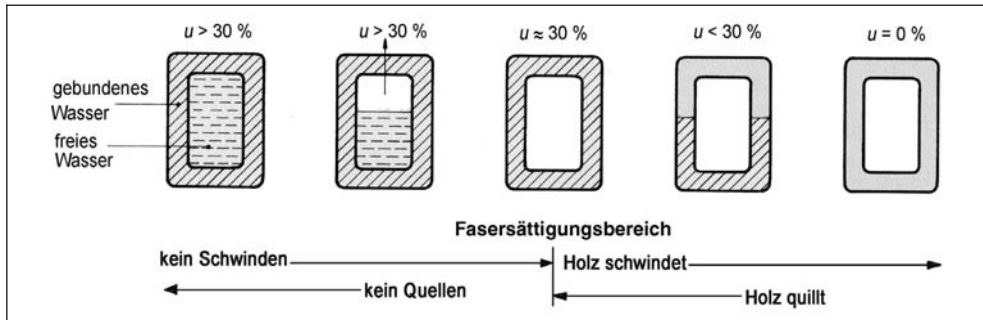
Dieser Idealzustand des Holzfeuchtegleiche- wichts kommt jedoch bei unserem wechselhaf- ten Klima nur selten vor.

Luftfeuchtigkeit, relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur streben einen Gleichgewichtszustand an, in dem Holz weder schwindet noch quillt.

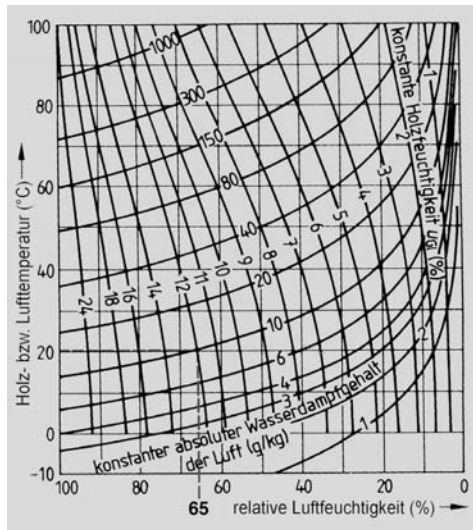
**Luftfeuchtigkeit und -temperatur** bestimmen also die Holzfeuchte, wie das Diagramm 3.52 zeigt. Luft enthält immer eine gewisse Menge Wasserdampf. Je höher die Temperatur

liegt, desto mehr Wasser kann die Luft aufnehmen. Dies spüren wir deutlich an einem schwülen Sommertag. Bei einem von der Temperatur beeinflussten bestimmten Gehalt ist die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft jedoch erschöpft – die Luft ist gesättigt es bildet sich Kondenswasser oder kommt zu Niederschlägen. Diese Erscheinungen sind uns vom Badezimmer und aus der Natur bekannt.

3



**Bild 3.51** Wasserabgabe und -aufnahme der Holzelle



**Bild 3.52** Feuchtegleichgewicht von Holz

Wir unterscheiden dabei:

- die **absolute Luftfeuchtigkeit**  $f_{\text{abs}}$  = die in der Luft enthaltene Wasserdampfmenge in  $\text{g}/\text{m}^3$ ,

- die **maximale Luftfeuchtigkeit**  $f_{\text{max}}$  = die bei Sättigung in der Luft enthaltene Wasserdampfmenge in  $\text{g}/\text{m}^3$ ,
- die **relative Luftfeuchtigkeit**  $f_r$  = das Verhältnis der in der Luft enthaltenen Wasserdampfmenge zur möglichen Höchstmenge in %:
- den **Taupunkt** = Sättigungspunkt der Luft = 100 % der relativen Luftfeuchtigkeit.

#### Beispiel

Bei einer Temperatur von 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit ist das  $u_{\text{gl}}$  des Holzes = 12 %

Fassen wir diese Erkenntnisse zusammen:

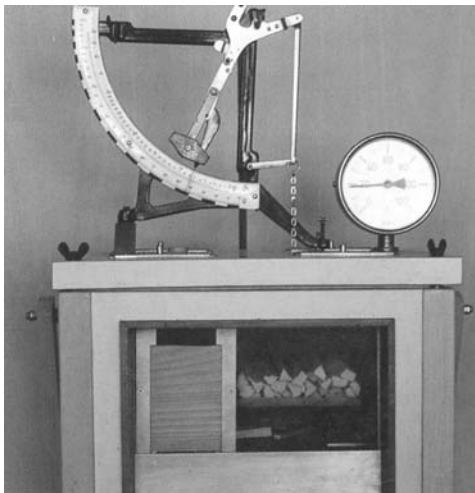
Die relative Luftfeuchtigkeit gibt an, ob die Luft trocken (weniger als 50 %  $f_r$ ), mittelfeucht (etwa 60 %  $f_r$ ) oder sehr feucht ist (80 bis 90 %  $f_r$ ).

Erhöht sich die Lufttemperatur, sinkt die relative Luftfeuchtigkeit. Sinkt sie, steigt die relative Luftfeuchtigkeit.

Je trockener die Luft ist, desto schneller trocknet das Holz. Bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit trocknet Holz in warmer Luft schneller als in kalter.

**Ermitteln der Holzfeuchtigkeit.** Holz wird durch Wasseraufnahme nicht nur schwerer und anfälliger gegen zerstörende Pilze, sondern ändert durch Quellen bzw. Schwinden auch sein Volumen. Dies erschwert die Maßhaltigkeit von Holzkonstruktionen. Die Holzfeuchtigkeit ist darum für die Verarbeitung von großer Bedeutung und muss genau ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe des Darrverfahrens oder des elektrischen Messverfahrens.

Die Darrprobe ist am genauesten. Man wiegt die feuchte Holzprobe (Nassgewicht  $m_u$ ) und trocknet sie dann im Darrofen bei  $103 \pm 2 \text{ °C}$  so lange, bis die Feuchtigkeit restlos verdampft ist (3.53). Durch erneutes Wiegen erhält man das Trocken- oder Darrgewicht  $m_t$  und setzt die Werte in die folgende Formel ein:



**Bild 3.53** Darrofen mit Waage

#### Holzfeuchtigkeit

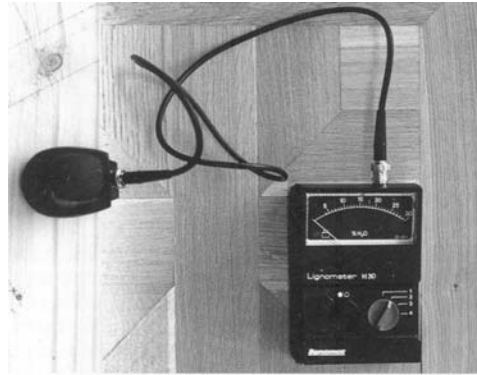
$$= \frac{(\text{Nassgewicht} - \text{Darrgewicht}) \cdot 100 \%}{\text{Darrgewicht}}$$

$$u = \frac{m_u - m_t}{m_t} \cdot 100 \%$$

#### Beispiel

Eine Darrprobe wiegt nass 100 g, trocken 80 g. Der Feuchtigkeitsgrad in % des Darrgewichts beträgt

$$u = \frac{m_u - m_t}{m_t} \cdot 100 \% = \frac{100 \text{ g} - 80 \text{ g}}{80 \text{ g}} \cdot 100 \% \\ = \frac{2000}{80} = 25 \%$$



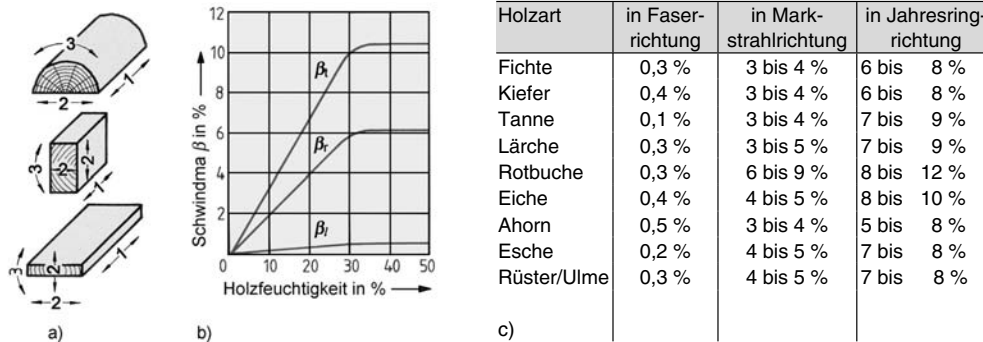
**Bild 3.54** Elektrisches Holzfeuchte-Messgerät

**Das elektrische Schnellmessverfahren** beruht auf dem Zusammenhang zwischen der Holzfeuchte und dem elektrischen Widerstand des Holzes (s. Abschn. 3.3.4). Der Strom fließt zwischen den Elektroden (die in die Probe eingedrückt werden) durch das feuchte Holz. Das Messergebnis in % ist sofort ablesbar (3.54). Für Messungen oberhalb des Fasersättigungsbereichs sind elektrische Geräte nur bedingt zu verwenden.

**Die digitale Feuchtemessung** (mit Mikroprozessor) ist genauer. Das Gerät hat eine größere Bandbreite für Holzarten und druckt die Werte wahlweise in Blockform und mit Standardabweichungen aus.

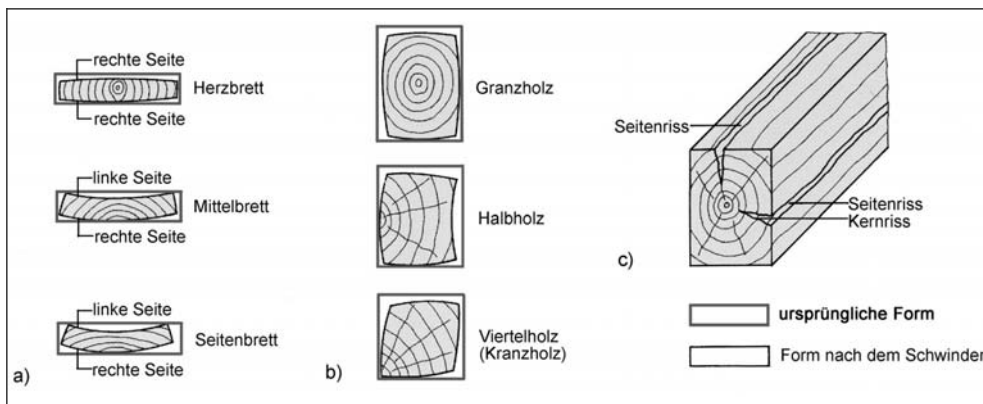
**Die Schwind- und Quellmaße** sind abhängig vom Maß der Feuchtigkeitsabgabe bzw. -aufnahme, von der Art und Rohdichte des Holzes sowie von der Richtung der Volumenänderung. Dabei gibt das Quellmaß die Änderung in % bezogen auf den trockenen Zustand, das Schwindmaß dagegen die Änderung in % bezogen auf den nassen Zustand an. In der Praxis setzt man folgende Näherungswerte für den Schwund ein:

- in Richtung der Fasern (längs = axial oder longitudinal) 0,1 bis 0,3 %,
- in Richtung der Markstrahlen (radial oder senkrecht zur Faser) etwa 5 %,
- in Richtung der Jahresringe (tangential oder quer zur Faser) etwa 10 %.



3

**Bild 3.55** Schwinden und Quellen des Holzes  
 a) Schwind- und Quellrichtungen an typischen Querschnitten,  
 b) Schwindmaß dieser Richtungen (Rotbuche),  
 c) Schwindmaße ausgewählter Hölzer (Mittelwerte)  
 1 Faserrichtung ( $\beta_f$  = axial)  
 2 Markstrahlrichtung ( $\beta_r$  = radial)  
 3 Jahresringrichtung ( $\beta_j$  = tangential)



**Bild 3.56** Typische Verformungen von Schnittholz-Querschnitten durch Schwinden  
 a) Werfen an Brettern und Bohlen,  
 b) Verformung von Kanthölzern,  
 c) Risse an einem Ganzholz-Querschnitt

Dass diese Angaben nur mit Vorbehalt zu gebrauchen sind, zeigt die Tabelle 3.55.

Je größer die Rohdichte, desto stärker arbeitet das Holz in den drei möglichen Richtungen (axial, radial, tangential).

Alle drei Verformungen treten zusammen auf und überlagern sich. Durch das Schwinden kommt es zum Werfen von Brettern und Bohlen, Verformen von Kanthölzern und zu Rissen

(3.56), die die Maßhaltigkeit von Holzkonstruktionen stark beeinträchtigen. Darum muss das Holz durch Trocknung in einen Zustand gebracht werden, der annähernd dem Klima des vorgesehenen Einsatzorts entspricht. Für Bauholz müssen die in Tabelle 3.57 angegebenen genormten Werte erreicht werden.

Sorgfältige Auswahl und sachgerechtes Verarbeiten der Hölzer sind weitere Maßnahmen gegen die Verformung (3.58).

**Tabelle 3.57** Feuchtigkeitsgehalt von Bauholz

DIN 18355 (VOB)	Bauholz	u in %
Tischlerarbeiten	Holz für Bauteile an der Außenluft Holz für Bauteile in Räumen	12 bis 15
im Einzelnen	Fenster und Außentüren, Parkett, Tafelungen	8 bis 12
	– in Räumen mit Ofenheizung	10 bis 12
	– in dauerbeheizten Räumen	7 bis 10
	Furniere, Spanplatten, Schichtholz	6 bis 8

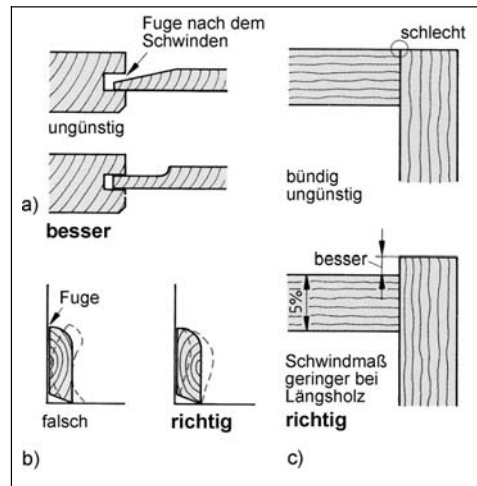
VOB = Verdingungsordnung für Bauleistungen

#### Holzauswahl

- Hölzer mit geringem Schwindverhalten und gutem Stehvermögen oder stehenden Jahresringen verwenden,
- Hölzer mit Wuchsfehlern, Ästen und Harzeinschlüssen aussortieren.

#### Holzverarbeitung

- Vollholzflächen in der Breite verleimen (Kern an Kern, Splint auf Splint), bei Blindholzflächen außerdem die Bretter stürzen,
- bei Dickenverleimung auf gleiche Dicken der Bretter achten und linke Vollholzseiten aneinanderfügen,
- Sockelleisten, Türfutter, Bekleidungen und andere Vollholzteile mit der rechten Seite nach außen anbringen.



**Bild 3.58** Maßnahmen, die das Arbeiten des Holzes einschränken  
a) eingnutete Füllung,  
b) Sockelleiste (Fußsockel),  
c) richtige Eckverbindungen

### 3.4 Trocknung, Lagerung und Pflege des Holzes

#### Arbeitsauftrag Nr. 10 Lernfeld LF 1.10

- Sie haben die Möglichkeit bei der Planung eines Holzlagerplatzes für die natürliche Holztrocknung mitzuwirken.

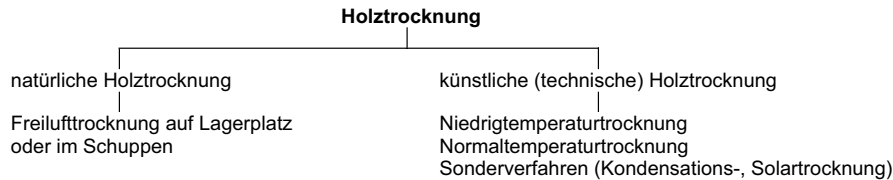
Erstellen Sie eine konkrete Planung für die Umsetzung dieses Bauvorhabens.

Folgende Fragen des verantwortlichen Bauleiters müssen in die Planung mit einfließen :

1. Warum fällt man Bäume möglichst im Winter?
2. Welche Vor- und Nachteile hat die Freilufttrocknung?
3. Was müssen Sie beim Anlegen eines Trockenplatzes berücksichtigen?
4. Wozu dienen Stapelleisten? Wie werden sie verwendet?
5. Welche Forderungen muss ein Holzstapel erfüllen?
6. Wie schützen Sie die Hirnholzflächen des Schnittholzes gegen Reißen?
7. Wozu braucht man Sperreinlagen beim Stapelunterbau?
8. Welchen Abstand zum Boden muss der Stapelunterbau haben? Warum?

Holz darf bei der Verarbeitung eine bestimmte Holzfeuchtigkeit nicht überschreiten. Es muss daher vor dem Verarbeiten getrocknet werden. Die Trocknung beginnt schon nach dem Fällen und beim Lagern. Der gefällte Baum wird an

den Waldweg „gerückt“ und „ausgeformt“ (s. Abschn. 3.7.1), bevor er zu den Lagerplätzen des Handels bzw. der Sägewerke transportiert wird. Zum Trocknen des Holzes gibt es natürliche und technische Verfahren.



### 3.4.1 Natürliche Trocknung

Die Freilufttrocknung im Wald, auf dem Trockenplatz oder im Trockenschuppen des Holzhändlers oder Tischlers nutzt die natürlichen Bedingungen: Lufttemperatur, Luftfeuchte und dauert je nach Holzart Monate bis Jahre.

Auch unter günstigsten Bedingungen kann das Holz in unseren Breiten auf natürliche Weise nur lufttrocknen ( $u = 15$  bis  $20\%$ ) und darum lediglich für bestimmte Zwecke im Außenbau verwendet werden. Für den Innenausbau muss das Holz zusätzlich getrocknet werden.

#### Vorteile der Freilufttrocknung

- keine Energiekosten
- keine Trocknungsanlagen
- Lagerhaltung (Bevorratung) bevorzugter Holzarten
- langsamer Trockenvorgang

#### Nachteile der Freilufttrocknung

- Zufälligkeiten der Witterung
- Qualitätsminderungen durch lange Lagerung (Risse, Verwerfungen, Verfärbungen)
- lange Lagerzeit begünstigt tierische und pflanzliche Schädlinge sowie Feuergefahr
- lange Lagerzeiten, große Lagerbestände, langfristig gebundenes Kapital
- Trocknung begrenzt auf 15 bis 20 % Holzfeuchte
- großer Lagerflächenbedarf

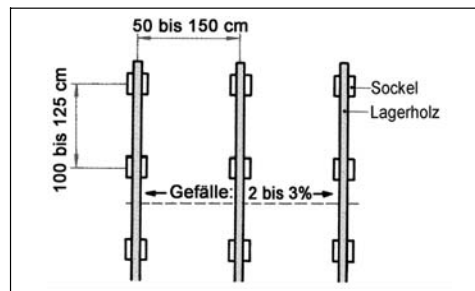
**Lagerplatz.** Trotz überwiegender Nachteile wird die Freilufttrocknung auch künftig eine Rolle spielen. Um befriedigende Ergebnisse zu erzielen, ist eine fachgerechte Lagerung auf gut vorbereiteten Lagerplätzen nötig. Der Lager- oder Trockenplatz soll

- frei und luftig gelegen sein,
- durch geringes Gefälle oder künstliche Entwässerung trockenen Untergrund haben,
- keinen Gras- und Unkrautbewuchs haben, sondern möglichst eine Schotterauflage oder aber betonierte Flächen,
- feuerpolizeilichen Vorschriften genügen.

**Der Stapelunterbau** ist besonders wichtig (3.59).

Beim Stapelunterbau ist zu beachten

- Lagerhölzer stets auf Sockel, möglichst aus Beton oder Mauerwerk legen,



**Bild 3.59** Stapelunterbau

- Abstand vom Boden zur Durchlüftung mindestens 40 cm
- durch Sperreinlagen (Bitumenpappe oder Folie) zwischen Sockel und Lagerholz das Eindringen von Bodenfeuchtigkeit verhindern.

**Stapel.** Zum Trocknen von frischen Schnitt-hölzern und wertvollen empfindlichen Holzarten eignen sich der Kastenstapel und Blockstapel (3.60). Im Blockstapel wird das unbesäumte Holz in seiner Stammlage aufgeschichtet. Außerdem gibt es besondere Stapelarten. Für alle gilt:

- Anlage möglichst quer zur Windrichtung,
- Blockstapel höchstens 3 m, Kastenstapel bis 4 m hoch,
- obere Holzlage gegen direkte Sonneneinstrahlung und Regenwasser abdecken,
- Hirnholzflächen durch Anstrich, Metallbänder, Schutzleisten oder überstehende Stapelleisten vor Austrocknen und Reißen schützen,
- empfindliche Hölzer wie Ahorn, Esche, Eiche, Rotbuche, Kiefer und Linde überdachen oder in Schuppen trocknen.

**Stapelleisten** zwischen den Holzlagen ermöglichen eine gute Durchlüftung des Schnittholzes. Zu beachten ist bei Stapelleisten:

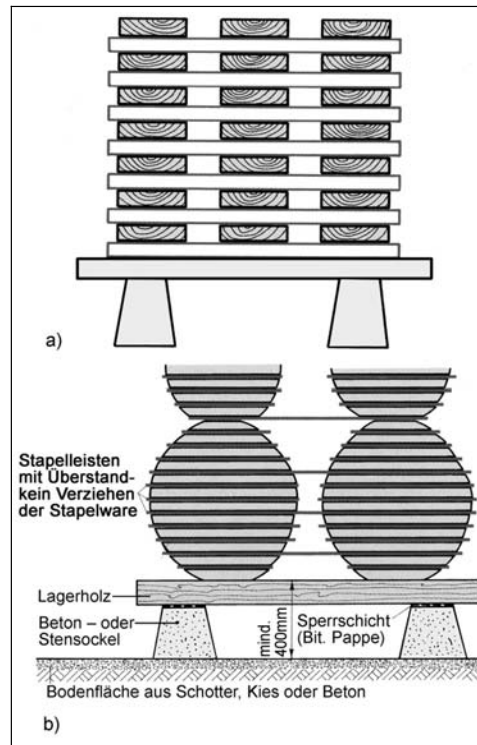
- im Stapel etwa gleiche, quadratische Leisten verwenden (Querschnitt i. M. 20/20 mm),
- Leisten übereinander anordnen, an den Stirnflächen bündig oder leicht vorstehen lassen,
- das Schnittholz muss in der ganzen Breite aufliegen, sonst drohen Verwerfungen,
- der Leistenabstand hängt von der Stapelgutdicke ab (Brettware 50 bis 100 cm, Bohlen max. 150 cm),
- Fichtenholzleisten sind geeignet, weil sich Fichte gut mit anderen Hölzern verträgt (keine Verfärbung).

#### Freilufttrocknung

- langsam und spannungsarm,  $u = 15$  bis  $20\%$ , Gefahr der Qualitätsminderung bei unsachgemäßer Lagerung,
- besondere Anforderungen an Stapelplatz und Stapel.

Rundholz wird vielfach auch im Wasser gelagert. So verhindert man Pilz- und Insektenbefall; das

Holz reißt, „stockt“ und „verblaut“ nicht, die Holzfasern werden geschmeidig und lässt sich dadurch besser bearbeiten.



**Bild 3.60** Stapel a) Kastenstapel, b) Blockstapel

### 3.4.2 Künstliche (technische) Trocknung

#### Arbeitsauftrag Nr. 11 Lernfeld LF 1.10

- Neben der natürlichen Holztrocknung gibt es die künstliche (technische) Holztrocknung. Lesen Sie den Text des gesamten Kapitels und beantworten Sie die folgenden Fragen. Bitte ergänzen Sie Ihren Lernkarteiordner!
1. Welche Vorteile bietet die technische Holztrocknung ?
  2. Worauf sind Innenrisse zurückzuführen, und wie lassen sie sich vermeiden?
  3. Was bedeutet der Begriff Zellkollaps? Wie kommt es dazu?
  4. Wodurch wird Schnittholz windschief?
  5. Worauf sind innere Verfärbungen zurückzuführen?
  6. Welche Folgen hat Harzfluss?

Die technische Holz­trocknung ermöglicht es, Temperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit zu steuern. So gelingt es, das Holz in kurzer Zeit (wenige Stunden oder Tage) ohne Qualitätsminderung auf jeden gewünschten Trockenheitsgrad zu bringen. Dabei werden zugleich tierische und pflanzliche Schädlinge abgetötet, Trockenplätze und damit Kosten gespart. Höchste Wirtschaftlichkeit bei der Kammertrocknung erreicht man mit dem Grundsatz „gleiche Holzart – gleiche Holzdicke – gleiche Zuschnittform – gleiche Anfangsfeuchtigkeit“. Trocknungstabellen weisen für die einzelnen Holzarten die entsprechenden Trocknungseigenschaften aus.

**Bei der Niedrigtemperaturtrocknung** erzeugt man in der Trockenkammer künstlich ein Schönwetterklima. Bei 35 °C, einem eingestellten Holzfeuchtegleichgewicht  $u_g = 12$  bis 14 % und der entsprechenden relativen Luftfeuchtigkeit  $f_r = 68$  bis 76 % erreicht das Holz rasch eine Holzfeuchte von etwa 20 %, bevor es fertig getrocknet wird.

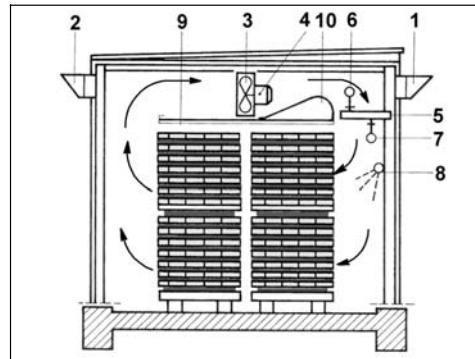
**Die Normaltemperaturtrocknung** ist das übliche Kammerverfahren. Bei 45 bis 90 °C (oder mehr) und starker Luftumwälzung erreicht das Trockengut schon nach kurzer Zeit die gewünschte Endfeuchte (3.61).

**Der Trocknungsablauf** hat fünf Stufen. Die Kammer wird unter Feuchtigkeitszugabe (gegen frühzeitiges Trocknen) auf die nötige Temperatur aufgeheizt. Mittels Durchwärmen (1 Stunde je cm Holzdicke) schafft man in allen Querschnittsbereichen des Holzes eine gleichmäßige Temperatur, bevor man es (um Trockenschäden zu vermeiden) schrittweise trocknet. Feuchteunterschiede nach dem Trocknen werden durch Konditionieren unter Feuchtigkeitszugabe ausgeglichen (2 Stunden je cm Holzdicke). Schließlich kühlt das trockene Holz langsam in der Kammer ab.

**Bei der Kondensationstrocknung** saugt man die durch Wasserabgabe des Holzes angefeuchtete Kammerluft ab und entzieht ihr die Wärme. Das kondensierende Wasser wird abgeleitet, die entfeuchtete Luft mit der gewonnenen Wärme erneut in den Kreislauf gegeben, bis das Holz die gewünschte Holzfeuchte erreicht hat. Durch die Wärmerückgewinnung spart man bei diesem Verfahren Energie.

**Die Solartrocknung** steckt noch in der Entwicklung. Sie nutzt die Sonnenenergie und braucht Öl und Gas nur noch zum Antrieb der

Ventilatoren. So trocknet man mit Niedrigtemperatur das Holz etwa doppelt so schnell wie durch Freilufttrocknung und erzielt im Sommer eine Holzfeuchtigkeit von 7 bis 9 %. Für den Winter muss die Anlage allerdings mit konventioneller Heizung ausgerüstet werden.



**Bild 3.61** Hochleistungstrockner

1 Frischluftklappe	6 Heizmedium-Vorlauf
2 Abluftklappe	7 Heizmedium-Rücklauf
3 Axial-Ventilator	8 Sprühleitung
4 Motor	9 Zwischendecke
5 Heizregister	10 Luftumlenkbogen

#### Technische (künstliche) Trocknung

- in nur wenigen Stunden oder Tagen ohne Qualitätsminderung auf jede gewünschte Holzfeuchtigkeit,
- tötet Schädlinge, spart Lagerplätze und Kosten.

### 3.4.3 Trocknungsschäden

Auch beim Einhalten aller gebotenen Vorichtsmaßnahmen sind weder bei der natürlichen noch bei der künstlichen Holz­trocknung Schäden und damit Wertminderungen auszuschließen. Holz ist schließlich ein organischer Werkstoff mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen und Wuchsfehlern, der zudem in drei Richtungen schwindet oder quillt. Zu den möglichen Trocknungsschäden gehören Verschalung, Zellkollaps, Formänderungen, Verfärbungen und Harzausfluss.

**Die Verschalung** entsteht beim Holz­trocknen, wenn die äußeren Bereiche sehr schnell trock-



nen und im inneren Querschnittsbereich noch viel Feuchtigkeit vorhanden ist. Das Feuchtegefälle führt zu Spannungen im Holz und damit häufig zu Rissen und Formänderungen. *Oberflächenrisse* sind die Folge der Verschalung oder zu starker Sonneneinstrahlung im Freien, *Innenrisse* entstehen durch zu hohe Temperatur bei niedriger Luftfeuchtigkeit. Innenrisse sind kaum zu beseitigen und entwerten das Holz meist völlig. Schwere Laubhölzer wie Eiche und Buche sind besonders gefährdet.

**Zellkollaps.** Wenn nasses (grünes, also noch mit freiem Wasser angereichertes) Holz bei mehr als 60 °C zu schnell trocknet, entsteht bei Eiche, Rotbuche und anderen Hölzern Zugspannungen, die den Holzquerschnitt sichtbar verformen. Dieses „Zusammenfallen“ der Holzzellen (unregelmäßiger Schwund) nennt man Zellkollaps oder Zelleinbruch. Es tritt in der Regel nur im Kernholz auf. Durch starkes Dämpfen in der Trockenkammer kann man bei rechtzeitigem Erkennen den Schaden abwenden. Auch Innenrisse können eine Folge von Zellkollaps sein.

**Formänderungen** beim Trocknen entstehen vorwiegend durch Holz- oder Wuchsfehler im Holz, unterschiedliches Schwundverhalten in den verschiedenen Richtungen (Anisotropie) und Fehler beim Trocknen. Drehwüchsiges Holz wird windschief, unterschiedlicher Schwund verursacht Werfen oder Schüsseln (Hohlwerden), falsche Lagerung oder Stapelung führt zum Verbiegen der Bretter.

**Verfärbungen** an der Oberfläche infolge Sprühdampf, Kondenswasser oder Oxidation mit Metall sind weniger gefährlich als Flecken im Holzzinnern. Da sie oft sehr tief ins Holz eindringen, mindern sie aber meist erheblich den Holzwert. Innere Verfärbungen sind oft auf zu hohe Luftfeuchte zurückzuführen. Durch niedrige Temperaturen oberhalb des Fasersättigungsbereichs lassen sie sich weitgehend vermeiden. Tabelle 3.62 gibt einige Beispiele von Verfärbungen.

**Tabelle 3.62** Verfärbungen durch Trocknung

Temperatur	Holzart	Verfärbung
30 bis 40 °C	Eiche waldfrisch	braun bis grau- fleckig, unregel- mäßige Strei- fenbildung
über 60 °C	Ahorn, Buche Birke, Linde Palisander Rüster Kirschbaum, Birnbäum	rötlich gräulich gefleckt lila rot  braun
über 90°C	Nadelhölzer	gelb bis braun

**Harzfluss** tritt bei Temperaturen über 60 °C auf. Obwohl es sich nicht um einen eigentlichen Schaden handelt, ist die Be- und Verarbeitung verharzter Holzteile mit Schwierigkeiten verbunden.

#### Trocknungsschäden

- Verschalung → Risse
- Zellkollaps → Verformungen
- Formänderungen → Windschiefe, Werfen, Schüsseln
- Verfärbung und Harzfluss

## 3.5 Holzarten und ihre Bestimmung

### Arbeitsauftrag Nr. 12 Lernfeld LF 1

- Als Tischler/Schreiner ist es von Bedeutung die wichtigsten europäischen und außereuropäischen Hölzer zu kennen. Wählen Sie aus der Tabelle 3.63 Ihren Wunschbaum aus. Üben Sie sich in einer Freihandskizze und ergänzen Sie Ihre Darstellung nach Vorgabe der Tabelle. Für die Darstellung der Außereuropäischen Hölzer wählen sie drei Arten aus (Blattgröße frei wählbar).
- Erstellen Sie eine Wandzeitung nach Tabelle 3.64. Vervollständigen Sie die Wandzeitung durch Photos, Furniere und Holzproben. Nutzen Sie das Internet. Zielsetzung der Aufgabe ist es, eine möglichst umfangreiche Dokumentation im Klassenverband zu erstellen. Die Einbeziehung von Realien fördert die Anschaulichkeit.

### 3.5.1 Holzarten

Neben unseren gebräuchlichen heimischen Holzarten werden im Holzverarbeitenden Handwerk und der Industrie viele Hölzer aus anderen europäischen Ländern und aus Übersee verarbeitet. Die Unterscheidung in Laub- und Nadelhölzer ist für den Einsatz des Holzes nicht ausschlaggebend, sondern dient mehr der Übersicht.

Die folgende Auswahl der Nutzhölzer gibt: einen Überblick über Vorkommen, Unterscheidungsmerkmale, Eigenschaften und Ver-

wendungsmöglichkeiten (Tab. 3.63 und 3.64). Die Angaben über die Rohdichte  $\rho_R$  beziehen sich auf eine Holzfeuchte von 12 bis 15 % und wurden für einen großen Teil der Holzarten eigens ermittelt. Geringe Abweichungen zu Angaben in vergleichbarer Fachliteratur sind daher leicht möglich. Die im Handel gebräuchlichen Kurzbezeichnungen sind nach DIN 4070 genormt.

Für die Verwendung sind die Eigenschaften des Holzes maßgebend, doch spielen auch Aussehen und Preis eine wichtige Rolle.

**Tabelle 3.63** Wichtige europäische Hölzer (Rohdichte  $\rho_R$  in  $\text{g/cm}^3$  bei 12 bis 15 % HF)




	Arten und Merkmale	Eigenschaften	Verwendung
<b>Nadelhölzer NH</b>			
Douglasie DGA 	Douglastanne, -fichte, Oregon Pine, aus Amerika kultiviert; bis 90 m hoch, pyramidenförmig ähnlich Fichte; gerade abstehende Äste; wächst rasch Rinde glatt, dünn und grün, im Alter sehr dick, borkig, rotbraun bis schwarz; Nadeln dunkelgrün mit 2 Längsstreifen auf der Unterseite; hellbraune, hängende Zapfen mit breiten Deckschuppen	$\rho_R = 0,50$ ; Kernholzbaum; Kern bräunlichrötlich, nachdunkelnd; Splint weiß bis hellgelb; Spätholz dunkler und scharf abgegrenzt; harzhaltig fest und hart, mittelschwer, wenig Schwund; sehr gut zu bearbeiten	Bauholz für innen und außen, Möbel, Fußböden, Verkleidungen, Schiffs- und Wasserbau, Sperrholz
Fichte FI 	Etwa 40 Arten, Rotfichte (Rottanne) am bekanntesten; bis 50 m hoch, schlank, pyramidenförmig, im Bestand bis 20 m hoch astfrei Rinde dünn, bräunlichrötlich, im Alter abblätternd; Nadeln rings um den Zweig, immergrün, vierkantig und spitz; hängende, dunkelbraune Zapfen	$\rho_R = 0,47$ ; Reifholzbaum; fastweißes Holz, Spätholz rötlichgelb und scharf abgegrenzt; viele Harzkanäle weich, fest, elastisch, leicht, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, zu schnitzen und zudreheln; mäßig witterungsbeständig, anfällig gegen Pilze (Bläue) und Insekten	Dachkonstruktionen, Innenausbau, Verkleidungen, Dielen, Zäune, Schäl furnier, Papier, feijnährig für Musikinstrumente Grundstoff für Kolophonium und Pech
Kiefer KI 	Etwa 80 Arten, Föhre bedeckt fast $\frac{1}{3}$ unserer Waldfläche; bis 40 m hoch, unregelmäßige Krone, sehr krumme Äste, hoch astfrei Rinde stark borkig, dick, unten rissig, rot- bis graubraun; Nadeln lang, paarweise und immergrün (blaugrün); Zapfen kegelförmig, gedrungene, dunkelbraun	$\rho_R = 0,50$ ; Kernholzbaum; Kern gelb bis braun, nachdunkelnd, Splint weißlich; Spätholz dunkler, deutlich abgegrenzt; viele Harzkanäle weich, fest, elastisch, mäßigschwer, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, aber sehr harzhaltig (schlecht zu beizen); mäßig witterungsbeständig, anfällig gegen Bläue und Insekten	viel für Außenarbeit (Fenster, Türen), aber auch Innenausbau, Fußböden, Sperrholz, Furnier Grundstoff für Kolophonium, Pech und Terpentin

Tabelle 3.63 Fortsetzung


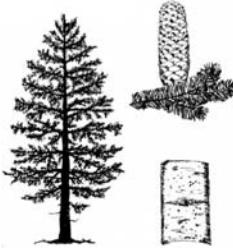
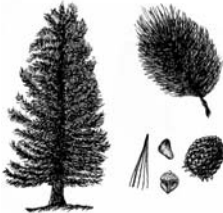
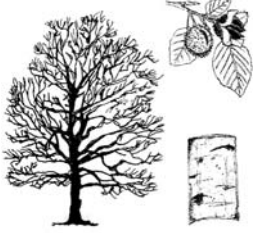
	Arten und Merkmale	Eigenschaften	Verwendung
<b>Nadelhölzer NH</b>			
Lärche LA 	Etwa 10 Arten, Europäische L. am bekanntesten; bis 30 m hoch, schlank, stämmig; gerade Äste und dünne, hängende Zweige Rinde stark korkig, dick, bräunlich-rötlich; Nadeln in Büscheln, weich und geschmeidig, fallen im Herbst ab; Zapfen aufrecht, eiförmig, hellbraun, abgestorben schwarz	$\rho_R = 0,60$ ; Kernholzbaum; Kern rötlichbraun, nachdunkelnd; Splint schmal und gelblich; Spätholz dunkler, scharf abgegrenzt; viele Harzkanäle fest und zäh, dauerhaft und wetterbeständig, mäßig schwer, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, neigt aber zum Splittieren; dauerhaft unter Wasser Borke unterhalb der äußeren Schichten deutlich lila gefärbt	gutes Bauholz für innen und außen, Fenster, Türen, Außenverkleidungen, Möbel, Schiffs- und Wasserbau, Messerfurnier
Tanne Ta 	Etwa 30 Arten, Weißtanne (Silbertanne); bis 65 m hoch, schlank, kegelförmig mit abgerundetem Wipfel, im Bestand sehr hoch astfrei; Äste dünn, gerade abstehend Rinde grau und glatt, im Alter Risse und Beulen; Nadeln zweireihig, flach, immergrün (oben dunkel, unten hell); Zapfen aufrecht, erst grün, später rötlich	$\rho_R = 0,46$ ; Reifholzbaum; weiß bis rötlichgelb, Spätholz scharf abgegrenzt; keine Harzkanäle weich, zäh, elastisch, leicht, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, leichter zu beizen und zu imprägnieren als die harzige Fichte; mäßig witterungsbeständig, anfällig gegen Bläue und Insekten im Splintholzgebiet	Bau- und Werkholz, Papier, Kunsthandwerk, Instrumentenbau (Resonanzholz), Verbretungen, Schiffsbau
Zirbelkiefer KIZ Sibirische Zeder, Arve 	wächst vorwiegend im rauen Gebirgsklima; bis 20 m hoch Rinde glatt und silbergrau, später graubraun und rissig; Nadeln zu fünf, 5 bis 8 cm lang, unten bläulich; Zapfen rund bis eiförmig, Reifezeit 3 Jahre; Frucht der Arve (Nüsschen) essbar	$\rho_R = 0,40$ ; Kernholzbaum; Kern rötlichbraun, stark nachdunkelnd; Splint gelblich; viele dunkle Harzkanäle, Jahresringe eng weich, ziemlich leicht und feinfaserig, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, zu schnitzen und zu drechseln, schlecht zu beizen und zu imprägnieren (Harzgehalt) viele feste, dunkle (schwarze) Äste	Möbel, Schnitzarbeiten, Modellbau, Furnier, Bauholz schönes, astreiches Holz für Decken und Wandverkleidungen
<b>Laubhölzer LH</b>			
Buche, Rotbuche 	unser häufigster Laubbaum, bis 40 m hoch, im Bestand vollholzig, bis 20 m astfrei Rinde glatt und grau mit vielen Astnarben (Chinesenbärte); Blatt eiförmig, grün, glänzend, seidig behaart; Blüten einhäusig; Frucht ölhaltige Bucheckern	$\rho_R = 0,66$ ; Reifholzbaum; zerstreutporig, schlicht, rötlichhell, gedämpft rötlichbraun; braune, glänzende Markstrahlen (tangential sichtbar als kurze braune Striche, radial als Spiegel); oft „falscher Kern“ (Rotkern) fest, hart und zäh, stark schwindend, mittelschwer, gedämpft gut biegefähig, Rissneigung durch Dämpfen gemindert; gut zu bearbeiten, zu beizen und zu polieren; anfällig gegen Feuchte, Insekten und Pilze, verstockt leicht	Schul- und Büromöbel, Treppen, Parkett, Werkzeugbau, Schäl furnier für Holzwerkstoffe, Holzkohle, Zellstoff, getränkt für Schwellen

Tabelle 3.63 Fortsetzung

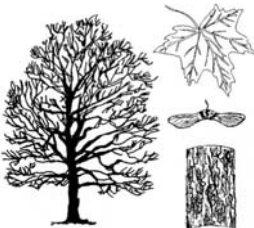



	Arten und Merkmale	Eigenschaften	Verwendung
<b>Laubhölzer NH</b>			
Ahorn Ah 	Spitz-, Feld-, Silber-, Zucker-, <b>Bergahorn</b> (Vogel-Augenahorn); bis 30 m hoch, stattlich Rinde glatt, graubraun, im Alter abblätternd; Blatt einfach, langgestielt, lappig und gefingert; Blüten traubenförmig, ein- oder zweihäusig; doppelte Flügel Frucht, in der Mitte der Samen (Nüsschen)	$\rho_R = 0,61$ ; Berg- und Spitz-A. Splintholzbaume, Feld-A. Reifholzbaum; weiß bis rötlich-weiß, glänzend, feinporig, zerstreut sehr fest, mäßig hart, zäh, wenig Schwund, Rissneigung; sehr gut zu bearbeiten, zudrechseln, zu biegen, zu beizen und zu färben; nicht witterungsfest, anfällig gegen Pilze und Insekten	Berg- und Spitz-A. für Möbel und Innenausbau, Sportartikel, Musikinstrumente, Haushaltsgeräte, wertvolles Furnierholz Riegel-A. mit wellig, wimrig verlaufenden Fasern
Eiche EI 	<b>Stiel- oder Sommereiche</b> , Stein-, Trauben- oder Winterliche, Rot-, Weiß-, Korkeiche; unser mächtigster und wertvollster LB; Alter oft bis 500, manchmal bis 1 000 Jahre, Nutzholzreife 200 Jahre im Bestand schlanker, astreiner Stamm, im Freiland knorriger Stamm mit breiter Krone Rinde stark korkig; Blatt einfach, lappig oder keilförmig gezahnt; Blüten einhäusig; Frucht Eicheln	$\rho_R = 0,70$ ; Kernholzbaum; ringporig (Poren im Querschnitt als Löcher längs als ritzartige Vertiefungen sichtbar); helle Markstrahlen (im Längsschnitt als Spiegel, im Hirnholz als radiale Linien sichtbar), Kern bräunlich, Splint gelblichweiß; stark gerbsäurehaltig fest, hart, dauerhaft, schwer, mäßiger Schwund; gut zu bearbeiten, zu drechseln und zu biegen; Splint sehr anfällig gegen Schädlinge und nicht wetterfest, daher als Nutzholz nur begrenzt tauglich	Bauholz, Innenausbau, Möbel, Fenster, Türen, Parkett, Holzpflaster, Sperrholz, Furnier Mooreiche (dunkel bis schwarz) für wertvolle Möbel und Innenausbau Brücken- und Wasserbau
Esche ES 	<b>Gemeine Esche</b> , Ungarische Esche; bis 40 m hoch, schlank, astfrei Rinde dick, leicht korkig; Blatt bis zu 15 Fiederblätter am Stiel; Flügel Frucht mit länglichem Samen (Nüsse)	$\rho_R = 0,62$ ; Kernholzbaum, ringporig; Kern hellbraun, dunkelt nach; Splint breit und weißlich fest, hart, besonders zäh und elastisch, schwer, langfaserig, starker Schwund, Rissneigung; gut zu bearbeiten, zudrechseln und zu biegen, schwer zu beizen; wenig witterungsbeständig, anfällig gegen tierische Schädlinge	Möbel- und Innenausbau, Turn und Sportgeräte, Werkzeugstiele und -hefte Hobel, Holzhammer wegen dekorativer Fladerung beliebtes Furnierholz
Ulmer, Rüster RU 	Berg-, Flatter-, <b>Feldulme</b> ; bis 30 m hoch und 400 Jahre alt, im Bestand astfrei Rinde dick und rissig (gefurcht), im Alter dunkelbraun; Blatt einfach, meist doppelt gesägt mit schiefem, ungleichem Rand; Blütenzwittrig mit dünnem, glockenförmigem Kelch; Flügel Fruchtlänglich oder abgerundet	$\rho_R = 0,65$ ; Kernreifholzbaum, ringporig; Kern schokoladenbraun, Splint schmal, gelblichweiß; Reifholz mit grünlichen Streifen fest, hart, mäßig schwer, wenig Schwund, schwer spaltbar; neigt zum Werfen und Reißen; gut zu nageln, schrauben, drechseln, biegen, beizen und polieren; nicht witterungsbeständig, anfällig gegen tierische Schädlinge	Möbel, Innenausbau, Treppen, Parkett, Sportgeräte, Modellbau, Furnier, Drechslerarbeiten

Tabelle 3.63 Fortsetzung



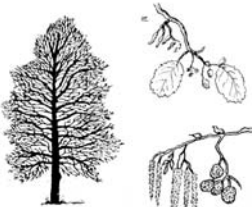





	Arten und Merkmale	Eigenschaften	Verwendung
<b>Laubhölzer NH</b>			
Birke BI 	Weißbirke, bis 100 Jahre alt, 20 m hoch Rinde braun, später weiß, im Alter korkig und schwarz; Blatt wechselständig, dreieckig klein, zugespitzt und doppelt gesägt; Kätzchen im Alter hängend, Flügelnüsschen, gelbbraun	$\rho_R = 0,65$ ; Splintholzbaum, zerstreutporig, weißlich bis blassrötlichgelb; Fasern oft wellig und unregelmäßig (geflammt) fest, hart, zäh und elastisch, geringer Schwund, Werf- und Rissneigung; gut zu bearbeiten, zu beizen und zu polieren; nicht witterungsbeständig, sehr pilz- und insektenanfällig	Stühle und Tische, Drechslerarbeiten, vor allem Sperrholz und Furnier (bes. wertvoll Maserbirke und geflammte Birke), ferner für Instrumente, Fässer, Haarwasser, Kaminholz
Birnbaum BB 	kleine Bäume bis 15 m Höhe und geringen Durchmesser Rinde graubraun und rissig; Blätter wechselständig, eibis herzförmig gesägt und lang gestielt; Kernfrüchte	$\rho_R = 0,72$ ; Reifholzbaum, zerstreutporig, blassgrau bis rötlichbraun; undeutliche Jahresringe, feine Spiegel, oft Markflecken, häufig geflammt fest, hart, oft spröde (Rissneigung), ziemlich schwer; gut zu bearbeiten, beiz- und polierbar; nicht witterungsbeständig, anfällig gegen Insekten	Möbel- und Innenausbau, Furniere (geflammte Furniere besonders wertvoll), daneben Werkzeuge, Drechsler- und Schnitzarbeiten, Musikinstrumente, Zeichengeräte
Erle ER 	Schwarz-, Rot-, Weiß-, Grünerle; bis 30 m hoch, gerader langer Stamm Rinde glatt und grünlichbraun, später schwarzbraun und rissig; Blatt einfach, wechselständig, rundlich und doppelt gezähnt; eiförmige, im Alter schwarze holzige Zapfchen, gestielt	$\rho_R = 0,55$ ; Splintholzbaum mitrötlichweißer bis oranger Färbung, nachdunkelnd; zerstreutporig, Jahresringe verschieden breit und undeutlich, oft Markfleckenleicht, weich und biegsam, mäßiger Schwund, leicht spaltbar, gutes Stehvermögen; gut zu bearbeiten, beiz- und polierbar; nicht witterungsfest	Möbel- und Stuhlbau, Musikinstrumente, Holzschuhe, Bleistifte, Schnitzarbeiten als Schäl furnier für Sperrholz, gefärbt als Imitationsholz für Ebenholz, Nussbaum u.a.
Hain-, Weißbuche HB 	Hagebuche, Hornbaum; geringe bis mittlere Größe (i.M. 20 m), selten im Reinbestand; Stamm oft krumm und spannrückig; langsam wachsend Rinde hellgrau, glatt und wellig; Blatt einfach, wechselständig und eiförmig, doppelt gesägt; einsamige Nüsschen, hartschalig, Fruchtkätzchen an einer Triebspitze	$\rho_R = 0,86$ ; Splintholzbaum, zerstreutporig; Kern und Splint gelblich- bis grauweiß; Jahresringe, Gefäße, Markstrahlen undeutlich oder kaum sichtbar fest, sehr hart, zäh, elastisch, schwer; neigt zum Schwinden, Werfen und Reißen; gut zu bearbeiten, aber schwer zu nageln, zu hobeln und zu sägen; gut beiz- und polierbar; pilzanfällig	stark beanspruchte Stühle, Parkett, ferner Furnier und Drechslerarbeiten, Turngeräte, Werkzeuge, Geräte Kaminholz mit großem Heizwert

Tabelle 3.63 Fortsetzung

	Arten und Merkmale	Eigenschaften	Verwendung
<b>Laubhölzer NH</b>			
Kirschbaum KB 	Süßkirsche, Traubenkirsche; kleiner Baum bis 25 m hoch Rinde glatt und graubraun, löst sich in Querbändern ringförmig ab; Blatt einfach, wechselständig, länglich-eiförmig mit doppelt gesägtem Rand; kugelige Steinfrucht	$\rho_R = 0,60$ ; Kernholzbaum, halb-ringporig mit rötlichweißem Splint und gelblichbraunem Kern; deutliche Jahresringgrenzen, Markstrahlen als glänzende Spiegel sichtbar mäßig hart, fest und schwer, feinfaserig und biegsam, schwindet wenig; gut zu bearbeiten, beiz- und polierbar; nicht witterungsfest, anfällig gegen Pilze und Insekten	Furnier oder Vollholz im Möbel- und Innenausbau dekoratives, oft geflammtes oder gestreiftes Furnier Schnitz- und Drechslerarbeiten, Musikinstrumente, Kunstgewerbe
Linde LI 	Winterlinde (Steinlinde), Sommerlinde (Frühlinde); bis 30 m hoch, im Freiland mit dichter Krone und dickem, kurzem Stamm Rinde glatt und grau, später längsrissig und graugrün; Blatt einfach, wechselständig, herzförmig mit gezähntem Rand; Winterlinde klein-, Sommerlinde großblättrig; kantige Nüsschen, einsamig	$\rho_R = 0,55$ ; Reifholzbaum, zerstreutporig mit weißlicher bis rötlichgelber Färbung, Jahresringe undeutlich, Markstrahlen gut sichtbar leicht, weich und zäh, schwindet wenig, trocknet schnell; gut zu bearbeiten, zu biegen und zu spalten; nicht dauerhaft, sehr anfällig gegen Pilz- und Insektenbefall	Holzwerkstoffe, Blindholz, Reißbretter, Schnittholz, Holzschuhe, Streichhölzer, Spielwaren, Instrumentenbau für Holzwohle und Zeichenkohle, Blüten als Teegetränk
Nussbaum NB 	Walnussbaum, französischer, italienischer oder amerikanischer Nussbaum (NBA); bis 30 m hoch, große reichbelaubte Krone Rinde glatt, hell, später tief längsrissig, braun; Blatt zusammengesetzt, wechselständig, langgestielt, länglicheiförmig; kugelige Steinfrucht, einsamig	$\rho_R = 0,65$ bis 0,75; Kernholzbaum, zerstreutporig; Splint hellgrau, Kern matt- bis dunkelbraun je nach Herkunft; Markstrahlen als Spiegel deutlich sichtbar; oft gestreift oder geriegelt mäßig hart, fest, zäh und biegsam, schwindet mäßig, sehr dauerhaft; gut zu bearbeiten, beiz- und polierbar	dekoratives Furnier- oder Vollholz für Möbel- und Innenausbau (bes. wertvoll Furnier aus Maserknölen oder Wurzelstöcken), Drechslerarbeiten, Musikinstrumente, Kunstgegenstände
Pappel PA 	Schwarz-, Silber-, Pyramiden-, Zitterpappel (Espe); bei günstigen Bedingungen bis 50 m hoch, vollholzig, wächst schnell Borke stark rissig, grau- bis schwarzbraun; Blatt einfach, wechselständig, langgestielt und bewimpert, nahezu dreieckig; kleine, nach der Reife aufspringende Kapseln	$\rho_R = 0,45$ bis 0,56; Kernholzbaum mit weißlichem Splint und hellbraunem bis graubraunem Kern; Jahresringe deutlich, Markstrahlen kaum sichtbar; Zitterpappel = Splintholzbaum leicht, sehr weich und poröse, gutes Stehvermögen, mäßiger Schwund; Kern weniger dauerhaft als Splint; nicht witterungsfest	Furnier (Maserfurnier der Schwarzpappel), Holzwerkstoffe, Blindholz, Reißbretter, Streichhölzer, Verpackungen, Kistenbau, Schnittholz, Papierholz

**Tabelle 3.64** Wichtige außereuropäische Holzer

Name und Kurzzeichen nach DIN 4076	Herkunft, Merkmale und Eigenschaften	Verwendung
<b>Nadelhölzer NH</b>		
Abachi ABA	Afrika, $\rho_R = 0,47$ ; weißgrau bis blassgelb; zerstreutporig, Markstrahlen als Spiegel sichtbar weich, fest, gutes Stehvermögen, geringer Schwund; gut zu bearbeiten; anfällig gegen Insekten	Absperr- und Blindfurnier, Verpackungen, Modell- und Instrumentenbau, Türfutter und -bekleidungen
Afromosia AFR	Afrika, $\rho_R = 0,76$ ; Kernholzbaum; Splint weißlich bis hellgrau, Kern gelblichbraun, nachdunkelnd; zerstreutporig dicht, fest, gutes Stehvermögen; korrosionsgefährdet	Innenausbau, Fenster, Parkett
Brasilkiefer, Parana Pine PAP (Brasilianische Arancarie)	Lateinamerika, $\rho_R = 0,55$ ; Kernholzbaum; Splint gelblichgrau, Kern gelblich bis hellbraun; seidiger Glanz, schlicht strukturiert mit kleinen dunklen Spiegeln dicht, mäßig fest, hart, geringes Stehvermögen, Schwund mäßig bis stark, keine Harzkanäle; gut zu bearbeiten, guter Anstrichträger; gering witterungsbeständig	Innenausbau, Fußböden, Schäl furnier für Sperrholz
Hemlock, Schierlingstanne HEL	Nordamerika, $\rho_R = 0,51$ ; Splint schmal, gelblich-grau, Kern kaum dunkler, nachdunkelnd bei Licht; deutliche Jahresringgrenzen feinjährig, weich, gutes Stehvermögen, mäßig schwindend, harzfrei; gut zu bearbeiten, zu beizen und zu lackieren; nicht witterungsfest	Innenausbau, besonders Saunabau, Blind- und Rahmenholz
Pitch Pine PIP	Nordamerika, $\rho_R = 0,71$ ; überwiegend Kernholz verschiedener Kiefernarten; gelblichbraun bis braun mittelschwer, fest, hart, ziemlich gutes Stehvermögen; gut zu bearbeiten; weitgehend säurefest, wenig witterungsbeständig	chemische Industrie, Schiffsbau, Fenster, Tore, Fußböden
Redwood, Sequoia RWK	Nordamerika, $\rho_R = 0,45$ ; Splint schmal, weiß- bis gelblichgrau; Kern rötlich bis violett, nachdunkelnd; deutliche Jahresringgrenzen, gleichmäßig strukturiert weich, leicht, gutes Stehvermögen, harzfrei, gut wärmedämmend; gut zu bearbeiten und in der Oberfläche zu behandeln; schwer entflammbar; witterungs-, pilz- und insektenfest	außen für Fenster und Verkleidungen, Innenausbau, Wand- und Deckenverkleidungen, Verpackungen, Instrumentenbau, Masten, Schwellen
Red Pine PIR	Lateinamerika, $\rho_R$ stark schwankend; Splintholz verschiedener Kiefernarten; gelblichweiß bis blassbraun, deutliche Jahresringgrenzen. Weiteres s. Pitch Pine	Innenausbau
Red Cedar Western RCW	Nordamerika, $\rho_R = 0,44$ ; Splint schmal, weiß mit graubraunen Streifen; Kern gelblichbraun bis dunkelbraun, mattglänzend, nachdunkelnd; klare Zuwachszonen, manchmal welliger Jahresringverlauf, zederartig riechend weich, leicht, mäßig bis stark schwindend, harzfrei, gutes Stehvermögen, gute Wärmedämmung; gut zu bearbeiten und in der Oberfläche zu behandeln; witterungs-, pilz- und insektenfest	außen für Wandverkleidungen, Tore, Fensterläden Innenausbau, Wand- und Deckenverkleidungen

Tabelle 3.64 Fortsetzung

Name und Kurzzeichen nach DIN 4076	Herkunft, Merkmale und Eigenschaften	Verwendung
<b>Nadelhölzer NH</b>		
Weymouthskiefer, Strobe	Nordamerika, Europa, $\rho_R = 0,40$ ; Splint gelblichweiß; Kern gelbbraun, stark nachdunkelnd; großporig mit breiten Jahresringen	Rolläden, Schindeln, Kisten, Zündhölzer
Yellow Pine KIW	weich, leicht, gutes Stehvermögen, stark harzhaltig, wenig Schwund; gut zu bearbeiten, aber schwierige Oberflächenbehandlung (Harzgehalt); anfällig gegen Pilz- und Insektenbefall	Blindholz, Papierholz, Holzwolle
<b>Laubhölzer LH</b>		
Afzelia AFZ	Afrika, $\rho_R = 0,76$ ; Kernholzbaum; Splint gelblichgrau, Kern gelb bis hellbraun, nachdunkelnd; zerstreutporig mit großen, sichtbaren Poren hart, sehr fest, spröde, geringer Schwund, sehr gutes Stehvermögen; witterungsbeständig	Fenster, Zäune, Parkett, Treppen, Arbeitstische
Balsa, Leichtholz BAL	Lateinamerika, $\rho_R = 0,16$ bis $0,25$ ; weißlich bis rötlich; zerstreutporig mit großen, sichtbaren Poren und Markstrahlen als Spiegel sehr leicht und weich, gutes Stehvermögen, geringer Schwund, hohe Wärmeleitfähigkeit; nicht witterungsfest, anfällig gegen Pilzbefall	Modellbau, Schwimmkörper, Isolierungen, Verpackungen, Korkersatz
Ebenholz Afrika: Msambu Asien: Makassar EBE-EBM	Afrika, Ostasien, $\rho_R = 1,05$ ; Splint breit, blass-rötlich, Kern dunkelbraun bis schwarz; Gefäße nicht sichtbar, Markstrahlen nur im Splint erkennbar; Faserverlauf unregelmäßig; Makassar auffällig glänzend sehr hart und fest, aber spröde - neigt zum Reißen und Splittern; nur Kernholz als Nutzholz verwertbar; witterungsfest <b>Vorsicht: Schleifstaub ist gesundheitsschädigend!</b>	wertvolles Möbelholz, Kunstgegenstände, Instrumentenbau
Framire FRA	Afrika $\rho_R = 0,56$ ; Kern blassgelb bis hellbraun, nachdunkelnd; Splint etwas heller, leicht glänzend; zerstreutporig, Zuwachszonen deutlich sichtbar, Markstrahlen als Spiegel erkennbar weich, fest, gutes Stehvermögen, schwindet mäßig, reißt wenig; guter Anstrichträger	Möbelbau, Treppen, Parkett, als Limba- oder Eichenersatz, Schäl furnier für Plattenwerkstoffe
Ilomba ILO	Afrika, $\rho_R = 0,52$ ; durchgehende, gleichmäßige Farbe, anfangs hellrosa, später gelblichbraun; zerstreutporig, Markstrahlen als Spiegel, regelmäßiger Faserverlauf, gleichmäßig strukturiert leicht, weich, mäßig schwindend; gut zu bearbeiten, guter Anstrichträger; pilz- und insektenanfällig	Schäl furnier für Sperrholz, Vollholz für Leisten
Iroko Kambala IRO (Koto)	Afrika, $\rho_R = 0,68$ ; Splint schmal, gelblichgrau, Kern grüngelb bis hellbraun, nachdunkelnd; zerstreutporig mit deutlichen Poren schwer, fest, mäßig schwindend, gutes Stehvermögen, dauerhaft; gut zu bearbeiten; nicht anfällig gegen Pilze und Insekten	Fenster, Außentüren und Außentore, Parkett



Tabelle 3.64 Fortsetzung

Name und Kurzzeichen nach DIN 4076	Herkunft, Merkmale und Eigenschaften	Verwendung
<b>Laubhölzer LH</b>		
Limba LMB	Afrika, $\rho_R = 0,56$ ; durchgehend hellgelblich (helles Limba); zerstreutporig mit deutlichen Poren mäßig hart und schwer, mäßiger Schwund; gut zu bearbeiten, zu beizen und zu polieren; anfällig gegen Pilz- und Insektenbefall	Schäl furnier für Sperrholz, Türen, Büro- und Schulmöbel
Makore MAC	Afrika, $\rho_R = 0,68$ ; Splint graurosa, Kern hellrot bis rotbraun; zerstreutporig mit deutlichen Poren, häufig Faserabweichungen mäßig hart, sehr biegefest und elastisch, mäßig schwindend, gutes Stehvermögen; vielseitige Oberflächenbehandlung; witterungsfest <b>Achtung: Schleifstaub reizt die Atemwege!</b>	Möbel- und Innenausbau, Sperrholz, Treppen, Parkett
Mahagoni Amerikanisches = echtes M. MAE	Lateinamerika, $\rho_R = 0,60$ ; Splint schmal, hellgrau, Kern rotbraun, nachdunkelnd; zerstreutporig mit deutlichen Poren mäßig leicht, hart, wenig Schwund, überdurchschnittliches Stehvermögen; gut zu bearbeiten und in der Oberfläche zu behandeln;	hochwertiges Holz für Möbel- und Innenausbau, Fenster, Türen, Schiffsbau
Mansonia, Bete MAN	Afrika, $\rho_R = 0,68$ ; Splint schmal, weißgrau, Kern dunkelgraubraun, verblasst bei Lichteinwirkung; zerstreutporig, gleichmäßig strukturiert mäßig hart, gering schwindend, gutes Stehvermögen, mäßig schwer; gut zu bearbeiten; gering anfällig gegen Schädlinge <b>Achtung: Schleifstaub reizt die Atemwege!</b>	Möbel- und Innenausbau, Sitzmöbel, Parkett
Meranti – Light Red M. – Dark Red M. – White M. – Yellow M. MEG-MER-MEW	Asien, $\rho_R = 0,47$ bis $0,80$ ; Splint schmal, gelblich bis grauweiß, nur bei Dark Red M. deutlich vom Kern abgesetzt; Kern gelblich bis rötlichbraun Stehvermögen befriedigend, geringe Dauerhaftigkeit, Dark Red M. harzhaltig; gute Oberflächenbehandlung, gut zu bearbeiten; gering witterungsfest	Dark Red M. und Light Red M. für Fenster White M. und Yellow M. für Sperrholz
Okoumé, Gabun OKU	Afrika, $\rho_R = 0,46$ ; Splint graurosa, Kern blassrosa, später dunkelrosa bis rötlichbraun wenig fest, weich, elastisch; gut zu bearbeiten und in der Oberfläche zu behandeln; wenig witterungsfest	Innenverkleidungen, Rückwände, Sperrholzerzeugnisse
Padouk PAF	Afrika, $\rho_R = 0,80$ ; Splint weißlichgelb, Kern purpurrot, nachdunkelnd; zerstreutporig mit deutlichen Poren hart, schlagfest und elastisch, dicht, schwer, gutes Stehvermögen; gut zu bearbeiten	für anspruchsvollen Innenausbau, Parkett, Sitzmöbel, Instrumentenbau
Palisander – Ostindisch POS – Rio PRO	Asien, Lateinamerika, $\rho_R = 0,87$ bis $0,95$ ; POS: Splint gelblich, Kern dunkelbraun bis violett mit dunklen Farbstreifen; PRO: Splint weißlich, Kern schokoladenbraun, schwarz gestreift; riecht süßlich alle sehr hart und fest, schwer spaltbar, gering schwindend; gut zu bearbeiten, aber schwierige Oberflächenbehandlung (PRO harzhaltig)	dekoratives Holz für Innenausbau und Stilmöbel, Drechsler- und Schnitzarbeiten, Instrumentenbau

**Tabelle 3.64** Fortsetzung

Name und Kurzzeichen nach DIN 4076	Herkunft, Merkmale und Eigenschaften	Verwendung
<b>Laubhölzer LH</b>		
Pockholz POH	Lateinamerika, Asien, $\rho_R = 1,23$ ; Splint schmal, hellgelb, Kern braun bis olivbraun, oft ins grünliche nachfärbend; zerstreutporig sehr schwer und hart, stark schwindend, mäßiges Stehvermögen, sehr dauerhaft, harzhaltig; schwer zu bearbeiten; säurefest	Vollholz für Maschinenlager, Schraubenwellen, Zahnräder, Hämmer, Hobelsohlen
Ramin RAM	Ostasien, $\rho_R = 0,65$ ; Splint schmal, gelblich, Kern blassgelblich; zerstreutporig, schlicht mit schmalen Spiegeln mäßig schwer und hart, gering schwindend; gut zu bearbeiten und zu beizen; bläuegefährdet	Leisten, Bretter, Rundstäbe, Schäl- und Messerfurnier, Möbelbau
Sapeli, S.-Mahagoni MAS	Afrika, $\rho_R = 0,65$ ; Splint hellgrau bis blassgelb, Kern rosa, später rotbraun nachdunkelnd; zerstreutporig; wegen häufigen Wechseldrehwuchses gerade verlaufende Glanzstreifen im Längsschnitt, dadurch Zeichnungen wie Pommelé, Frisé, Moiré mäßig schwer, hart und fest, mäßig schwindend, gutes Stehvermögen; sehr gute Oberflächenbehandlung	Innenausbau, Treppen, Parkett, Fenster
Sen SEN	Ostasien, $\rho_R = 0,52$ ; Splint schmal, weißlich bis gelblichbraun, Kern graugelb bis blassbraun; ringporig mit deutlichen Poren, glänzend mäßig leicht, fest und zäh, elastisch, nicht sehr dauerhaft, mäßiger Schwund, gutes Stehvermögen; gute Oberflächenbehandlung	Messerfurnier im Möbelbau, Paneele, Vertäfelungen
Sipo, Utile, S.-Mahagoni MAU	Afrika, $\rho_R = 0,66$ ; Splint schmal, hellgrau, Kern hellrosa-braun, später dunkelbraun; oft Glanzstreifen durch Wechseldrehwuchs mäßig hart, gutes Stehvermögen; gut zu bearbeiten und zu polieren; widerstandsfähig gegen Pilze und Insekten	außen als Fenster, Türen und Bretterungen Möbel- und Innenausbau
Teak TEK	Ostasien, $\rho_R = 0,75$ ; Splint schmal, gelblichweiß, Kern dunkelbraun, nachdunkelnd; von schwarzen Adern durchzogen, ölig/wachsig glänzend; ringporig mit deutlichen Poren mäßig schwer, hart und fest, gering schwindend, sehr gutes Stehvermögen, fettig-wachsig, kautschukhaltig; gut zu bearbeiten, Oberflächenbehandlung mit Spezialmitteln	anspruchsvoller Möbel- und Innenausbau, Fenster, Fußböden, Sitzmöbel, Kunstgewerbe
Wenge WEN	Afrika, $\rho_R = 0,86$ ; Splint schmal, gelblichweiß, Kern braun, braunschwarz nachdunkelnd; matt glänzend, zerstreutporig schwer, gering schwindend, gutes Stehvermögen, dauerhaft; gut zu bearbeiten, Oberflächenbehandlung schwierig; witterungsfest	dekoratives Holz für Möbel- und Innenausbau, Parkett, Treppen, Fenster, Türen
Zebrano, Zingana ZIN	Afrika, $\rho_R = 0,80$ ; Splint weiß, Kern dunkelbraun mit olivbraunen, matt glänzenden Streifen; zerstreutporig mittelhart, fest und elastisch, schwer spaltbar; gut beizbar und polierbar, Splint nicht als Nutzholz verwendbar; witterungs- und insektenfest	Möbel- und Innenausbau, Teak- und Nussbaumersatz, Kunstgewerbe

### 3.5.2 Bestimmen von Holzarten

#### Arbeitsauftrag Nr. 10 Lernfeld LF 1

- Es liegt ein Brettstück einer inländischen Holzart mit folgenden Merkmalen vor :

<u>Farbe:</u>	zweifärbig; breiter, brauner Kern; schmaler, gelblich-weißer Splint
<u>Zeichnung:</u>	Jahresringe deutlich sichtbar, Poren groß und ringförmig angeordnet
<u>Spiegel:</u>	sichtbar
<u>Harzgänge:</u>	nicht vorhanden
<u>Geruch:</u>	leicht säuerlich, herb
<u>Härte:</u>	mit dem Fingernagel nicht einzuritzen
<u>Gewicht:</u>	schwer
<u>Poren:</u>	grobporig

Bestimmen Sie die Holzart, indem Sie den nachfolgenden Text zielgerichtet lesen. Erläutern Sie Ihre Entscheidung vor der Klasse.

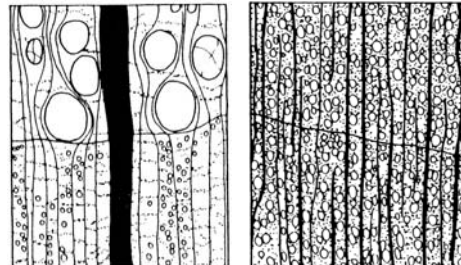
- Erstellen Sie eine neue Aufgabenstellung. Lassen Sie diese von Ihren Mitschülern erarbeiten und erläutern. Nehmen Sie gegebenenfalls Korrekturen vor und begründen Sie diese unter Einbeziehung von Holzproben des jeweiligen Holzes.

Jede Holzart hat eine Reihe besonderer, ihr eigenen Erkennungsmerkmale. Diese Artmerkmale ermöglichen es dem Fachmann in der Regel, die Hölzer zu bestimmen. Bei der Fülle der von uns verarbeiteten und zu verarbeitenden Holzarten werden wir dabei immer wieder „auf die Probe“ gestellt. Um die Frage „Welches Holz ist es?“ zu beantworten, müssen Sie intensiv und ständig die verschiedenen Merkmale beobachten und sich einprägen. Anfangs ist das „echt schwierig“. Mit der Zeit und Übung wird es immer leichter, und schließlich macht es sogar Spaß.

Bei den einheimischen Stämmen wird die Artbestimmung erleichtert durch die Baumgestalt Rinde, Blätter, Blüten und Früchte. Schwieriger wird es bei eingeschnittenem Holz und den zahlreichen überseeischen Hölzern. Farbe, Geruch, Zeichnung, Harzgehalt, Gewicht, Härte und Spaltbarkeit bilden hier wichtige Anhaltspunkte. Zur völlig eindeutigen Bestimmung dient das Mikroskop. Doch hat nicht jeder Praktiker ein Mikroskop, speziell angefertigte Dünnschnitte und Bestimmungsschlüssel.

Für das Holzbild ist die Porigkeit des Holzes von großer Bedeutung. Sie beeinflusst das Aussehen und die Oberflächenstruktur. Bei Laubhölzern sind die Poren als mehr oder weniger große Punkte zu erkennen. Bei Nadelhölzern ist der Zellaufbau einfach und regelmäßig. Einer Unterscheidung der Porenanordnung ist auf dem Querschnitt nicht anzutreffen.

Bei Laubhölzern ist nach Porengröße und Porenlage in grob- oder feinporige Hölzer zu unterscheiden. Die Leitzellen sind bei grobporigen Hölzern gut mit bloßem Auge zu erkennen. Für das Erkennen von Leitzellen feinporiger Hölzer benötigt man eine Lupe oder ein Mikroskop.



Eiche, grob- und ringporig

Birnbaum, fein- und zerstreutporig

**Bild 65:** Der Einfluss der Porigkeit auf das Holzbild

Sind die Poren gleichmäßig über den gesamten Querschnitt verteilt, werden diese Hölzer als *zerstreutporig* bezeichnet. Bei ringförmiger Anordnung der Poren spricht man von *ringporigen* Hölzern. Weisen die Hölzer beide Eigenschaften auf, wird dies als *ring-zerstreutporig* bezeichnet.

Für eine geschlossenporige Oberflächenbehandlung eignen sich aufgrund ihrer gleichmäßigen und dichten Struktur fein- und ringporige Hölzer.

Durch geeignete Oberflächenbehandlung kann der Charakter grobporiger Hölzer besonders hervor gehoben werden. Die als große Vertiefungen auftretenden Poren bei Eiche werden durch das Kalken noch deutlicher. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Porigkeit verschiedener inländischer Laubhölzer.

Tabelle 3.66 gibt einen Überblick über die mit bloßem Auge erkennbaren Unterscheidungsmerkmale. Die angeführten Holzarten beschränken sich dabei auf die wichtigsten bereits behandelten einheimischen Hölzer.

**Tabelle 66:** Porigkeit verschiedener Laubhölzer

Holzart	grobporig	feinporig	ringporig	zerstreutporig
Ahorn (AH)		X		X
Birnbaum (BB)		X		X
Birke (BI)		X		X
Buche (BU)		X		X
Eiche (EI)	X		X	
Esche (ES)	X		X	
Kirschbaum (KB)		X		X
Linde (LI)		X		
Nussbaum (NB)	X			X
Rüster (RU)	X		X	

3

**Tabelle 3.67** Merkmale zur Holzartbestimmung

am stehenden Baum	am einge
<b>Baumgestalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wipfelwüchsig (Stamm geht durch bis zur Spitze): FI, TA, KI, DG, LA</li> <li>– besenkronig (Stamm teilt sich schon nach wenigen Metern „besenartig“): EI, ES, RU, AH</li> </ul>	<b>Holzfarbe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– einfarbig (Splint- oder Reifholz): BU, FI, TA, AH</li> <li>– zweifarbig (Kern- oder Kernreifholz): EI, ES, KI, DG, LA, RU</li> </ul>
<b>Rinde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– glatt: BU, junge AH, TA, FI, DG</li> <li>– schuppig: AH (Berg-AH), FI</li> <li>– korkig: EI, AH (Spitz-, Feld-AH), RU, ES, KI, LA</li> </ul>	<b>Zeichnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Jahresringe deutlich: EI, ES, FI, TA, KI, LA, DG</li> <li>– Jahresringe schwach/undeutlich: AH, BU</li> <li>– Poren ringporig → EI, ES, RU, zerstreutporig → AH, BU</li> <li>– Poren nicht vorhanden: FI, KI, LA, TA, DG</li> <li>– Spiegel deutlich: EI, BU, RU, AH</li> <li>– Spiegel undeutlich: ES, FI, TA, KI, LA, DG</li> </ul>
<b>Blätter</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– einfach: EI, AH, BU, RU</li> <li>– mehrfach: ES</li> <li>– genadelt: KI, FI, TA, LA, DG</li> </ul>	<b>Harzgänge</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorhanden: FI, KI, LA, DG</li> <li>– nicht vorhanden: TA, EI, ES, BU, AH, RU</li> </ul>
<b>Blüten und Früchte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Flügelfrüchte: RU, ES, AH</li> <li>– Kapsel Früchte: BU (Bucheckern), EI (Eicheln)</li> <li>– Zapfen: KI, FI, TA, LA, DG</li> </ul>	<b>Geruch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– harzig: FI, KI, LA</li> <li>– säuerlich: EI, TA</li> </ul> <b>Mechanische Eigenschaften</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– hart: AH, EI, ES, BU, RU</li> <li>– weich: FI, TA, KI, LA, DG</li> <li>– sehr leicht bis leicht: FI, TA, KI, LA, DG</li> <li>– mittelschwer bis schwer: AH, EI, ES, BU, RU</li> </ul>

### 3.6 Holzschädlinge und Holzschutz

#### Arbeitsauftrag Nr. 14 Lernfeld LF 10

- Frau Mustermann klagt über Schädlingsbefall in ihrem Haus. Sie wünscht eine fachliche Beratung. Gründen Sie Experten – Teams und erstellen Sie eine thematische Landkarte zu dem Problemfeld Holzschädlinge. Nutzen Sie folgende Strukturhilfe:

*Was wollen wir untersuchen ?*

<i>Holzerstörende Pilze</i>	<i>Holzerstörende Insekten</i>
<i>Arten</i>	<i>Entstehung Folgen</i>

Mit Hilfe der folgenden Fragen verschaffen Sie sich eine Planungsübersicht zu diesem komplexen Thema.

1. Welche sinnvolle Aufgabe erfüllen Pilze in Haushalt der Natur?
2. Was ist ein über(be)ständiger Baum?
3. In welche Gruppen teilt man die pflanzlichen Schädlinge ein?
4. Erläutern Sie die Destruktions- und die Korrosionsfäule.
5. Welche Gefahr löst der Baumkrebs aus?
6. Wie vermeiden Sie Lagerfäulen?
7. Woran erkennen Sie Stockigkeit und Roststreifigkeit?
8. Beschreiben Sie die Wirkung der Bläue.
9. Wo ist der Echte Hausschwamm anzutreffen?
10. Warum ist er so gefährlich?
11. Welche Maßnahmen sind beim Befall mit Echtem Hausschwamm zu treffen?
12. Lagern Sie Kaminholz mit Pilzbefall in Ihrem Keller? Begründen Sie Ihre Antwort.
13. Welche Pilze können an den Fenstern wachsen?
14. In welche Gruppen teilt man die tierischen Schädlinge ein?
15. Welchen Schaden richtet der Kiefernspinner an?
16. Worin besteht der Unterschied zwischen Rindenbrütern und Holzbrütern?
17. Schildern Sie die Entwicklung der Insekten.
18. In welchem Entwicklungsstadium schädigen die Insekten das Holz?
19. Wo findet man den gefährlichen Hausbock?
20. Wie erkennt man Hausbockbefall?
21. Mit welchen Maßnahmen bekämpft man den Hausbock?
22. Woran erkennen Sie den Befall mit Klopfkäfern?
23. Warum lässt sich der Splintholzkäfer-Befall nur schwer feststellen?
24. Wie lange können sich die Larven der Holzwespe im Holz aufhalten?

#### 3.6.1 Holzerstörende Pilze

Sicher sind Ihnen schon Bäume aufgefallen, die inmitten ihrer begrünten Artgenossen kahl und trostlos dastanden. Dafür gibt es verschiedene Ursachen. Äußere Einwirkungen können den Nährstofftransport unterbunden haben, der Baum kann krank oder überständig (altersschwach) sein. Durch sein langsames Sterben lässt er viele andere Lebewesen gedeihen. Vögel, Insekten und Pilze nisten sich bei ihm ein und ernähren sich von ihm – er zerfällt allmählich, wird zerfressen, abgebaut und

zerlegt. In diesem ständigen Kreislauf des Werdens und Vergehens kommt den Pilzen große Bedeutung zu. Machen sie sich jedoch an wirtschaftlich wertvollem, gesundem Holz zu schaffen, werden sie zu Schädlingen, die große Zerstörungen anrichten und daher bekämpft werden müssen.

**Pilze sind Schmarotzer.** Aus Abschn. 3.2.1 wissen wir, dass der Baum als Pflanze höherer Ordnung seine Aufbaustoffe durch Assimilation erhält: Mit Hilfe des Sonnenlichts und des Blattgrüns (Chlorophyll) wandelt er anorgani-

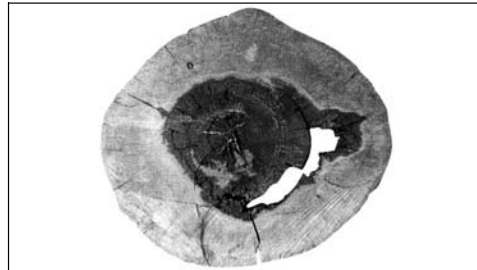
sche Stoffe in organische um (Zucker, Stärke, Eiweiß). Dagegen gehören die Pilze einer niedrigen Ordnung an. Sie haben kein Chlorophyll und können darum keine körpereigenen Stoffe aufbauen. Stattdessen ernähren sie sich auf parasitäre Weise – sie schmarotzen von den Aufbaustoffen der Bäume. Dabei gedeihen sie um so besser, je feuchter und wärmer es ist. Doch nicht alle Pilze sind Feinde des Baumes. Auch Pilze sind Teil im Ernährungshaushalt der Pflanzen, indem sie organische Stoffe in anorganische umwandeln, die z.B. auch von den Bäumen gebraucht werden. Anzeichen der holzerstörenden Pilze sind ihre Fruchtkörper und Gewebe (Mycel). Das Mycel besteht aus einer großen Zahl kleinster Keim- oder Pilzfäden, den Hyphen. Sie dringen ins Holz ein und zerstören das feste Gefüge durch Abbau der Inhaltsstoffe oder der Holzsubstanz. Festigkeitsminderung und Farbveränderung am Holz sind die Folgen. Verbreitet werden die Pilze durch unzählige mikroskopisch kleine Keimzellen (Sporen).

**Arten.** Von den zahlreichen holzerstörenden Pilzarten sollen hier die für den Tischler wichtigsten Schädlinge behandelt werden.

**Stammfäulen am lebenden Baum.** Der Tischler verarbeitet ausgesuchtes, gesundes Holz. Trotzdem sind Kenntnisse über die Erreger von Krankheiten am Baum auch für ihn wichtig, denn schadhafte und ungesundes Holz kann er in der Regel nicht verwenden.

Holzerstörende Pilze bauen die Zellulose und das Lignin ab, also die Hauptbestandteile des Holzes.

**Braunfäule** liegt vor, wenn die Zellulose abgebaut wird. Das Kernholz nimmt eine bräunliche bis rötlichbraune Farbe an. Durch das Aufspalten in drei senkrecht zueinander stehende Richtungen wird es „würfelbrüchig“ und schließlich völlig zerstört. Da der Pilz die helle Zellulose der Zellwände zerstört, nennt man den Befall auch Destruktionsfäule = Abbaufäule (3.66). Verursacher sind u.a. Leberpilz, Fäulepilz und Wurzelschwamm am Nadelholz, Schwefelporling am Laubholz, Echter Hausschwamm u.a. am verbauten Holz.



**Bild 3.68** Braunfäule, Kernfäule (Kirschbaum)

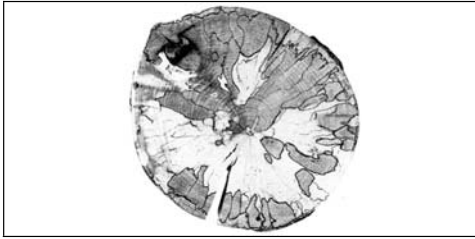
**Weißfäule** (Korrosionsfäule) entsteht, wenn die Pilze das Lignin abbauen. Die Holzstruktur bleibt dabei erhalten. Durch den Abbau bilden sich Spalten und Löcher im Holz, die mit dem weißlichen bis bräunlichen Mycel des Pilzes ausgefüllt sind.



Gesundes und krankes Holz sind durch dunkle Linien scharf voneinander getrennt (3.69). Neben dem Kiefernbaumschwamm sind Zunderschwamm, Buchenschleimröbling und Hallimasch die Hauptverursacher der Weißfäule.

**Baumkrebs.** Im Bereich aufbrechender Knospen dringt Pilzgeflecht ein und ruft im äußeren Stammbereich (Rinde und Bast) beulenartige

Anschwellungen hervor (3.70). Der Baum versucht, den Krankheitsherd zu überwallen. Obwohl die Holzsubstanz nicht zersetzt wird, ist der befallene Baum stark gefährdet, denn an den Krebsstellen können leicht andere holzerstörende Pilze eindringen. Außerdem entzieht der Baumkrebs dem Baum Nährstoffe und kann dadurch Wachstumsstörungen, ja sogar das Absterben des Baumes verursachen.

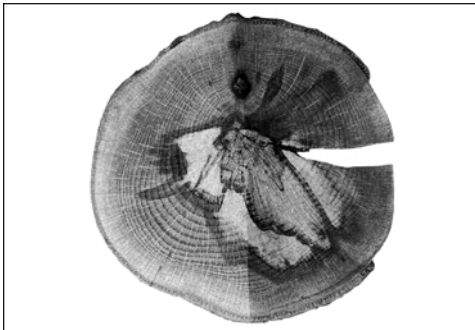


**Bild 3.69** Weißfäule (Birke)



**Bild 3.70** Baumkrebs (Tanne)

**Astfäule.** Die Überwallung von Wunden im Bereich abgebrochener Äste geht nur langsam voran. In dieser Zeit können leicht Pilze in den Stamm eindringen und erhebliche Fäulnis-schäden verursachen.



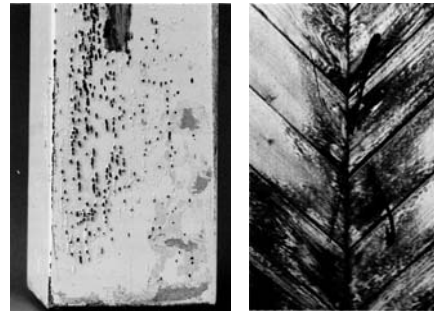
**Bild 3.71** Stockigkeit (Buche)

**Lagerfäulen und Verfärbungen.** Wenn Stämme nach dem Fällen längere Zeit in unmittelbarer Berührung mit dem feuchten Erdbreich bleiben, zeigen sie häufig Oberflächenfäulen, Innenfäulen oder Verfärbungen. Als Erreger

kommen viele Pilze in Frage. Durch raschen Einschnitt gefällter Stämme und sachgemäße luftige Lagerung des Schnittholzes lassen sich Lagerfäulen und Verfärbungen vermeiden.

**Stockigkeit** ist vorwiegend bei Buchen, Birken, Ulmen und Erlen zu finden. Stockflecken zeigen sich auf den Hirnflächen als weiße, rötliche und bräunliche Verfärbungen (3.71).

**Bläue** tritt vor allem bei frisch gefälltem und unsachgemäß gelagertem Schnittholz auf (3.72). Erreger sind die Bläuepilze, die sich sehr schnell vermehren. Sie leben von den Inhaltsstoffen der Zellen nur im Splintbereich, sind also keine Holzerstörer. Daher ist es nicht richtig, von Blaufäule zu reden. Das dunkel gefärbte Mycel verursacht die Holzverfärbung. Die kleinen oft flaschenförmigen Fruchtkörper durchbrechen und zerstören Lack- und Farbschichten. Bei stärkerem Bläuebefall kann mehr Feuchte in das Holz eindringen und dadurch kann auch unter dem Anstrich Fäulnis entstehen. Verblautes Holz wird nicht im Außenbereich verwendet.

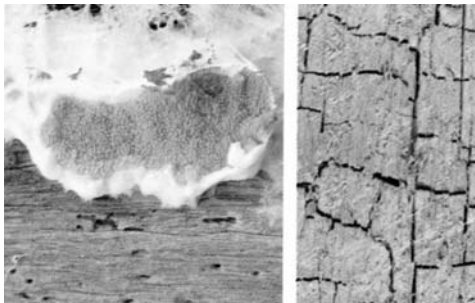


**Bild 3.72** Durch Bläue verursachter Anstrichschaden

**Hausfäulen am verbauten Holz.** Vorwiegend in älteren, oft nur unzureichend gegen Feuchtigkeit abgesperrten Häusern, aber auch bei erhöhter Baufeuchtigkeit in Neubauten bilden sich Schwammarten. Sie mindern nicht nur erheblich den Wohnwert des Gebäudes, sondern beeinträchtigen auch die Gesundheit der Bewohner.

**Der echte Hausschwamm** ist der gefährlichste dieser holzerstörenden Pilze. Seine Zerstörungskraft ist besonders groß, der Schaden nur unter erheblichem Aufwand zu reparieren (3.73a). Er tritt vorwiegend in Keller- und Erd-

geschossen von Altbauten auf und bevorzugt Nadelholz. Das befallene Holz muss restlos ausgebaut und verbrannt werden. Bevor man neues Holz einbaut, muss die Schadensursache beseitigt werden. Meist kündigt sich der Pilz durch modrigen Geruch des Holzes an. An schlecht belüfteten, dunklen Stellen im Haus, wo Holzteile mehr als 20 % Feuchtegehalt haben, findet man das weiße, watteähnliche Pilzgeflecht (3.73a). Auf der Suche nach Holz und anderen zellulosehaltigen Materialien (z.B. Papier, Teppiche, Stroh) wachsen die Mycelstränge oft meterweit. Dabei machen sie auch vor Mauerwerk keinesfalls Halt, sondern durchwachsen Fugen und Ritzen. Durch den Abbau der Zellulose und Zellinhaltsstoffe verliert das Holz seine Tragfähigkeit, wird mürbe und zerfällt würfelartig (brüchig). Im Trockenzustand lässt sich das zerstörte Holz leicht zwischen den Fingern verreiben.

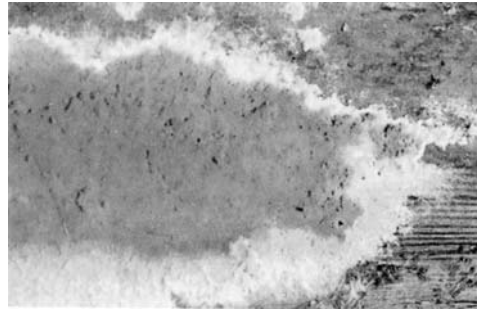


**Bild 3.73** a) Echter Hausschwamm, b) Schadenserkenkung

Der Echte Hausschwamm ist der gefährlichste holzzerstörende Pilz. Befallenes Holz muss ausgebaut und verbrannt werden.

Echter Hausschwamm ist in den meisten Bundesländern anzeigepflichtig!

**Der Kellerschwamm** ist für das verbaute Holz im Haus nicht minder gefährlich als der Hausschwamm (3.74). Jedoch braucht er neben den genannten Wachstumsbedingungen erheblich mehr Feuchtigkeit (30 bis 60 % Holzfeuchte). Sein Vorkommen ist daher meist auf Kellerräume und in Bodennähe verbaute Hölzer beschränkt. Wegen der warzenförmigen Erhebungen auf dem Fruchtkörper nennt man ihn auch *Warzenschwamm*.



**Bild 3.74** Brauner Keller- oder Warzenschwamm

**Blättlinge** sind vorwiegend an Außenbauteilen zu finden. Über 90 % der Schäden an Fenstern werden durch Blättlinge verursacht. Sie bevorzugen feuchtes Holz und können daher Innenbauteile befallen, die häufig Feuchteinwirkungen unterliegen. Blättlinge vertragen auch hohe Temperaturen und zeitweiliges Austrocknen. Das beige; bis braune Mycel wächst nur im Holzinnern, sodass der Befall erst spät erkannt wird. Die Fruchtkörper wachsen leisten- und konsolenförmig aus Holzspalten. In frischem Zustand sind sie dunkelbraun bis schwärzlich. Auffallend sind die deutlich sichtbaren Lamellen (3.75).



**Bild 3.75** Charakteristisches Wachstum von Blättlingen aus Trockenrissen

**Der Weiße Porenschwamm** befällt vorwiegend Nadelholz mit hohem Feuchtegehalt und kommt im Freien als auch im gelagerten oder verbaute Holz vor. Sein weißes Oberflächenmycel wächst eisblumen- oder fächerartig. Auch dieser Pilz ist für die Baumfäule verantwortlich, die zu einer völligen Zerstörung des Holzes führt.





Bild 3.76 Weißer Porenschwamm

### 3.6.2 Holzerstörende Insekten

Zu den natürlichen Feinden des Holzes gehören neben den Pilzen auch Insekten und ihre Larven, Säugetiere und Vögel. Ihre Schäden machen Holz für die Weiterverarbeitung in der Schreinerei vielfach unbrauchbar, mindern auf alle Fälle den Gebrauchswert. Zur Vorbeugung, aber auch zum Beseitigen von Schäden sind Kenntnisse über die wichtigsten Schädlinge nötig.

#### Forstschädlinge

Immer wieder lesen und hören wir von Waldkatastrophen. So erreichten die Sturmschäden zum Jahresbeginn 1990 ein in der Bundesrepublik Deutschland bisher nicht gekanntes

Ausmaß. Nach vorsichtigen Schätzungen sind mehr als 30 Mio. m<sup>3</sup> Holz ein Opfer der Stürme geworden. Doch nicht nur diese Großschäden bereiten der Forstwirtschaft Probleme. In jedem Jahr gibt es erhebliche Nutzholzverluste durch Feuer, Schneebruch, Insektenfraß und andere Einflüsse.

**Säugetiere**, wie Hoch- und Niederwild, beschädigen die Bäume im Bereich der Wachstumsschicht. Die Verletzungen können zum Absterben oder zu Überwallungen der Bäume führen und begünstigen in gefährlichem Maß das Eindringen von holzerstörenden Pilzen.

**Vögel**, besonders Spechte, schlagen die Bäume bei der Nahrungssuche im Rindenbereich auf oder bauen tiefe Nistlöcher in den Stamm (3.77). Solche Verletzungen sind häufig Ausgangspunkt für Stammfäulen.



Bild 3.77 Nistloch eines Spechtes

#### Tierische Schädlinge

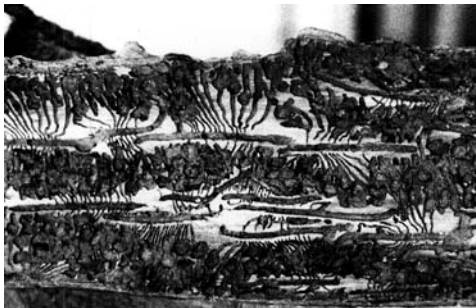


**Insekten** und ihre Larven führen durch Kahlfraß oder Fraßgänge zu Wachstumsstörungen am Stamm (s. Abschn. 3.2.3, Verletzung der Haupttriebe → Posthornwuchs, Überwallung). Von den zahlreichen holzerstörenden Insekten nennen wir die gefährlichsten: Nonne, Kiefernspinner und Borkenkäfer.

**Der Kiefernspinner** ist ein Falter, dessen Raupen sich von den Nadeln ernähren. Treten sie in größeren Mengen auf, kommt es zum Kahlfraß und damit zum Absterben des Baumes.

**Die Nonne**, ebenfalls ein Falter, befällt vorwiegend Fichten, aber auch Laubhölzer. Ihre Raupen ernähren sich von den Nadeln bzw. Blättern. Befallene Fichten sterben ab.

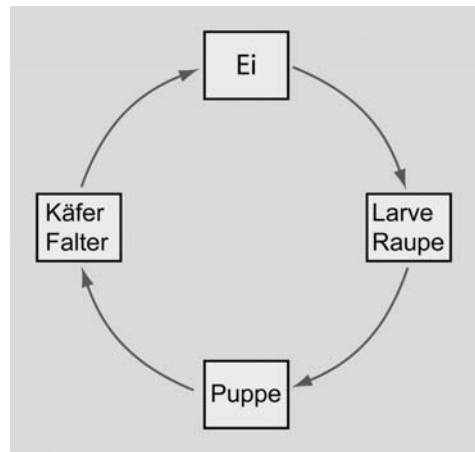
**Borkenkäfer** befallen in der Regel nur erkranktes Holz. Einige Arten dringen ins Holz ein und werden so zu technischen Schädlingen (Holzbrüter). Die meisten Käferarten ernähren sich von der Rinde oder der Bastschicht (Rindenbrüter). Treten sie in großen Mengen auf, können ganze Waldbestände zum Sterben verurteilt sein. Zu diesen Schädlingen gehört der Buchdrucker, der seinen Namen dem eigentümlichen Fraßbild verdankt (3.78).



**Bild 3.78** Fraßbild eines Buchdruckers

**Technisch** bedeutsame Schädlinge. Die Bekämpfung der Forstschädlinge ist in erster Linie Aufgabe des Försters. Dagegen hat der Tischler vorwiegend mit Holzschädlingen zu tun, die im gelagerten oder verbauten Holz wirken. Ihre Fraßgänge machen das Holz für viele Verwendungszwecke unbrauchbar oder mindern den Wert der Holzzeugnisse.

**Entwicklungsstadien der Insekten.** Da Larven oder Raupen die eigentlichen Holzzerstörer sind, wollen wir die Entwicklung der Insekten betrachten. Aus dem Ei schlüpft die Larve oder die Raupe. Ihr „Appetit“ kennt keine Grenzen. In diesem Stadium, das den größten Zeitraum in der Entwicklung zum Vollinsekt einnimmt, zerstören die Larven das Holz, die Raupen machen sich über Nadeln und Blätter her. Erst nach mehreren Jahren verpuppen sich Larve und Raupe. Und schon wenige Wochen später schlüpfen der fertige Käfer oder Falter. Sie verlassen das Holz, erfüllen die Aufgabe der Fortpflanzung und schließen damit den Kreislauf (3.79).

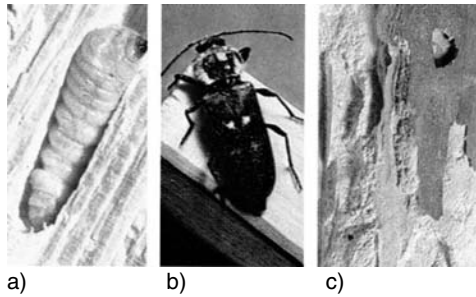


**Bild 3.79** Kreislauf der Insektenentwicklung

**Der Hausbock** ist der gefährlichste Käfer für das verbaute Holz (3.79). Seine Larven befallen Nadelhölzer (seltener Laubhölzer) und finden sich daher im Holz der Dachkonstruktion, in Fachwerk, Deckenbalken und oft auch in Fensterrahmen. Meist nimmt man den Befall erst wahr, wenn sich ein Entwicklungskreislauf geschlossen hat. Der ausschlüpfende Käfer hinterlässt nämlich auf der Holzoberfläche 4 bis 7 mm große ovale Löcher. Da ein Hausbockweibchen im Durchschnitt 200 Eier legt und die Larven 4 bis 10 Jahre für die Entwicklung im Holz brauchen, ist das Ausmaß der Schäden sehr groß. Zur sicheren Erkennung eines Befalls gehört die Holzuntersuchung: Ein stumpfer Klang beim Anschlagen weist darauf hin, durch Abheilen der Kanten werden die

Fraßgänge dicht unter der Oberfläche freigelegt.

Statisch nicht mehr tragfähige Bauteile sind auszuwechseln, die Fraßgänge gründlich auszubürsten und sorgfältig mit chemischen Holzschutzmitteln zu behandeln.

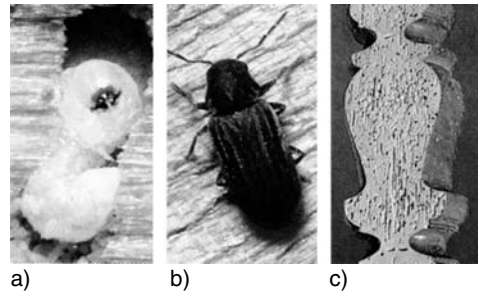


**Bild 3.80** Hausbock  
a) Larve, b) Insekt, c) Schadensbild

Der Hausbock ist der gefährlichste tierische Holzschädling. Befallene Bauteile sind nicht mehr tragfähig und müssen ausgebaut werden.

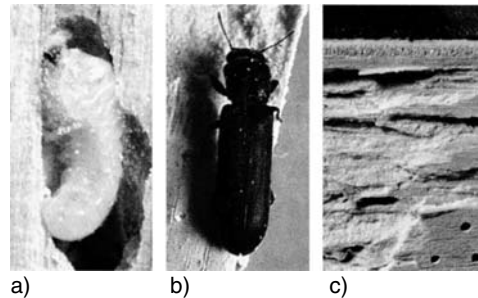
**Der Gewöhnliche Nagekäfer** (*Anobium punctatum*), im Volksmund auch als „Holzwurm“ bezeichnet, ist der bekannteste Käfer (3.80). Er befällt verbautes Nadel- und Laubholz, besonders dort, wo höhere Feuchtigkeit und mäßige Temperaturen gegeben sind (also in Kellerräumen und Fußbodennähe, Wandflächen, Museen). Die weiblichen Käfer legen in Holzritzen oder Fluglöchern 20 bis 50 Eier ab, aus denen nach einigen Wochen die Larven schlüpfen, die das Holz bis in den Kern zerstören können. Die Larven leben 2 bis 8 Jahre im Holz. Nach der Verpuppung verlassen die meist bräunlich gefärbten Käfer das Holz durch kreisrunde, schrotschussartige Fluglöcher. Diese Fluglöcher kennen wir von alten Möbeln und Kunstgegenständen her. Häufig treten Anobien auch in Wandverkleidungen, Treppen, Dielen, Holzbalkendecken, an Möbeln und Korbgeflecht auf. Ausgeworfene Bohrmehlhäufchen zeigen oft den lebenden Befall an.

Die Schutzmaßnahmen sind dieselben wie beim Hausbock. Kunstwerke sollten Spezialisten (Restauratoren) behandeln.



**Bild 3.81** Anobien  
a) Larve, b) Insekt, c) Schadensbild

**Splintholzkäfer.** Neben dem Splintholz- oder Parkettkäfer tritt häufig der mit Tropenholz eingeschleppte Braune Splintholzkäfer auf (3.81). Er gefährdet alle Hölzer, die Stärke als Holzspeicherstoff und genügend Eiweiß enthalten. Das ist bei einigen oft verarbeiteten Tropenhölzern der Fall (z.B. Limba und Abachi). Aber auch einheimische Holzarten wie Eiche, Esche, Nussbaum, Ruster sind zumindest im Splintteil anfällig gegen Splintholzkäfer. Nadelhölzer bleiben in der Regel verschont. Das Weibchen legt Dutzende Eier vorwiegend in Holzporen.

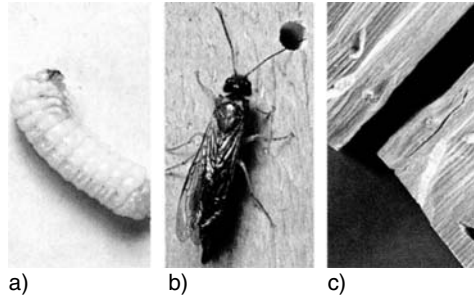


**Bild 3.82** Brauner Splintholzkäfer  
a) Larve, b) Käfer, c) Schadensbild

Die Larven verstopfen ihre Fraßgänge mit puderfeinem Fraßmehl, so dass ein Befall nur schwer erkennbar ist. Die Entwicklungsdauer der Käfer richtet sich nach dem Nährwert des Holzes und dem Klima; sie kann wenige Monate, aber auch mehrere Jahre betragen. Die Fluglöcher sind kreisrund und haben 1 bis 1,5 mm Durchmesser. Die Käfer sind braun, flach, stäbchenförmig. Sie laufen und fliegen in der Dämmerung. Bekämpft werden sie wie der Hausbock.

**Holzwespen** befallen das Holz noch im Wald oder im gelagerten Zustand. Verwundete Bäume und frisch entrindetes Nadelholz werden bevorzugt.

Die Larven haben eine Lebensdauer von 2 bis 4 Jahren und beenden ihre Entwicklungszeit nicht selten im schon verbauten Holz (3.83). Die geschlüpften Wespen bilden keine Gefahr mehr für das verbaute Holz. Es genügt daher, die etwa 4 bis 7 mm großen Fluglöcher zu verschließen.



**Bild 3.83** Holzwespe  
a) Larve, b) geschlüpfte Wespe,  
c) Schadensbild

3

### 3.6.3 Holzschutzmaßnahmen

#### Arbeitsauftrag Nr. 15 Lernfeld LF 10

- Sie haben mit Ihrem Meister das Haus von Frau Mustermann begutachtet (vgl. Arbeitsauftrag 14) und pflanzlichen Schädlingsbefall im Kellerbereich als auch tierischen Schädlingsbefall im Dachstuhl festgestellt. Welche Holzschutzmaßnahmen können Sie Frau Mustermann empfehlen?  
Erstellen Sie eine thematische Landkarte.  
Nutzen Sie die folgende Strukturhilfe:

#### **Holzschutz**

##### *Vorbeugen*

- *Baulich (technisch-konstruktiv)*
- *chemische Maßnahmen*

##### *Nachbehandeln / Bekämpfen*

##### *chemische Maßnahmen*

Mit Hilfe der folgenden Fragen verschaffen Sie sich eine Planungsübersicht zu diesem Thema.

- Was ist unter baulichem Holzschutz zu verstehen?
- Nennen Sie bauliche Maßnahmen zum Feuchteschutz und Brandschutz.
- Welche Grundlagen (Gesetze, Verordnungen u.a.) zum chemischen Holzschutz sind Ihnen bekannt?
- Welche Besonderheiten und Unterschiede kennzeichnen ölige und wasserlösliche Holzschutzmittel?
- Erläutern Sie die Kurzzeichen Iv, P, W und E.
- Welche Holzschutzmittel werden mit dem Prüfzeichen des Deutschen Institutes für Bautechnik ausgezeichnet?
- Welche Verfahren zum Einbringen von Holzschutzmitteln sind Ihnen bekannt? Ergänzen Sie dazu die jeweiligen Eindringtiefen der Schutzmittel in das Holz.
- Welche Forderungen werden an Anstrichmittel für die Behandlung von Holzoberflächen gestellt?
- Nennen Sie Besonderheiten und Unterschiede von Dünn- und Dickschichtlasuren.
- Welche Sonderverfahren des Holzschutzes in Dachstühlen sind Ihnen bekannt?
- Was bedeutet die Angabe F 90?
- Beschreiben Sie das Gefahrensymbol für sehr giftige Schutzmittel.
- Welche Regeln für den Umgang mit Holzschutzmitteln kennen Sie?

Holz unterscheidet sich durch seine Schönheit, Dauerhaftigkeit gute Bearbeitbarkeit, hohe Festigkeit u.a.m. von vielen anderen Werkstoffen., Diese Vorzüge bleiben jedoch nur dann langfristig erhalten, wenn das Holz

vor schädigenden Einflüssen bewahrt wird. Jährlich werden riesige Mengen Holz durch tierische und pflanzliche Schädlinge, Feuchtigkeit, Feuer und mechanische Einwirkungen zerstört. Was ist dagegen zu tun? Schon

durch richtige Auswahl sowie fachgerechte Be- und Verarbeitung des Holzes lassen sich Schäden vermeiden. Diese vorbeugenden technischkonstruktiven Maßnahmen werden ergänzt durch viele Mittel und Verfahren der chemischen Industrie.

Baulicher Holzschutz hat Vorrang vor chemischen Maßnahmen. Vorbeugender Schutz ist einfacher, wirkungsvoller und billiger als nachträgliche Behandlung oder Erstbekämpfungsmaßnahmen.

**Der bauliche Holzschutz** erstreckt sich auf alle konstruktiven und bauphysikalischen Maßnahmen, die eine unzuträgliche Veränderung des Feuchtegehaltes von Holz- und Holzwerkstoffen (z.B. werden so die Voraussetzungen für einen Pilzbefall geschaffen, oder übermäßiges Quellen oder Schwinden beeinträchtigt die Brauchbarkeit einer Konstruktion) oder den Zutritt von holzzerstörenden Insekten verhindern sollen.

**Der Schutz des Holzes vor Feuchtigkeit** beginnt bereits beim Einschlagen. Das Fällen im Winter (saftarme Zeit), der rasche Abtransport und baldiges Entrinden verhindern den Befall durch Schädlinge, fachgerechtes Lagern schützt das Holz vor Feuchtigkeit, wie Abschn. 3.4.1 gezeigt hat. Dazu kommen

#### **Bauliche Maßnahmen zum Feuchteschutz**

- weite Dachüberstände, zurückliegende Türen, Fenster und Wandverkleidungen halten Niederschläge fern;
- senkrechte Fugenanordnung bei Verkleidungen verhindern das Eindringen von Wasser im Bereich von Nut und Feder;
- Abdeckungen, Tropfkanten und Regenschienen leiten das Wasser ab;
- Spritzwasser durch Niederschläge und Bodenfeuchtigkeit hält man durch entsprechend hohe Abstände fern; Abstände und Sperrschichten (Folien, Dichtungsmassen) verhindern die Feuchtigkeitsübertragung ins Holz durch angrenzende Bauteile;
- Hinterlüftungen, Dampfsperren und Dämmschichten lassen Kondenswasser nicht ins verbaute Holz eindringen;
- Holz und Holzwerkstoffe sind mit möglichst dem Feuchtegehalt einzubauen, der während der späteren Nutzung als Mittelwert zu erwarten ist. Die nach DIN 1052-1 und der DIN 4074 festgelegten Richtwerte für Holz sollten auch für

Spanplatten und Sperrholz zugrunde gelegt werden. Bei Faserplatten liegen diese Werte um ca. 3 % niedriger;

- weiter sind besondere bauliche Maßnahmen nach DIN 68800-2 über Feuchtediffusion und Beispiele zur Vermeidung von Pilz- und Insektenbefall zu beachten.

**Gegen Feuer** schützt schon das Rauchverbot im Sägewerk, auf dem Holzlagerplatz und in der Werkstatt. Leichtentzündliche Stoffe dürfen nicht in der Nähe von Holz gelagert werden. Feuerlöschgeräte in ausreichender Zahl, richtiger Anordnung und Funktionsbereitschaft sind Vorschrift.

Obwohl Holz brennbar ist, zeigt es beim Brand eine beachtliche Widerstandsfähigkeit. Es bildet nämlich an der Oberfläche durch Verkohlen eine Schutzschicht, die den Sauerstoffzutritt hemmt und damit das weitere Brennen verzögert. Außerdem verhindert das schlechte Wärmeleitvermögen des Holzes ein schnelles Ausbreiten des Feuers.

**Bauliche Maßnahmen zum Brandschutz** schreibt DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ für alle Baustoffe vor (s. Abschn. 10.2.6). Dazu gehören:

- glatte Oberflächen, abgerundete oder gebrochene Kanten;
- rissefreies Holz und große Holzquerschnitte;
- Mindestabstände des Holzes von Schornsteinen und offenen Feuerstellen;
- Verdecken oder Verkleiden der Holzteile durch nicht brennbare Plattenwerkstoffe oder Verputz.

### **3.6.4 Chemische Holzschutzmaßnahmen**

Chemische Holzschutzmittel werden eingesetzt, um tierische und pflanzliche Schädlinge an einer Zerstörung des Holzes zu hindern. Die Wirksamkeit der Mittel wird durch die giftigen Substanzen (Biozide) gewährleistet. Bei ihrem Einsatz sind unerwünschte Nebenwirkungen für Menschen, Tiere, den Boden und das Wasser nicht auszuschließen. Der Einsatz von chemischem Holzschutz ist daher soweit wie möglich einzugrenzen. Es ist unbedingt erforderlich, vor dem Einsatz die Gebrauchsanweisungen sorgfältig zu lesen und sich gegebenenfalls zusätzliche technische Merkblätter von den Herstellern zu beschaffen.

### Wichtige Grundlagen zu Fragen des Holzschutzes

In der DIN EN 35 sind die Klassifizierungen und die Eindringtiefen von Holzschutzmitteln festgelegt. Die EN 460 beschreibt die Holzschutzmaßnahmen gegen Pilze.

- in der DIN 68800-2 – Vorbeugende bauliche Maßnahmen,
- in der DIN 68800-3 – Vorbeugender chemischer Holzschutz,
- in der DIN 68800-4 – Bekämpfungsmaßnahmen gegen holzerstörende Pilze und Insekten,
- in der DIN 68800-5 – Vorbeugender chemischer Schutz von Holzwerkstoffen,
- im „Merkblatt für den Umgang mit Holzschutzmitteln“, Herausgeber ist der Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel e.V.,
- im Holzschutzmittelverzeichnis des Deutschen Institutes für Bautechnik,
- in den Landesbauverordnungen
  - im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
  - in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
  - im Chemikaliengesetz (ChemVerbotsV)
  - im Abfallgesetz (AbfBestV)
  - sowie in weiteren Gesetzen, Normen und der einschlägigen Fachliteratur.

In der DIN 68800 wird chemischer Holzschutz nur bei statisch beanspruchten Bauteilen ge-

fordert. In allen anderen Bereichen liegt der Einsatz im Ermessen der Anwender. Prinzipiell kann durch geeignete Maßnahmen (3.83) im Innenbereich von Wohnhäusern die Gefährdungsklasse GK 0 (3.82) erreicht werden und damit ist der Verzicht auf chemischen Holzschutz gegeben.

**Gefährdungsklassen.** Zur Charakterisierung des Ausmaßes einer Gefährdung von Holzbauteilen durch Holzschädlinge sind in DIN 68800-3 Gefährdungsklassen definiert; nach denen Bauteile in bestimmten Anwendungsbereichen zugeordnet sind. Tabelle 3.86 gibt diese Zuordnung wieder.

Die natürliche Dauerhaftigkeit verschiedener Holzarten kann den Einsatz von chemischen Holzschutzmaßnahmen einschränken oder gar überflüssig werden lassen. In DIN 68800-3 wird auf die Resistenzklassen Bezug genommen, genauer und ausführlicher informiert dazu die Europäische

Norm EN 460. Tabelle 3.85 informiert in Anlehnung an diese Norm über die natürliche Dauerhaftigkeit einer Holzart gegen Pilzbefall. Tabelle 3.86 nennt einige wichtige Holzarten und deren Zuordnung (Angaben gemäß EN 350-352).

3

**Tabelle 3.84** Gefährdungsklassen (GK) und zugeordnete Bauteile nach DIN 68800-3

Gefährdungsklasse	Anwendungsbereiche	Gefährdung durch			
		Insekten	Pilze	Auswaschung	Moderfäule
0	Bauteile wie in GK 1, die aber entweder allseitig durch eine geschlossene Bekleidung vor Insektenbefall geschützt oder die zum Raum hin so offen angeordnet sind, dass sie kontrollierbar bleiben	nein	nein	nein	nein
1	Innenbauteile bei einer mittleren relativen Luftfeuchte bis 70 % und gleichartig beanspruchte Bauteile		nein	nein	nein
2	Innenbauteile bei einer mittleren relativen Luftfeuchte über 70 % und gleichartig beanspruchte Bauteile Innenbauteile in Nassbereichen, Holzteile wasserabweisend abgedeckt Außenbauteile ohne unmittelbare Wetterbeanspruchung			nein	nein
3	Außenbauteile mit Wetterbeanspruchung ohne ständigen Erd- und/oder Wasserkontakt Innenbauteile in Nassräumen				nein
4	Holzteile mit ständigem Erd- und/oder Süßwasserkontakt auch bei Ummantelung				

Erläuterungen zu den Gefährdungsklassen der Tabelle 3.82

GK 0 – kein chemischer Holzschutz erforderlich

GK 1 – Chemischer Schutz gegen Insekten erforderlich. Prüfprädiat Iv.

GK 2 – s. GK 1, zusätzlicher Schutz gegen Pilze erforderlich. Prüfprädiat Iv und P

GK 3 – s. GK 2, zusätzlicher Schutz vor Auswaschung. Prüfprädiat Iv, P und W

GK 4 – s. GK 3, zusätzlicher Schutz gegen Moderfäule. Prüfprädiat Iv, P, W und E

**Tabelle 3.85** Festlegung der je nach Gefährdungsklasse erforderlichen natürlichen Dauerhaftigkeit gegen Pilzbefall (nach EN 460)

Gefährdungs- klasse*	Dauerhaftigkeitsklasse				
	1	2	3	4	5
2	I	I	I	(I)	(I)
3	I	I	(I)	(I) – (x)	(I) – (x)
4	I	(I)	(x)	x	x

\* GK 1 ist nicht aufgeführt, da dort definitionsgemäß keine Gefahr eines Pilzbefalls besteht; entsprechend ist in GK 1 die Dauerhaftigkeit aller Holzarten ausreichend gegen Pilzbefall.

- I Natürliche Dauerhaftigkeit ausreichend.
- (I) Natürliche Dauerhaftigkeit üblicherweise ausreichend, aber unter bestimmten Gebrauchsbedingungen (hohe Feuchtebeanspruchung, z.B. Schwellen) kann eine Behandlung mit Holzschutzmitteln empfehlenswert sein.
- (I) – (x) Natürliche Dauerhaftigkeit kann ausreichend sein (z.B. Fichtenholz bei einer hinterlüfteten Außenverbreterung), aber in Abhängigkeit von der Kombination Holzart, Durchlässigkeit und Beanspruchung im Gebrauch kann eine Behandlung mit Holzschutzmitteln notwendig sein (z.B. Kiefernspiltholz an einer schlecht hinterlüfteten Westfassade)
- (x) Eine Behandlung mit Holzschutzmitteln ist üblicherweise empfehlenswert, aber unter bestimmten Gebrauchsbedingungen kann die natürliche Dauerhaftigkeit ausreichend sein (z.B. amerikanisches Douglasienkernholz in einem trockenen Boden).
- x Eine Behandlung mit Holzschutzmitteln ist notwendig.

**Arten.** Je nach der gewünschten Wirksamkeit wird unterteilt nach Fungiziden (= gegen Pilzbefall) und Insektiziden (= gegen Insektenbefall).

**Nach der Beschaffenheit** unterscheidet man wasserlösliche, ölige und andere Holzschutzmittel.

**Wasserlösliche Holzschutzmittel** dienen vorwiegend zum Randschutz für halbtrockenes Holz (20 bis 30 % Holzfeuchte) und trockenes Holz (< 20 % HF). Sie lassen eine Beschichtung mit anderen Oberflächenmitteln zu, sind meist geruchlos und erhöhen nicht die Brandgefahr. Da das Wasser das Holz quellen lässt, sind die Einsatzmöglichkeiten dieser Schutzmittel begrenzt. Vor dem Anwenden löst man sie in Wasser und benutzt sie vor allem für Bauholz, Verbreterungen und Masten.

**Nicht fixierende Salze**, wie Bor- oder Fluorverbindungen, bleiben wasserlöslich und können somit ausgewaschen werden. Holzteile,

die Niederschlägen, Erdfeuchte oder direktem Kontakt mit Wasser ausgesetzt sind, sind daher nur mit Fixierenden Salzen zu behandeln. Diese wandeln sich im Holz in nur sehr schwer wasserlösliche Verbindungen um.

**Ölige Holzschutzmittel** verwendet man vorwiegend für Hölzer mit < 20 % HF. Da sich Öle nicht mit Wasser verbinden, dringen sie sofort tief ins Holz ein. Je trockener das Holz, desto besser ist sein Aufnahmevermögen. Diese Schutzmittel verändern die Holzmaße praktisch nicht, wirken zudem wasserabweisend und witterungsbeständig, sind jedoch nicht geruchsfrei. Die Beschichtung des Holzes mit anderen Mitteln ist begrenzt. Erhältlich sind ölige Schutzmittel in flüssiger, gebrauchsfertiger Form. Korrosionsgefahren bestehen nur für Kunststoffe. Bei den heute gebräuchlichen öligen Holzschutzmitteln handelt es sich in der Regel um organische Wirkstoffe, die in organischen Lösemitteln gelöst sind.

**Tabelle 3.86** Beispiele für Holzarten mit unterschiedlicher natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Pilzbefall (Angaben nach EN 350-2). Die Angaben gelten nur für das Kernholz (dunkler, innerer Holzbereich). Das Splintholz (äußerer Holzbereich) ist als „nicht dauerhaft“ einzustufen.

Klasse	Handelsname	Wissenschaftlicher Name	NH LH	Dichte kg/m <sup>3</sup>	Splintbreite cm	Herkunft
1 sehr dauerhaft	Jarrah <sup>1)</sup> Teak *	<i>Eucalyptus marginata</i> <sup>1)</sup> <i>Tectona grandis</i>	LH	830	2 bis 5	Australien
			LH	680	2 bis 5	SO. Asien
1 bis 2	Iroko Robinie	<i>Milicia excelsa</i> <i>Robinia pseudoacacia</i>	LH	650	5 bis 10	W/O. Afrika
			LH	740	< 2	Europa
2 dauerhaft	Bongossi * Edelkastanie Eiche * Western Red Cedar	<i>Lophira alata</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Quercus robur</i> <i>Thuja plicata</i>	LH	1060	2 bis 5	Afrika
			LH	590	2 bis 5	Europa
			LH	710	2 bis 5	Europa N.
			NH	370	2 bis 5	Amerika
2 bis 3	Sipo/Sipo-Mahagoni Dark Red Meranti <sup>2)</sup> Yellow Cedar*	<i>Entandrophragma utile</i> <i>Shorea sp.</i> <i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	LH	640	5 bis 10	W/O. Afrika
			LH	680	2 bis 5	SO. Asien
			NH	480	2 bis 5	N. Amerika
3 mäßig dauerhaft	Douglasie * <sup>3)</sup>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	NH	530	2 bis 5	N. Amerika
3 bis 4	Douglasie * <sup>3)</sup> Kiefer * Lärche * Light Red Meranti <sup>2)</sup>	<i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Larix decidua</i> <i>Shorea sp.</i>	NH	510	2 bis 5	Europa
			NH	520	2 bis 10	Europa
			NH	600	2 bis 5	Europa SO.
			LH	520	5 bis 10	Asien
4 wenig dauerhaft	Fichte * Tanne * Southern Pine * Western Hemlock *	<i>Picea abies</i> <i>Abies alba</i> <i>Pinus elliotii</i> <i>Tsuga heterophylla</i>	LH	460	**	Europa
			LH	460	**	Europa Z/N.
			LH	450	5 bis 10	Amerika N.
			LH	490	**	Amerika
5 nicht dauerhaft	Buche * Esche Pappel Southern Blue Gum <sup>1)</sup>	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Fraxinus excelsior</i> <i>Populus sp.</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <sup>1)</sup>	LH	710	***	Europa
			LH	700	***	Europa
			LH	440	***	Europa
			LH	750	***	Europa

Die Einstufung beruht auf Versuchen mit Erdkontakt. Da Holz ein Naturprodukt ist, sind gewisse Schwankungen möglich. Die jeweilige Klassifizierung dient in erster Linie zu einem gegenseitigen Vergleich der Holzarten, insbesondere von unbekanntem mit bekannten Holzarten.

Es sind die allgemein gebräuchlichen **Handelsnamen** aufgeführt. Regional können Unterschiede auftreten. Die in DIN 1052-1 aufgeführten Holzarten sind durch

- \* gekennzeichnet, heimische Bauhölzer sind fett gedruckt
- \*\* Hier besteht kein deutlicher Unterschied zwischen Kern und Splintholz
- \*\*\* Kein Unterschied über den Holzquerschnitt, nicht relevant.

- 1) Es gibt mehrere Hundert verschiedene Eukalyptusarten
- 2) Bei Meranti handelt es sich um ein Handelssortiment, keine bestimmte Holzart
- 3) Die Dauerhaftigkeit ist je nach Herkunft unterschiedlich.

Auf dem deutschen Markt werden ca. 1000 verschiedene Holzschutzmittel angeboten. Für alle Holzschutzmittel, die zum Schutz von tragenden Bauteilen eingesetzt werden, ist das Prüfzeichen des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) erforderlich. Dieses Prüfzeichen wird erst dann vergeben, wenn der zweckgebundene Eignungsnachweis erbracht

wurde. Neben der Bewertung der Wirksamkeit und der gesundheitlichen Folgen werden im Prüfbescheid Bedenken gegen Anwendungsbereiche sowie vorgeschriebene Einbringmengen genannt.

Die Wirksamkeit wird mit den Prüfprädikaten aus Bild 3.87 beschrieben.



V = gegen Insekten vorbeugend  
 P = gegen Pilze vorbeugend  
 W = auch für Holz, das der Witterung ausgesetzt ist, jedoch nicht in ständigem Erdkontakt  
 E = auch für Holz in extremer Beanspruchung (ständiger Erd-/Wasserkontakt)

**Bild 3.87** Prüfprädikate

Die Gebinde tragen das *Überwachungszeichen* (Ü-Zeichen) der die Produktion überwachenden Materialprüfanstalt. Alle Präparate mit gültigem Prüfzeichen werden in dem jährlich erscheinenden Holzschutzmittelverzeichnis veröffentlicht.



**Bild 3.88** Überwachungszeichen für Holzschutzmittel mit Prüfzeichen des DIBt

Holzschutzmittel, die für den Schutz von nichttragenden Bauteilen vorgesehen sind, können bislang ohne entsprechenden Nachweis verkauft werden. Nach DIN 68800-3 sollen aber auch in diesen Anwendungsbereichen nur Präparate mit den entsprechenden Prüfprädikaten verwendet werden. Die Hersteller haben sich in der Gütegemeinschaft Holzschutzmittel e.V. zusammengeschlossen und

vergeben auf Antrag ein *Gütezeichen RAL-Holzschutzmittel* (3.89). Präparate mit dem *RAL-Gütezeichen* werden im Anhang des Holzschutzmittelverzeichnisses aufgeführt und sind ferner als gesondertes Verzeichnis erhältlich.



**Bild 3.89** RAL-Gütezeichen Holzschutzmittel

**Anwendungsverfahren.** Für das Einbringen der Holzschutzmittel stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Dabei ist die Frage der Eindringtiefe der Schutzmittel von besonderer Bedeutung (3.89).

**Kurzzeitiges Tauchen** des Holzes (Kurzzeitverfahren), **Spritzen** oder **Streichen** ist als **Oberflächenschutz** anzusehen. Die Schutzmittel dringen je nach Holzart und Arbeitsaufwand nur wenige Millimeter in das Holz ein.

Bei der **Tauchimprägnierung** (Langzeitverfahren) wird das Schnittholz Stunden bis Tage in Trogtränkanlagen eingelagert. Die Eindringtiefe kann von wenigen Millimetern bis mehreren Zentimetern gehen. Durch die hohen Schutzauflagen erfolgt die Tauchimprägnierung nur in Rachtbetrieben.

Bei der **Druckimprägnierung** (Kesseldrucktränkung, Vakuumtränkung) werden die Holzschutzmittel durch Druckunterschiede in das Holz gepresst (3.90).

**Tabelle 3.90** Eindringtiefen und Schutzwirkung verschiedener Verfahren

Schutzwirkung		Eindringtiefe	Verfahren
	Oberflächenschutz	nur geringfügig eingedrungen	Streichen Spritzen Sprühen
	Randschutz	bis zu lern	Tauchen Fluten
	Tiefschutz	mehr als 1cm	Trogtränkung
	Vollschutz	vollständige Durchsetzung des Holzes	Kesseldruckimprägnierung

**Mit Sonderverfahren** bekämpft man befallene Holzteile und behandelt sie nach. Beim *Injektionsverfahren* wird das Mittel mit Hilfe von Spritzen oder Kännchen unmittelbar in die Fraßlöcher eingebracht. Nach der Behandlung verschließt man die Löcher mit Wachs. So arbeitet man vorwiegend bei der Möbelrestauration. Ebenfalls beim Aufarbeiten alter Möbel und Kunstgegenstände aus Holz nutzt man die *Begasung*. Dabei wirkt das Gas unter luftdichtem Abschluss längere Zeit auf das Holz ein.

Beim *Bohrlochverfahren* bohrt man in vorgeschriebenem Abstand Löcher in die befallenen Holzteile (Deckenbalken, Pfetten), füllt das Mittel ein und verschließt die Löcher mit Holzdübeln. Besser lässt sich die Schutzmittellösung unter Druck (z.B. 20 bar) ins Holz pressen. Zum Sanieren von befallenen Dachstühlen dient häufig das *Heißluftverfahren*. Bis zu 100 °C erhitzte Luft wird in den Dachraum geblasen. Nach 6 bis 10 Stunden Behandlung sind die tierischen Holzzerstörer abgetötet.

**Chemischer Holzschutz gegen Feuer** ist immer vorbeugend. Er macht das Holz schwerentflammbar. DIN 4102 teilt die Baustoffe nach ihrem Brandverhalten in nicht brennbare und brennbare ein (3.91).

**Tabelle 3.91** Baustoffklassen nach dem Brandverhalten

A	Nichtbrennbare Baustoffe
A 1	z.B. Kalk, Sand, Beton mit organischen Bestandteilen
A 2	Bestandteilen (z.B. Gipskartonplatten ab 12,5 mm Dicke)
B	Brennbare Baustoffe
B 1	schwerentflammbare Baustoffe
B 2	normalentflammbare Baustoffe
B 3	(z.B. Holz und Holzwerkstoffe > 2 mm Dicke) leichtentflammbare Baustoffe (z.B. Holz < 2 mm Dicke)

Durch Behandeln mit den amtlich geprüften und zugelassenen Brandschutzmitteln können Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen schwerentflammbar gemacht werden. Zu unterscheiden sind Feuerschutzsalze und schaumschutzbildende Brandschutzmittel.

**Anorganische Feuerschutzsalze (FEA)** mit Phosphaten und anderen anorganischen Bestandteilen schützen das Holz von innen heraus. Sie werden im Kesseldruckverfahren, manchmal auch handwerklich eingebracht, sind nicht witterungsbeständig und führen bei Metall und Glas zu Korrosion. Die wasserlöslichen Salze wirken gleichzeitig gegen tierische und pflanzliche Schädlinge.

### Schaumbildende Feuerschutzmittel (FES)

werden als wässrige Lösung auf innenverbaute Holzteile gesprüht oder gespritzt. Unter Feuerwirkung schäumt die Oberfläche auf und bildet so eine Schaumschicht, die den Zutritt von Sauerstoff unterbindet und damit: die Entflammbarkeit verzögert. Entsprechend dieser Feuerwiderstandsfähigkeit spricht man von Bauteilen F30, F60, F120, F180, F30 bedeutet, dass die Bauteile dem Feuer 30 Minuten lang widerstehen. Holzwerkstoffe werden mit entsprechenden Sonderpräparaten geschützt. Eingesetzt werden Salze und auch organische Wirkstoffe mit fungizider Wirkung. Holzwerkstoffe, die Schutzmittel enthalten, sind durch Hinzufügen des Buchstabens „G“ zum Plattentyp gekennzeichnet, z.B. V 100 G = Flachpressplatte mit begrenzt wetterbeständiger Verleimung, geschützt gegen holzzerstörende Pilze. Die Oberflächenbehandlung mit Anstrichmitteln kann unterschiedlichen Zwecken entsprechen.

**Anstrichmittel** für die Behandlung von Holzoberflächen stehen für unterschiedliche Ansprüche zur Verfügung. Biozidfreie Produkte sollen das Holz vor Feuchteaufnahme und Vergrauen schützen und werden als *Wetterschutzmittel* bezeichnet. Soll die Schutzwirkung gleichzeitig gegen Holzschädlinge gerichtet sein, kommen *Holzschutzgrundierungen* und *Holzschutzlasuren* zum Einsatz. Diese Produkte enthalten dann jedoch Biozide. Im Innenbereich soll Holz in der Regel vor mechanischen und chemischen Einflüssen geschützt werden und darüber hinaus eine dekorative Wirkung haben. Diese, ebenfalls biozidfreien Anstrichmittel, bezeichnet man als *Holzveredelungsmittel*.

**Zur Veredelung der Oberflächen und für den Wetterschutz** sind farblose, lasierende und deckende Anstrichmittel erhältlich. Dabei wird der Einfluss der UV-Strahlung auf die Holzoberfläche von den Pigmentbeimengungen beeinflusst.

**Farblose Anstrichmittel** sind wegen fehlender Pigmente für den Wetterschutz ungeeignet (UV-Strahlen können ungehindert auf die Holzoberfläche einwirken), dienen dagegen der Holzveredelung.

Lasierende Anstrichmittel werden entsprechend ihrem Bindemittelanteil in Dünnschichtlasuren und Dickschichtlasuren unterteilt. Sie sind sowohl als Wetterschutz als auch zur Veredelung der Oberflächen geeignet.

**Dünnschichtlasuren** sind offenporig und wasserdampfdurchlässig. Der dünne Film lässt die Holzmaserung sichtbar bleiben.

**Dickschichtlasuren** bilden auf der Holzoberfläche einen lackartigen, weitgehend dampfdurchlässigen Film. Das Quellen und Schwinden des Holzes wird eingeschränkt.

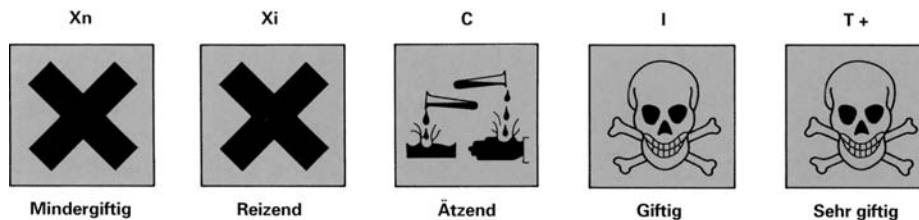
Bei **deckenden Anstrichmitteln** handelt es sich um seidengänzende Kunststofflacke in dekorativen Farbtönen. Acryllasuren und Acryllacke auf wässriger Basis lösen mehr und mehr die lösemittelhaltigen Produkte ab.

**Holzschutzgrundierungen** kommen zum Einsatz, wenn zu den genannten Forderungen der Schutz vor Holzschädlingen erforderlich ist. Die niedrigviskosen, biozidhaltigen Bindemittellösungen sollten mit einem giftfreien Schlussanstrich überzogen werden.

**Holzschutzlasuren** sind als Dünnschichtlasuren mit biozidem Zusatz und geringem Kunstharzanteil erhältlich. Grundierungen und Lasuren als Dispersion auf wässriger Basis stellen eine Alternative zu den lösemittelhaltigen Produkten dar.

Als **biologische Holzschutzmittel** werden Substanzen aus natürlichen Rohstoffen bezeichnet (Zitronenschalenöl, Holzessig, Bienenwachs u.a.). Ihre Anwendung ist ökologisch und gesundheitlich unbedenklich, die Beurteilung der Schutzwirkung unterliegt jedoch noch anderen Maßstäben als bei der Verwendung biozidhaltiger Substanzen. Der derzeitige Entwicklungsstand lässt jedoch erwarten, dass ein ungiftiger und nebenwirkungsfreier Holzschutz in absehbarer Zeit zum Standard werden kann.

**Vorsichtsmaßnahmen.** Der richtige Umgang mit Holzschutzmitteln und mit behandeltem Holz dient dem Schutz der Menschen und der Umwelt. Da die Wirksamkeit der chemischen Holzschutzmittel auf Giften beruht, muss umsichtig und sorgfältig damit umgegangen werden. Die jeweilige Gefährlichkeit der Stoffe geht aus dem Gefahrensymbol im schwarzen Druck auf orangegelbem Feld mit Kennbuchstaben und Gefahrenbezeichnung hervor (3.91).




**Bild 3.93** Gefahrensymbole der Holzschutzmittel

Holzschutzmittel, die unter den Anwendungsbereich der Gefahrstoffverordnung fallen, müssen auf dem Gebinde mit einem *Kennzeichnungsfeld* versehen sein (3.92). Dieses enthält Angaben über Gefährlichkeit (Gefahrensymbol), Warnhinweise im Hinblick auf den Umgang mit dem Produkt, Sicherheitsratschläge, Produktangaben (Bezeichnung, Art und Menge der Wirkstoffe) sowie Name und Anschrift des Herstellers.

#### Kennzeichnung nach Gefahrstoffverordnung Produktbezeichnung: ..... CKB

T

Enthält: 38 % Kaliumdichromat (380 g/kg)  
34 % Kupfersulfat (340 g/kg)  
25 % Borsäure (250 g/kg)



**Giftig**

50 kg netto

#### Herstelleranschrift

Gefahrstoffverordnung Gruppe III. Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührungen mit der Haut. Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut. Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich. Kann Krebs erzeugen in Form atembare Aerosole. Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten. Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen. Berührungen mit der Haut vermeiden. Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen. Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen. Exposition vermeiden – vor Gebrauch besondere Anweisung einholen. Verpackung nicht wiederverwenden.

Chargen-Nr.

**Bild 3.92** Beispiel eines Kennzeichnungsfeldes: hier für ein festes Holzschutzmittel

Auch wenn kein Kennzeichnungsschild vorhanden ist, ist der sachgerechte Umgang mit dem Holzschutzmittel notwendig.

**Regeln für den Umgang mit Holzschutzmitteln**

- Herstellervorschriften genau befolgen!
- Schutzmittel nur in dafür vorgesehenen Behältern aufbewahren und so lagern, dass sie für Unbefugte (Kinder!) unerreichbar sind!
- Giftige und sehr giftige Schutzmittel (Totenkopf) unter Verschluss bringen!
- Verarbeitung nur in gut be- und entlüftbaren Räumen, dabei unbedingt Schutzbrille, Gummihandschuhe und Schürze tragen! Für einige Schutzmittel sind Atemschutzgerät und Schutzanzug vorgeschrieben!

- Während des Arbeitens mit Schutzmitteln nicht rauchen, essen oder trinken, danach gründlich Hände reinigen.
- Maßnahmen treffen, um ein Eindringen der Holzschutzmittel in das Erdreich, das Grundwasser, die Kanalisation oder das Oberflächenwasser zu verhindern.
- Reste von Schutzmitteln oder behandelten Hölzern sind nach der Abfallbestimmungsverordnung umweltgerecht zu entsorgen.

3

**3.7 Handelsformen****Arbeitsauftrag Nr. 16 Lernfeld LF 1,2,3**

- Bauholz unterteilt man in Rund- und Schnittholz.  
Sie haben die Gelegenheit für ihre Berufsschule einen Schaukasten zum Thema „Handelsformen des Holzes“ zu gestalten.  
Fertigen Sie ein Plakat. Nutzen Sie zur besseren Anschaulichkeit Werbeprospekte und Kataloge der Baumärkte.
- Vor Beginn Ihres Entwurfes sollten sie mit Hilfe des folgenden Textes die Fragen beantworten können.
  1. Warum fällt man Holz lieber im Winter als im Sommer?
  2. Erläutern Sie die Angabe 7,50/35 auf der Hirnholzfläche gefällter Stämme.
  3. Was versteht man unter Industrieholz?
  4. Für welchen Einschnitt setzt man das Vollgatter ein ?  
Wie sieht das Schnittbild aus?
  5. Skizzieren Sie
    - a) drei Kantholz- und Balkenschnitte (Systemskizze)
    - b) einen Prismen- oder Modellschnitt
    - c) einen Spiegelschnitt
  6. Erläutern Sie anhand einer Skizze die Unterschiede von unbesäumtem, parallel und konisch besäumtem Schnittholz.
  6. Woran erkennt man die rechte und die linke Seite eines Brettes ( Skizze )?
  7. In Welchen Handelsformen ist Schnittholz lieferbar ?
  8. Welcher Unterschied besteht zwischen Kanthölzern und Balken?
  9. Wodurch unterscheiden sich Bretter und Bohlen?

**3.7.1 Rundholz**

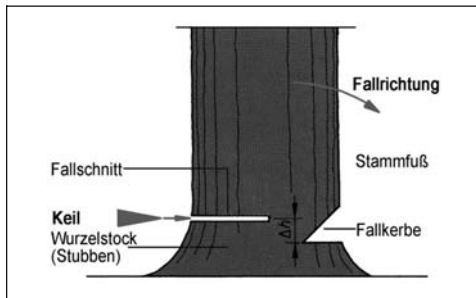
**Winterfällung.** Der Weg des Holzes beginnt mit dem Einschlag, d.h. dem Fällen. Dazu nutzt man nach Möglichkeit den Winter, also die Wachstumspause. In diesen Monaten ste-

hen der Forstwirtschaft in waldreichen Gegenden auch mehr Arbeitskräfte zur Verfügung, die während des Sommers in der Landwirtschaft tätig sind. Das saftarme Winterholz lässt sich ohne Gefährdung durch Pilze und Insekten einige Zeit lagern. Es kann darum langsa-

mer austrocknen. Nicht zuletzt sind die Transportbedingungen (Rücken des Holzes) im Winter günstig (gefrorene Waldwege).

**Sommergefälltes** Holz sollte dagegen unmittelbar nach dem Einschlag abtransportiert, eingeschnitten und sorgfältig gelagert werden. Liegt es zu lange auf dem Waldboden, erstickt es oder wird stockig (Buche, Ahorn), Kiefern verblauen, Fichten und Tannen werden leicht rotstreifig. Pilze und Insekten finden günstige Lebensbedingungen.

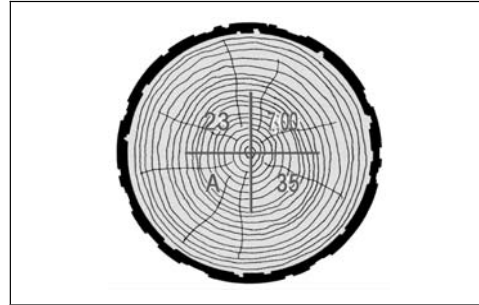
**Gefällt** wird heutzutage überwiegend mit der Motor(Ketten)säge und mit Spezialmaschinen, seltener mit der Axt oder der Handsäge. Das Fällen erfordert umfangreiche Sachkenntnis und viel Geschick. Es gilt Unfälle zu vermeiden und Beschädigungen an anderen Bäumen auszuschließen. Auf der Fallseite wird der Fallkerb angebracht, auf der gegenüberliegenden Seite etwas höher der Fallschnitt (3.93). Ein hinter der Säge eingeschlagener Keil verhindert das Klemmen der Säge und fällt nach weiterem Eintreiben den Baum.



**Bild 3.94** Fällen eines Baumes

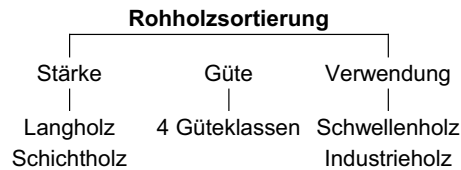
**Ausformen.** An das Fällen schließt das Ausformen an. Die Äste werden vom Schaft abgetrennt, der Schaft wird „abgelängt“ (vermessen und zerschnitten). Das ausgeformte Rohholz wird nach Stärke, Güte und geplantem Verwendungszweck sortiert und gekennzeichnet (3.94). Grundlagen für die Sortierung und Kennzeichnung sind folgende Vorschriften:

- Eu-Richtlinien
- Gesetz über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz (HKS = Handelsklassensortierung),
- ergänzende oder abweichende Regelungen der einzelnen Bundesländer.



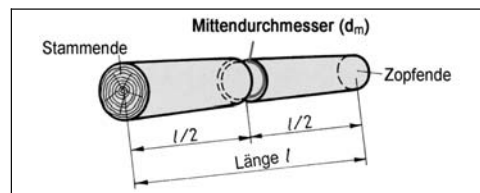
**Bild 3.95** Rohholz-Kennzeichnung  
 23 = Stammnummer  
 7,00 = Stammlänge in m  
 35 = Mittendurchmesser in cm  
 A = Güteklasse

Nach dem Rohholzsorten-Gesetz ist Rohholz gefälltes, entwipfeltes und entastetes Holz, auch wenn es entrindet, abgelängt oder gespalten ist.



**Langholz** sind Stämme oder Stammteile, eingeteilt nach Mittenstärke-, Heilbronner oder Stangensortierung, die nach Festmetern (fm) oder Kubikmetern ( $m^3$ ) gehandelt werden.

**Bei der Mittenstärkeortierung** wird das Stammholz auf ganze, halbe oder zehntel Meter abgelängt und nach dem Mittendurchmesser (ohne Rinde) in Stärkeklassen eingeteilt (3.96 und 3.97).



**Bild 3.96** Mittendurchmesser  $d_m$

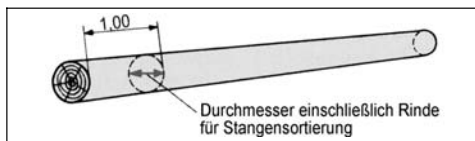
**Bei der Stangensortierung** unterteilt man das Langholz nach dem Durchmesser mit Rinde, gemessen 1 Meter über dem dickeren Ende (3.98 und 3.99).

**Tabelle 3.97** Mittenstärkesortierung

Klasse	Mitten-Ø in cm
L0	bis 10
L1 a	10 bis 14
L1 b	15 bis 19
L2 a	20 bis 24
L2 b	25 bis 29
L3 a	30 bis 34
L3 b	35 bis 39
L4	40 bis 49
L5	50 bis 59
L6	über 60

**Tabelle 3.98** Stangensortierung

Klasse	Durchmesser in cm	Länge (Nadelholz) in m
P1	bis 6	–
P2	7 bis 13	–
P2.1	7 bis 9	über 6
P2.2	10 bis 11	über 9
P2.3	12 bis 13	über 9
P2.4	12 bis 13	über 12
P3	über 14	–

**Bild 3.99** Durchmesser einschließlich Rinde für Stangensortierung

**Schichtholz** wird im Allgemeinen rund oder gespalten in Längen von 1 m, 2 m, seltener 3 m geschnitten und gestapelt. Je nach Bundesland unterscheidet man dabei noch nach Industrie- oder Brennholz.

**Gütesortierung.** Das Stamm-Rohholz wird im [Eu-Raum] einheitlich in 4 Güteklassen eingeteilt. Dabei sind Wuchsform, Astigkeit und Holzfehler entscheidend (3.100).

Zu den Güteklassen A, B, C und D sind Nummer, Länge in m, Mittendurchmesser in cm und Kennzeichen anzuschreiben oder anzuschlagen. Holz ohne besondere Güteklassenbezeichnung gehört in die Klasse B. Furnierholz (F) ist der Güteklasse A zuzuordnen.

**Nach der Verwendung** gibt es Schwellen- und Industrieholz.

**Schwellenholz ist gesundes**, auch astiges Rohholz für Eisenbahnschwellen. Es wird in die Güteklassen SW1 bis SW4 eingeteilt.

**Industrieholz** ist Rohholz, das mechanisch oder chemisch zu Schicht- oder Langholz aufgeschlossen werden soll. Man teilt es ein in drei Güteklassen.

**Tabelle 3.100** Güteklassen

Klasse	Beschreibung
A	Gesundes Holz mit ausgezeichneten Arteeigenschaften, fehlerfrei oder nur mit unbedeutenden Fehlern, die die Verwendung nicht beeinträchtigen.
B	Holz von normaler Qualität einschließlich stammgetrocknetem Holz mit einem oder mehreren Fehlern wie schwache Krümmung und schwacher Drehwuchs, geringe Abholzigkeit, einige gesunde Äste von kleinem oder mittlerem Durchmesser (nicht grobastig!), geringe Anzahl kranker Äste von geringem Durchmesser, leicht exzentrischer Kern, einige Unregelmäßigkeiten des Umrisses oder andere durch eine gute allgemeine Qualität ausgeglichene Fehler.
C	Holz, das wegen seiner Fehler nicht zu den Güteklassen A und B gehört, jedoch gewerblich verwendbar ist. Hierunter fallen z.B. starkastige, stark abholzige oder stark drehwüchsige Stücke sowie abholzige oder astige Zopfstücke und kranke Stücke mit tiefgehenden faulen Ästen, Rot- und Weißfäule (aber nicht kleinen Faulflecken) oder anderen wesentlichen Pilz- oder Insektenzerstörungen sowie Stücke mit weitgehender Ringschäle.
D	Holz, das wegen seiner Fehler nicht in die anderen Güteklassen gehört, jedoch mindestens noch zu 40 % gewerblich verwendbar ist.

### Aufmaß und Berechnung des Rundholzes.

Der Stamm bildet einen Kegelstumpf verjüngt sich nach oben. Deshalb berechnen wir das Stammvolumen (mit oder ohne Rinde) nach der Formel des Kegelstumpfes (Näherungsformel):

$$\text{Volumen} \approx \text{Mittendurchmesser}^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \text{Länge}$$

$$V = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$$

$$\text{Übliche Formel: } V = d^2 \cdot 0,78 \cdot l$$

Den Mittendurchmesser ermittelt man bei Stämmen bis 19 cm Durchmesser durch einmaliges Kluppen (Messen), ab 20 cm durch zweimaliges Kluppen senkrecht zueinander (3.101).

Die Maße werden nach unten auf ganze Zentimeter abgerundet. Für zweimaliges Kluppen lautet die Formel:

$$V = (d_{m1} + d_{m2})^2 \cdot \pi / 4 \cdot l$$

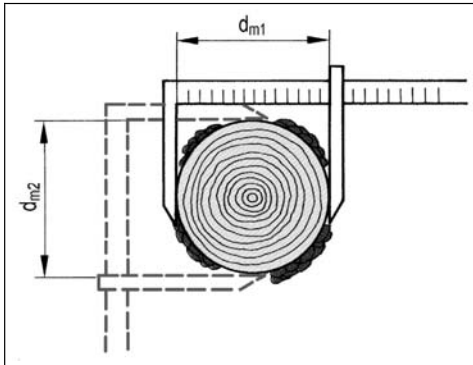


Bild 3.101 Zweimaliges Kluppen

**Beispiel**

Ein Eichenstamm mit einer Länge von 7,50 m wird zweimal gekluppt.  $d_{m1}$  ist 30 cm,  $d_{m2}$  32 cm. Berechnen Sie den Stamminhalt (Volumen) in  $m^3$ .

**Lösung**

$$V = \left( \frac{d_{m1} + d_{m2}}{2} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l$$

$$= \left( \frac{0,30 \text{ m} + 0,32 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 0,785 \cdot 7,50 \text{ m}$$

$$V = 0,31 \text{ m}^2 \cdot 0,785 \cdot 7,50 \text{ m} = \mathbf{0,566 \text{ m}^3}$$

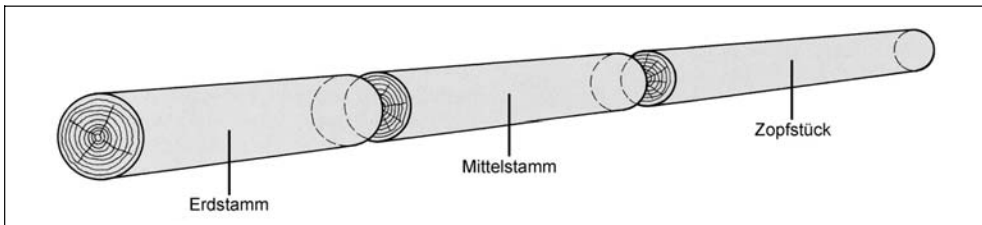


Bild 3.102 Stammteile

**3.7.2 Schnittholz****Arbeitsauftrag Nr. 17 Lernfeld LF 1,2,3**

- Fertigen Sie eine technische Zeichnung nach DIN 919 auf einem DIN A3 Blatt hochkant Lage im M1:1 über die Halbfertigerzeugnisse aus der Tabelle 3.112 an.

Zeichnen Sie jeweils zwei ineinander geschobene Bretter. Ihre Zeichnung sollte gespundete Blätter, Fasebretter, Stülpchalungsbretter, und Profilbretter mit Schattennut zum Inhalt haben.

**Schnittholz** entsteht durch Zersägen von Rundholz parallel zur Stammachse. Daraus ergeben sich z. B. Bretter, Bohlen, Kanthölzer und Balken.

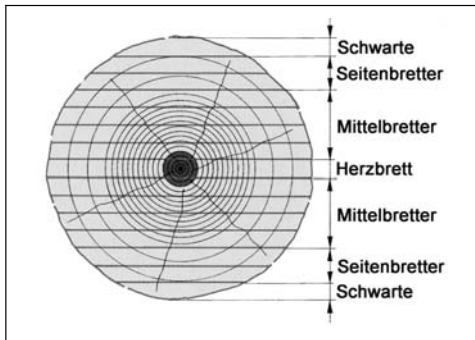
**Einschnitt im Sägewerk.** Unter Berücksichtigung der bestmöglichen Verwertung längt man im Sägewerk die Stämme noch einmal auf handelsübliche oder in Auftrag gegebene Längen ab. Auf Kreissägen besäumt man mit mehreren großen Sägeblättern (Vielblattkreissägen) Bohlen und Bretter oder schneidet sie zu Latten.

Die Einschnittarten richten sich nach den gewünschten Querschnittsmaßen (3.104)

Dabei unterscheiden wir nach Bild 3.102.

- **Erdstamm**, wertvolles, astreines Holz für Blockware,
- **Mittelstamm**, gutes Holz für Kanthölzer, Balken, Bohlen und Bretter,
- **Zopfstück**, sehr astiges Holz für Kanthölzer und Balken.

Um die Stämme optimal auszunutzen, fertigt der Rundholzteiler vor dem Einschneiden eine Skizze an. Zum Einschneiden dienen Band-, Kreis-, Ketten-, vor allem aber Gattersägen. Das Vertikal- oder Senkrechtgatter zerschneidet in einem Durchgang den Stamm nach Anzahl der eingehängten Sägeblätter und ihrem Abstand voneinander (3.103).



**Bild 3.104** Vollgattereinschnitt

Beim Einschnitt ist die Holzfeuchte zu berücksichtigen. Das *Sägemaß* ergibt sich daher aus dem *Nennmaß* zuzüglich Schwindmaß des Holzes bis zur Maßbezugsfeuchte. Dagegen ist das *Sollmaß* nach Maschinenschnitt bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu erreichen.

3

**Das Volumen** des Schnittholzes ergibt sich aus den Normmaßen Dicke mal Breite mal Länge in  $m^3$ , auf drei Stellen hinter dem Komma genau (z.B. 0,753  $m^3$ ).

**Tabelle 3.103** Gatterschnitte



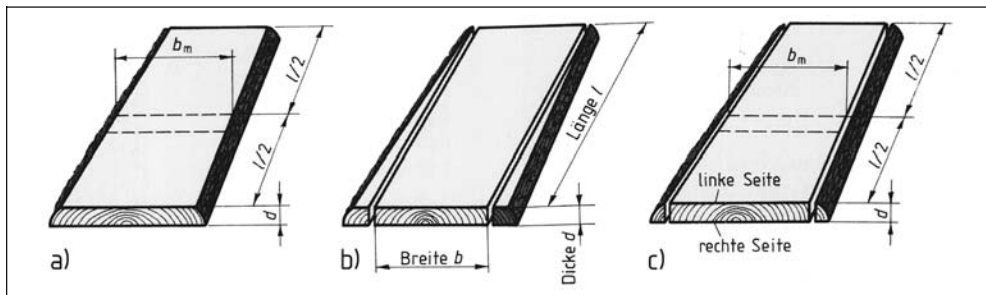
**Tabelle 3.105** Schnittarten

Kantholz- und Balkenschnitte				
	einstielig' Ganzholz	zweistielig' Halbholz	dreistielig	vierstielig' Kreuzholz
Bretter- und Bohlenschnitte				
	Scharf-(Rund-)schnitt unbesäumt	besäumt	Prismen- (Model-)schnitt	
Rift- und Spiegelschnitte				
	Halbrift	Quartierschnitt unbesäumt	Spiegelschnitt unbesäumt	



**Unbesäumtes und besäumtes Schnittholz.** Beim Scharfschnitt bleibt die Baumkante stehen – das Holz ist unbesäumt (3.106a). Seine Breite  $b_m$  wird in der Mitte gemessen, bei Dicken  $< 40$  mm auf der Linken Seite (nach DIN 68371 nicht zwingend vorgeschrieben),  $> 40$  mm als Mittelwert aus den Breitenmaßen beider Seiten. Bei parallel besäumtem Schnittholz werden die Bretter parallel beschnitten, so dass die Ware in der ganzen Länge gleich breit ist (3.106b). Dicke und Breite misst man an beliebiger Stelle,

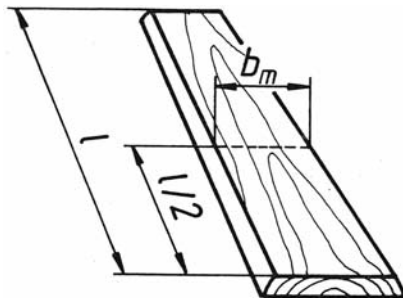
mindestens jedoch 15 cm von den Hirnholzenden entfernt. Bei konisch besäumtem Schnittholz verlaufen die Besümschnitte an der Baumkante entlang (3.106c). Der Abfall ist geringer, die Ware aber nicht gleich breit. Gemessen wird ihre Breite in der Brettmitte. Die dem Stamminneren (Kern) zugewendete Seite bezeichnet man als *rechte Seite*, die der Stammoberfläche (Splint) zugewendete als *linke Seite*. Je nach Lagerung und Zuschnitt unterscheidet man Block-, Vorrats-, Dimensions- und Listenware.



**Bild 3.106** Schnittholz  
a) unbesäumtes Schnittholz, b) parallel besäumtes Schnittholz, c) konisch besäumtes Schnittholz

### Rechenbeispiele:

#### Unbesäumte Bretter



**Fläche :**  $A = l \cdot b_m$

$b_m =$  mittlere Breite, auf der linken Brettseite gemessen

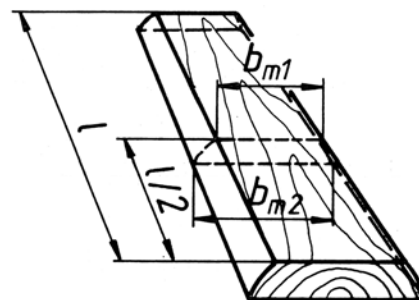
Es ist die Fläche eines unbesäumten Brettes zu berechnen. Die Maße wurden am Zopfende mit 34 cm am Stockende mit 46 cm und in der Länge mit 5,40 m ermittelt.

$$A = l \cdot b_m$$

$$b_m = \frac{0,34 \text{ m} + 0,46 \text{ m}}{2} = 0,40 \text{ m}$$

$$A = 5,40 \text{ m} \cdot 0,40 \text{ m} = \underline{\underline{2,16 \text{ m}^2}}$$

#### Unbesäumte Bohlen



**Fläche :**  $A = l \cdot b_m$

$$b_m = \frac{b_{m1} + b_{m2}}{2}$$

$b_{m1}$  = mittlere Breite, auf der linken Boh-  
lenseite gemessen

$b_{m2}$  = mittlere Breite, auf der rechten  
Bohlenseite gemessen

Die unbesäumte Bohle hat eine Stärke von 55 mm. Die Mitte beträgt auf der rechten Seite 38 cm und auf der linken 31 cm. Die Bohle hat eine Länge von 4,85 m.

$$A = l \cdot b_m$$

$$b_m = \frac{0,38 \text{ m} + 0,31 \text{ m}}{2} = 0,345 \text{ m}$$

$$A = 4,85 \text{ m} \cdot 0,345 \text{ m} = \underline{\underline{1,67 \text{ m}^2}}$$

**Blockware** zeigt Bild 3.107. Die Bohlen und Bretter werden an ihrer Oberseite gemessen - die obere Hälfte des Blocks also auf der Schmalseite, die untere auf der Breitseite.

**Vorratsware** sind Querschnitte, die bevorzugt verwendet und daher im Sägewerk und Handel vorrätig gehalten werden. Für den Tischler und Holzmechaniker bedeutet dies kurze Lieferzeiten und Kosteneinsparungen.

**Dimensionsware** ist Schnittholz in nicht handelsüblichen, nur auf Bestellung gefertigten Abmessungen.

**Listenware** ist Schnittholz in normalerweise nicht vorrätigen Abmessungen.

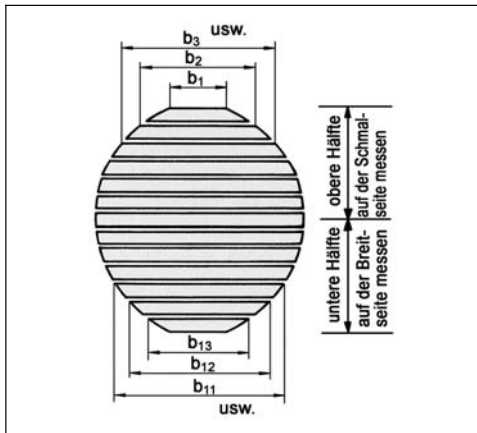
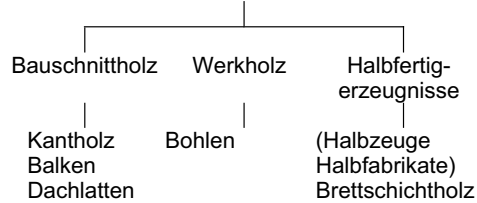


Bild 3.107 Blockware (Bloche)

**Kanthölzer** haben einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt mit Querschnittseiten von mindestens 6 cm.

#### Schnittholz-Handelsformen



3

**Balken** sind Kanthölzer, deren größere Querschnittseite mindestens 200 mm beträgt.

Dachlatten haben eine Querschnittfläche bis 32 cm<sup>2</sup>.

Kanthölzer, Balken und Dachlatten werden in Holzlisten mit ihrer Breite und Höhe (durch Schrägstrich getrennt) angegeben. Dabei liegt halbtrockener Zustand zugrunde. Der mittlere Feuchtigkeitsgehalt darf also höchstens 30 % des Darrgewichts betragen (Fasersättigungsbereich). Tabelle 3.108 gibt die Abmessungen der Hölzer an.

Tabelle 3.108 Bauschnittholz-Abmessungen nach DIN 4070

Kantholz	$A_{\min} = 36 \text{ cm}^2$ , $A_{\max} = 288 \text{ cm}^2$ 6/6, 6/8, 6/12, 8/8, 8/10, 8/12, 8/16, 10/10, 10/12, 12/12, 12/14, 12/16, 14/14, 16/16, 16/18, 14/16 cm
Balken	$A_{\min} = 100 \text{ cm}^2$ , $A_{\max} = 480 \text{ cm}^2$ 10/20, 10/22, 12/20, 12/24, 16/20 18/22, 20/20, 20/24 cm
Dachlatten	24/48, 30/50, 40/60 mm

**Bohlen** (Dielen) sind mindestens 40 mm dick, ihre große Querschnittseite ist wenigstens doppelt so groß wie die kleine.

Bretter haben eine Dicke zwischen 8 und 39 mm und eine Breite von wenigstens 80 mm. Die Maße gelten bei 14 bis 20 % HF, also bei Lufttrockenheit. Die Normallängen liegen zwischen 1500 und 6000 mm bei Abstufungen von 250 und 300 mm. Bei Stamm- und Blockware beträgt die Abstufung 100 mm, bei Dimensionsware 10 mm. Die Tabelle 3.109 zeigt die Abmessungen.

**Tabelle 3.109** Werkholz-Abmessungen

	Bohlendicke in mm	Bretterdicke in mm
Nadelholz, ungehobelt nach DIN 4071	44, 48, 50, 63, 70, 75, $\pm 1,5$ ; 63, 70, 75 $\pm 2$	16, 18, 22, 24, 38 $\pm 1$
Nadelholz, gehobelt nach DIN 4073		
Europäische Ware	41,5, 45,5 $\pm 1$	13,5, 15,5, 19,5 $\pm 0,5$ 9,5, 11, 12,5,
Nordische Ware	40, 45 $\pm 1$	14, 16, 19,5 $\pm 0,5$
Laubholz, ungehobelt nach DIN 68372 bei 18 % HF	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80,90, 100	18, 20, 25, 30, 35

**Beispiele**

Ungehobelte Bretter und Bohlen aus Nadelholz Brett DIN 4071					
22	x	120	x	3000	– FI II
Dicke		Breite		Länge	Holzart Güteklasse DIN 68 365
Gehobelte Bretter und Bohlen aus Nadelholz Brett DIN 4073					
15,5	x	120	x	3000	– FI II
Dicke		Breite		Länge	Holzart Güteklasse DIN 68 365

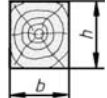
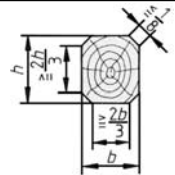
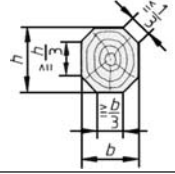

**Tabelle 3.110** Güteklassen für Bauschnittholz nach DIN 4074

Güteklasse	I	II	III
Schnittklasse mind.	A	B	C
Tragfähigkeit	besonders hoch	gewöhnlich	gering

**Schnitt- und Güteklassen für Bauschnittholz.** DIN 4074 legt die Anforderungen fest. Für vielseitig und parallel geschnittenes Bauholz gibt es nach Breite der zulässigen Baumkante vier Schnittklassen (3.111). Die Güteklassen berücksichtigen Fehler und Krankheiten sowie Tragfähigkeit des Holzes (3.110).

**Halbfertigerzeugnisse,** auch Halbzeuge oder Halbfabrikate genannt, brauchen nur noch abgelängt und oberflächenbehandelt zu werden. Hergestellt werden sie für besondere Zwecke aus den gängigen Bauschnitthölzern. Ihre Abmessungen und Qualitäten sind weitgehend genormt. Wegen großer Stückzahlen lassen sie sich rationell und daher preisgünstig fertigen. Die Aufstellung 3.112 gibt einen Überblick über Halbfertigerzeugnisse aus europäischen (nichtnordischen) Hölzern.

**Tabelle 3.111** Schnittklassen für Bauholz nach DIN 4074

Schnittklasse	Bezeichnung	Form, Abmessung	Darstellung am Ganzholzquerschnitt
S	scharfkantig	keine Baumkanten zulässig	
A	vollkantig	Baumkanten sind zulässig, ihre größte Breite darf $\frac{1}{8}$ der größeren Querschnittseite nicht überschreiten, von jeder Querschnittseite müssen mindestens $\frac{2}{3}$ von Baumkanten frei bleiben.	
B	fehlkantig	Baumkanten sind zulässig, ihre größte Breite darf $\frac{1}{3}$ der größeren Querschnittseite nicht überschreiten, von jeder Querschnittseite muss mindestens $\frac{1}{3}$ von Baumkanten frei bleiben.	
C	sägegestreift	der Querschnitt muss auf allen vier Seiten durchlaufend von der Säge gestreift sein	

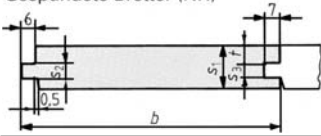
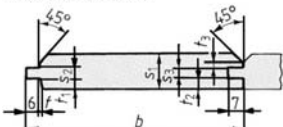
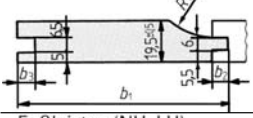
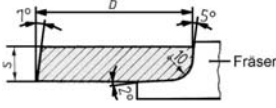
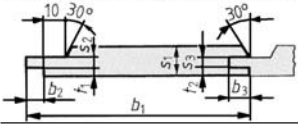
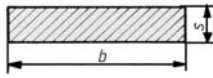
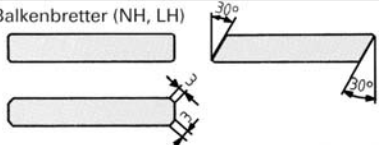
**Brettschichtholz (BSH).** Nach DIN 1052 besteht BSH aus mind. drei, beidseitig formparallel verleimten Brettern aus Nadelholz. Es wird in die Güteklassen I und II unterteilt. Es darf nur von Betrieben hergestellt werden, die eine entsprechende Leimgenehmigung erhalten haben (Leimlizenz).

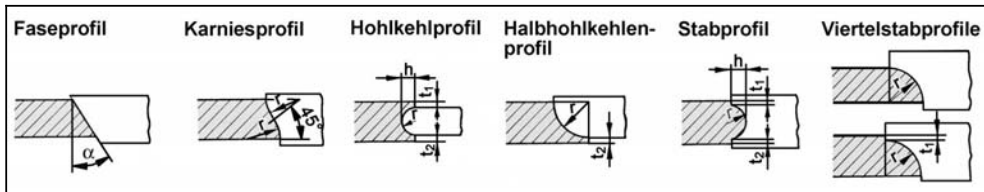
Brettschichtholz darf bei der Herstellung nur eine Holzfeuchte von  $\leq 15\%$  besitzen. Je nach

späterem Anwendungsbereich werden die einzelnen Schichten mit unterschiedlichen Leimen (z.B. Bauteile, die der Witterung ausgesetzt sind, mit Resorcinharzleim) verbunden.

*Vorteile von BSH:* Hohe Holzqualität für höhere Beanspruchungen, Einsatzmöglichkeiten weit über die Verwendung von Vollholz hinausgehend, geringes Quell- und Schwindverhalten.

**Tabelle 3.112** Halbfertigerzeugnisse

Art	Beschreibung und Abmessung in mm $D = \text{Dicke}, B = \text{Breite}, L = \text{Länge}$
Gespundete Bretter (NH) 	Bretter mit Nut und angehobelter Feder $D$ 15,5, 19,5 $\pm$ 0,5; 25,5, 35,5 $\pm$ 1,0 $B$ 95, 115 $\pm$ 1,5; 135, 155 $\pm$ 2,0 $L$ 1500 bis 4500 Stufung 250, 4500 bis 6000 Stufung 500 <sup>+50</sup> <sub>-25</sub> DIN 68122 $S_1 = D$ $S_2 = 6$ $S_3 = 7 (6,5)$
Fasebretter (NH) 	gehobelte und gespundete Bretter mit Nut und angehobelter Feder $D$ 15,5, 19,5 $\pm$ 0,5 $b$ 95, 115 $\pm$ 1,5 $L$ wie gespundete Bretter DIN 68122 $S_1 = D$ $S_2 = 6$ $S_3 = 7 (6,5)$
Stülpchalungsbretter (NH) 	gehobelte und gespundete Bretter mit Nut und angehobelter Feder $D$ 19,5 $\pm$ 0,5 $B_1$ 115 $\pm$ 1,5; 135, 155 $\pm$ 2,0 $L$ wie gespundete Bretter DIN 68123 $b_1 = B$ $b_2 = 6$ $b_3 = 7 (6,5)$
Fußleisten (NH, LH) 	zum Fugenabschluss zwischen Fußboden und Wand und zum Tapetenschutz $b_1 = 73$ <b>Beispiel</b> Fußleiste 15 $\times$ 73 $\times$ 3000 DIN 68125-FI $S = 15$
Profilbretter mit Schattennut (NH, LH) 	gespundetes Brett mit Nut und angehobelter Feder <b>Beispiel</b> Profilbrett DIN 68126 – 12,5 $\times$ 96 $\times$ 3000 – FI II $b_1 = 115 \pm 1,5$ $b_3 = 7$ $S_1 = D$ $S_2 = 6$ $b_2 = 6$ $S_3 = 7 (6,5)$
Akustikbretter (NH, LH) 	gehobelte Bretter mit glatten oder genuteten Kanten für schallschluckende Verkleidungen von Wänden und Decken $b = 94$ $S = 19,5$ <b>Beispiel</b> Glattkantbrett 19,5 $\times$ 94 $\times$ 3000 DIN 68127-PIR(Redpine)
Balkenbretter (NH, LH) 	vierseitig gehobelte Bretter, Kanten rechteckig (Form A), gefast (Form B) oder abgeschrägt (Form C) <b>Beispiel</b> Brett DIN 68128 – B 27 $\times$ 143 $\times$ 3000 – FI II



3

Bild 3.113 Holzprofile nach DIN 68 120

### 3.8 Furniere und Furniertechnik

#### Arbeitsauftrag Nr. 18 Lernfeld LF 5

- Um die Kunden zukünftig über Furniere und Furniertechniken beraten zu können, müssen Sie sich fundierte Kenntnisse zu diesem Thema erarbeiten. Erstellen Sie eine persönliche „Beratungsmappe – Grundwissen Furniertechnik“. Die nachfolgenden Fragen sollen Ihnen bei der Arbeit helfen. Echtholzfurniere bieten die Möglichkeit einer optischen Aufwertung Ihrer Mappe.

- Was sind Furniere? Wozu dienen sie?
- Welche Gründe sprechen für die Verwendung von Furnieren gegenüber Vollholz?
- Welche Herstellungsverfahren für Furniere kennen Sie? Erläutern Sie die Techniken.
- Nach welchem Verfahren stellt man Furniere für Sperrholz her?
- Warum dämpft oder kocht man das Holz vor der Verarbeitung?
- Welche Bedingungen muss ein Lagerraum für Furniere erfüllen?
- Warum darf die Reihenfolge der Furniere in den Paketen nicht geändert werden?
- Was versteht man unter Deckfurnier?
- Welche Aufgaben haben Blindfurnier und Absperrfurnier?
- Was sagt DIN 4079 über die Furnierdicken aus?
- Nach welchen Gesichtspunkten wählen Sie ein Furnier aus?
- Warum bringt man vor dem Furnieren hochwertiger Möbel Vollholzkanten (Anleimer) an?
- Was versteht man unter Stürzen der Furniere?
- Wie bessern Sie eingerissene Furnierblätter, Wuchsfehler oder wellige Furniere aus?
- Warum sollen Sie möglichst beide Seiten mit gleichem und gleich dickem Furnier bekleben?
- Beschreiben Sie typische Verleimfehler und ihre Beseitigung.

#### Arbeitsvorschlag

- Der Besuch eines Furnierwerkes bietet die Möglichkeit Ihre Kenntnisse zu Vertiefen und die Fertigung von Furnieren sinnlich zu erleben.

In den Museen finden Sie antike Möbel und Wandverkleidungen mit schmückenden Darstellungen aus verschiedenfarbigen Hölzern. Wenn Sie genau hinschauen, stellen Sie fest, dass diese Hölzer in Vertiefungen eingelegt sind. Die Kunst dieser Einlegearbeiten oder Intarsien stand einst in hoher Blüte. Schon vor mehr als 4000 Jahren war das Furnieren bekannt. Funde aus dem alten Ägypten zeigen, wie hervorragend die Handwerker die Furniertechnik beherrschten. Sogar die Herstellung von Sperrholz lässt sich im Altertum nachweisen. Auch im Mittelalter wurde furniert. Viele mit kunstvollen Intarsien versehene Möbel

aus der Renaissance, dem Barock und Rokoko sind uns erhalten geblieben. Mit dem Messer oder Stecheisen arbeitete der Künstler Vertiefungen in die Holzoberfläche und füllte sie mit Hölzern, aber auch mit Metallen, Perlmutter, Bernstein oder Elfenbein. Heute stellt man Furniere in weitgehend automatisierten Industriebetrieben her.

Die Verwendung von Furnier stellt sowohl ökonomisch als auch ökologisch eine sinnvolle Nutzung des natürlichen Werkstoffes Holz dar. Der sparsame Umgang mit dem Naturprodukt Holz ist beeindruckend: so lassen sich aus

einem Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Holz 16 komplette Schlafzimmeroberflächen fertigen. Erzeugnisse werden damit für viele Menschen erschwinglich. Furnier ist gleichzeitig ein moderner Werkstoff mit einem hohen Gestaltungspotential.

Im Möbel- und Innenausbau werden heute vorwiegend Furniere für die Gestaltung der Oberflächen verwendet.

#### Gründe für das Furnieren

- Der Rohstoff Holz wird immer knapper und damit auch teurer.
- Massives Holz arbeitet, neigt also zum Reißen und Verziehen.
- Die dekorative Wirkung edler Hölzer lässt sich besser nutzen.
- Design- und Gestaltungsmöglichkeiten für den modernen Möbelbau
- Beachtung des Nachhaltigkeitsgebots unserer Rohstoffe

### 3.8.1 Furnierherstellung und -arten

**Zur Furnierherstellung** ist nur ausgesuchtes Rundholz verwertbar. Geschulte Holzeinkäufer



**Bild 3.114** Rundholz auf dem Lagerplatz

sind daher in der ganzen Welt unterwegs, um solche Stämme einzukaufen oder zu ersteigern. Alle Stämme werden im Werk gezeichnet, d.h. mit einer Nummer, mit Eingangsdatum, Herkunftsland und Maßangaben versehen (3.114). Die Stämme werden an den Hirnenden von den „Schmutzscheiben“ getrennt, in die gewünschten Längen eingeteilt und entrindet. Auf der Blockbandsäge oder der Kreissäge richtet man den Stamm zu, trennt ihn also in

Halb-, Drittel- oder Viertelblöcke (Quartiers) auf. Durch Kochen und Dämpfen in Dämpfgruben oder -kammern wird das Holz geschmeidig gemacht, damit man einen sauberen Schnitt erzielt. Einige Hölzer verändern beim Dämpfen mit gesättigtem Wasserdampf den natürlichen Farbton. Kochen beeinträchtigt den Farbton dagegen weniger. Bei der Herstellung unterscheidet man Sägen, Messern und Schälern.

**Sägefurnier** hat heute keine wirtschaftliche Bedeutung mehr. Bei diesem ältesten Verfahren werden die Furniere ohne Vorbehandlung (also auch ohne Verfärbung) vom Furniergatter in 1 bis 4 mm Dicke eben und daher rissefrei geschnitten. Der Holzverlust durch den Sägeeinschnitt (50 % und mehr!) und der große Zeitaufwand erfordern einen hohen Preis. Daher wird Sägefurnier nur noch für besonders hochwertige und stark beanspruchte Teile in der Möbelrestauration und im Instrumentenbau verwendet. Geriegelter Ahorn wird z.B. nach dieser Technik für den Instrumentenbau aufgearbeitet.

**Messerfurnier** wird spanlos mit einem Messer vom Stamm geschnitten. Die auf der Blockbandsäge zugerichteten Stammabschnitte werden nach dem Dämpfen oder Kochen auf zwei Seiten glatt und parallel gehobelt, dann durch horizontale oder vertikale Messermaschinen in Furnierblätter zerlegt. Beim horizontalen Aufarbeiten gleitet das Messer waagrecht und im Schrägschnitt über den auf einem Tisch fest eingespannten Block und schneidet so etwa 50 Blatt in der Minute. Dabei werden vorwiegend größere Blöcke verwendet, Starkschnittfurniere und besondere Furniere (z.B. Pyramidenfurnier) erzeugt. Häufiger setzt man die vertikale Messermaschine ein. Hier bewegt sich der Stamm bis zu 100 Schnitten in der Minute senkrecht an einem feststehenden Messer vorbei. Je nach Zurichtung des Stammholzes erhält man beim Messern gefladerte (blumige) oder streifig gezeichnete Furniere. Messerfurniere krümmen sich beim Schneiden so stark, dass an der Unterseite Haarrisse auftreten. Idealerweise werden sie darum bei schmalen Werkstücken mit der Unterseite aufgeleimt. Bei breiten Werkstücken werden durch Stützen der Furnierblätter dekorative Flächen erzielt, die kaum sichtbaren Haarrisse werden durch die Behandlung der Oberfläche für den Laien nicht mehr sichtbar.

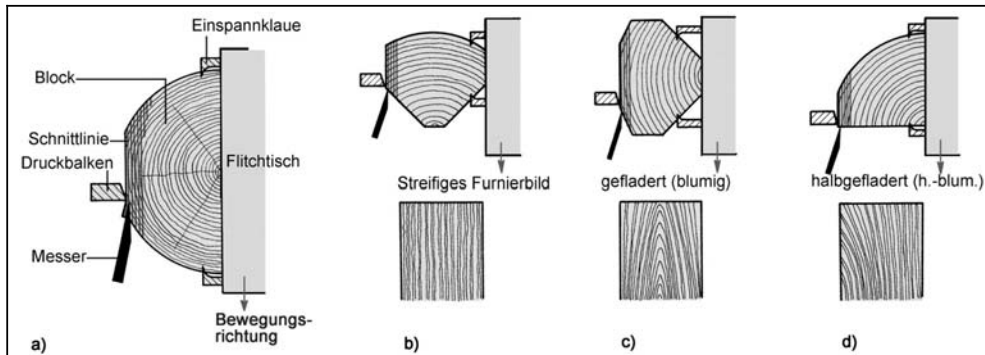


Bild 3.115 Messern

a) Flachmessern, b) Echt-Quartier-Messern,  
c) Flach-Quartier-Messern, d) Faux-Quartier-Messern

#### Wir unterscheiden 4 Methoden des Messerns:

**Beim Flachmessern** wird der Halblock mit der Kernseite auf dem Tisch eingespannt. Je nach Schnittlage erhält man verschiedene Strukturen – von der lebhaften Fladerung der Außenseite bis zur schlichten Streifigkeit in Kernnähe (3.114a).

**Beim Echt-Quartier-Messern** geht der Schnitt senkrecht zu den Jahresringen und ergibt daher eine streifige Struktur (3.115b).

**Beim Flach-Quartier-Messern** werden die Jahresringe flach angeschnitten. Das Ergebnis sind *Fladerstrukturen* (3.115c).

**Beim Faux-Quartier-Messern** (sprich: foh) schneidet man die Jahresringe nur an einer Seite flach an und erhält so Furniere mit einer *halbblumigen* Textur (3.115d)

#### Messernfurnier

- Flachmesser → verschiedene Strukturen
- Echt-Quartier-Messer → Streifenstruktur
- Flach-Quartier-Messer → Fladerstruktur
- Faux-Quartier-Messer → Halbblumentextur.

**Das Schälurnier** ist ein wirtschaftlich wichtiges Verfahren. Der gedämpfte oder gekochte Stamm wird zentrisch in die Maschine gespannt. Während er sich um seine Achse dreht, trennt ein feststehendes Messer ein zusammenhängendes Furnierband in der eingestellten Dicke ab. Das Furnierband wird sofort aufgewickelt oder zerteilt, die Schälgeschwindigkeit liegt bei max. 250 m/min. Man erhält Furniere mit unregelmäßig gefladerter Textur. Dünnschnittfurniere lassen sich bis 0,2 mm

Dicke herstellen, für Stäbchensperrholz (stäbchenverleimte Tischlerplatten) schält man Furniere bis 10 mm Dicke ab. Auch hierbei gibt es verschiedene Techniken. Auf der Unterseite zeigen sich ebenfalls dünne Haarrisse.

**Das Rund-Endlosschälen**, das wir eben besprochen haben, wendet man hauptsächlich für großflächige Furniere zur Sperrholzherstellung an (3.116). Vorwiegend schält man ausländische Hölzer wie Abachi, Limba, Koto, Gabun und europäische wie Birke, Esche, Rotbuche, Tanne, Fichte, Kiefer und Pappel.

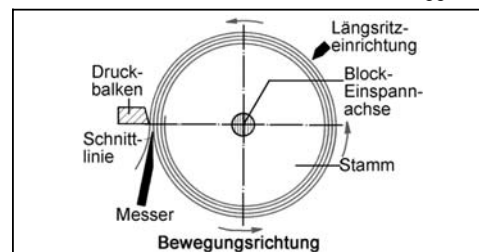


Bild 3.116 Rund-Endlosschälen

**Rundschälen Blatt für Blatt.** Sollen hochwertige Holzarten geschält werden (z.B. Vogelaugenahorn, Rüster, Nussbaum, Esche, Myrte), wird der Block in Längsrichtung (*axial*) eingeritzt. Dadurch entsteht nach jeder Umdrehung des Stammes ein Blatt mit annähernd der gleichen Zeichnung des Vorblattes. Mit abnehmendem Durchmesser des Stammes verkürzen sich die Blattbreiten.

**Beim Exzentrisch- oder Halbrundschälen** spannt man den Block nicht in der Mittelachse (zentrisch), sondern außerhalb (*exzentrisch*) ein (3.117). Beim Drehen gegen das feststehende Messer werden Blätter abgeschält, deren Textur gemesserten Furnieren ähnelt.

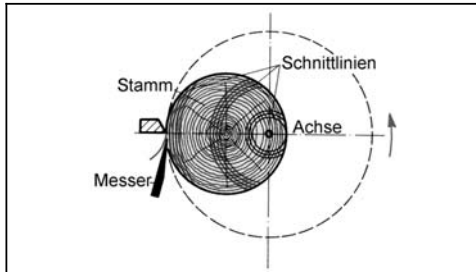


Bild 3.117 Exzentrisch- oder Halbrundschälen

Beim **Stay-Log-Schälen** spannt man den Stamm in den Stay-Log ein. Diese Spannbalkenvorrichtung ermöglicht einen größeren Schälradius und eine bessere Holzausnutzung, besonders bei geringerem Stammdurchmesser. Wie beim Messern kann man Stammsegmente (Fliches) einspannen und damit interessante Texturen erzielen (3.118).

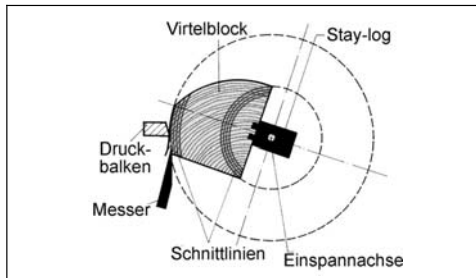


Bild 3.118 Stay-Log-Verfahren

#### Schäl furnier

- rund-endlos → zentrisch
- rund Blatt für Blatte axial eingeritzt
- halbrund → exzentrisch
- Stay-Log mit Fliches → zentrisch, mit Texturen

**Trocknen und Beschneiden.** Die gemesserten oder geschälten Furniere werden (z.B. im Bügeltrocknungsverfahren) auf 6 bis 8 % Holzfeuchte heruntergetrocknet um Verwerfungen und Risse, aber auch Verfärbungen oder Schimmelbildungen zu vermeiden.

Danach setzt man die Blätter der Reihe nach in Bündeln bzw. Paketen auf und besäumt bzw. beschneidet sie allseitig. Fehlerhafte Stellen durch Äste, Risse oder Farbabweichungen lassen sich dabei beseitigen. Die Pakete werden gebündelt, mit der Nummer ihres Stammes versehen und in der ursprünglichen Stammform aufgesetzt (3.119).



Bild 3.119 Furnierlager

**Taxieren und Lagern.** Erfahrene Fachleute beurteilen die fertigen Furniere nach Gesamteindruck, Farbe, Zeichnung, Struktur, Fehlern und Verwendungsmöglichkeiten, um den Preis festzusetzen. Die Furnierpakete werden kühl (15 bis 20 °C) und mäßig trocken (10 bis 12 %) gelagert. In warmen und trockenen Räumen würden sie schnell austrocknen, brüchig und rissig, in feuchten Räumen dagegen stockig werden. Abdeckungen schützen sie vor Staub- und Lichteinwirkungen. Edelfurniere lagern wir in Regalen. Radial- und Maserfurnier lagert man zwischen Holzwerkstoffplatten, damit sie nicht wellig werden.

**Normen und Arten.** Nach der Verwendung unterscheidet man Deck-, Unter- und Absperrfurnier (3.120).

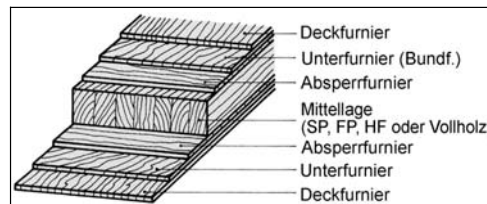


Bild 3.120 Aufbau einer furnierten Platte

**Deckfurnier** bildet die Sichtfläche furnierter Holzteile. Dabei bedeckt das *Außenfurnier* die äußeren Deckflächen, das *Innenfurnier* die inneren (3.120).

**Unter- oder Blindfurnier** liegt unter dem Deckfurnier. Es verhindert ein Reißen der Oberfläche und erhöht die Formstabilität.



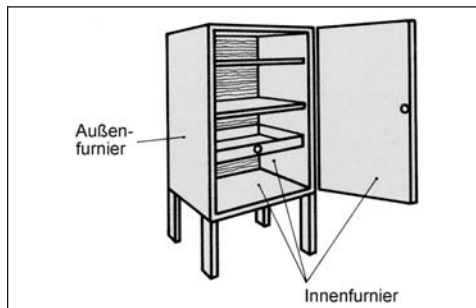
**Absperrfurnier** ist die erste Furnierlage und stabilisiert die Form des Werkstoffs.

Als Deck- oder Außenfurnier finden wir auch *Maser-* und *Pyramidenfurniere*. Sie haben, wie die Namen sagen, eine bestimmte Maserung oder Textur. *Radialfurnier* verwendet man als Außenfurnier für runde Tischplatten. Nach dem Prinzip des Bleistiftspitzens schält man sie von kegelförmigen Stammteilen ab. Wurzelmaserfurniere werden aus den ausgekesselten Wurzelstöcken wertvoller Hölzer (z.B. Nussbaum, Kirschbaum) hergestellt.

**Finelinefurniere.** Die Blätter werden zu Blöcken aufeinander geleimt und verpresst, von denen man (nach dem Prinzip der Mittellagen) senkrecht zur Furnierfuge im Messerverfahren die Blätter abnimmt. Durch Verwendung von genoppten Pressplatten in der Presse und anschließendem Messern der Blöcke parallel zur Furnierfuge können Finelinefurniere mit künstlichen Vogelaugenmaserungen hergestellt werden. Ansonsten haben Finelinefurniere eine betont starke Streifenstruktur.

#### Furnierverwendung

- als sichtbares Deckfurnier (Außen- und Innenfurnier)
- als Unter- oder Blindfurnier, um ein Reißen der Oberfläche zu verhindern
- als Absperrfurnier zur Stabilisierung



**Bild 3.121** Außen- und Innenfurnierflächen

**DIN 4079** legt die Furnierdicken und den zulässigen Feuchtigkeitsbereich (Messbezugsfeuchte 11 bis 13 %, bezogen auf das Darrgewicht) fest. Die Norm erfasst Dicken bis 1 mm. Größere Furnierdicken (z.B. für Absperrfurniere oder Mittellagen bis zu 10 mm) sind nicht berücksichtigt. Laubhölzer werden in

Dicken von 0,50 bis 0,75 mm, Nadelhölzer von 0,90 bis 1 mm, Maserfurnier von 0,55 bis 0,65 mm gemessert.

#### Beispiel

Normgerechte Bezeichnung eines Messerfurniers (Langfurnier L) von 0,65 mm Dicke aus Eiche:

**Messerfurnier L 0,65 DIN 4079 - EI**

### 3.8.2 Furnieren

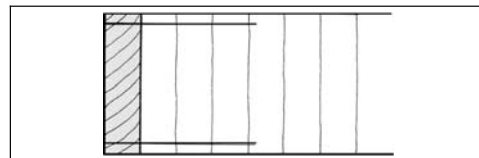
Beim Furnieren wird eine dünne Holzschicht auf eine Trägerplatte aus Holz oder Holzwerkstoff geleimt.

**Auswahl.** Der Fachhandel bietet eine reiche Auswahl an Hölzern zum Deck-, Blind- und Absperrfurnieren – mehr als 200 Arten stehen für alle Anforderungen (Verwendungszweck, Beanspruchung, Aussehen) zur Verfügung.

Auch Trägerplatten aus Holz und Holzwerkstoffen gibt es in großer Auswahl. Vor allem nimmt man Sperrholz-, Span- und Holzfasersplatten.

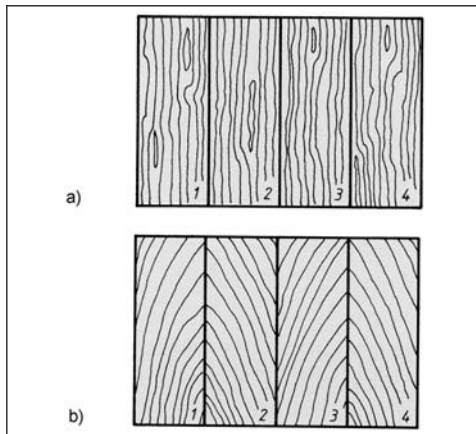
**Vorbereitung.** Die Trägerplatte oder Mittellage muss sauber und eben sein. Unebenheiten zeichnen sich auf der furnierten Fläche ab, Verunreinigungen verursachen Verleimfehler. Bei Holzwerkstoffen müssen die Kanten verdeckt werden. Bei hochwertigen Möbeln empfiehlt es sich, vor dem Furnieren Anleimer aus Vollholz anzubringen (Vollholzkante), damit keine Fugen zwischen Furnier und Anleimer sichtbar werden (3.122).

Meist versieht man die Kanten mit Furnierumleimern oder Kunststoffumleimern, die in der Regel mittels Kantenleimmaschine aufgeleimt werden. Bei sehr dünnen Deckfurnieren oder bei Papierverwendung wird die Trägerplatte vor dem Furnieren geschliffen.



**Bild 3.122** Überfurnierter Kantenleimer aus Vollholz

**Stürzen.** Die Furnierblätter sind in der Reihenfolge zu verarbeiten, wie sie vom Stamm abgenommen wurde. Nur dann ergibt sich ein einheitliches und gleichmäßiges Bild. Wenn die Oberfläche schlicht gezeichnet ist, leimen wir die Furnierblätter mit der Unterseite auf (3.123a). Damit verdecken wir Haarrisse. Bei blumigen, gefladerten Furnierbildern muss dagegen jedes zweite Blatt umgeklappt werden (3.123b). Dieser Vorgang heißt Stürzen und ergibt eine spiegelbildliche Wirkung.



**Bild 3.123** Furnieranordnung  
 a) streifige Zeichnung, rissefreie Seite oben  
 b) gefladerte Zeichnung, Blatt 2 und 4 gestürzt

**Furnierfehler** können bei der Herstellung oder Lagerung auftreten. Eingerissene Furnierblätter bessert man leicht durch Überkleben der Risse aus. Äste, Wuchsfehler oder Flecken lassen sich mit Hilfe eines Ausschlag-eisens entfernen und ausflicken. Vermesserte und durch Fehler beim Dämpfen verfärbte Furnierblätter müssen jedoch aussortiert werden.

Wir erkennen die vermesserten, dünneren Zonen, wenn wir das Blatt gegen das Licht betrachten. Wellige Furniere werden kurzzeitig in der beheizten Presse geglättet.

**Fügen.** Die Furniere werden von Hand oder mit Maschinen mit möglichst wenig Verschnitt zugeschnitten, gefügt und zusammengesetzt. Für den Zuschnitt kleiner Mengen von Hand

dienen die Furniersäge oder/und das Intarsienmesser (3.124).



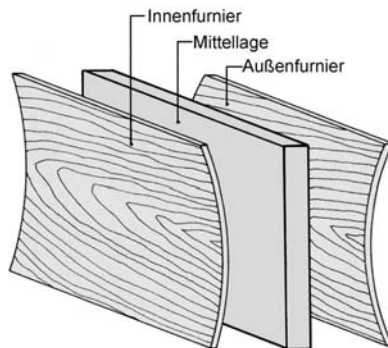
**Bild 3.124** Zuschneiden mit der Furniersäge

Damit sich die Blätter möglichst fugenlos zusammensetzen, werden sie „gefügt“. Dazu spannen wir sie zwischen Leisten ein und begradigen sie auf der Abricht-Hobelmaschine oder mit der Rauhbank (3.125).

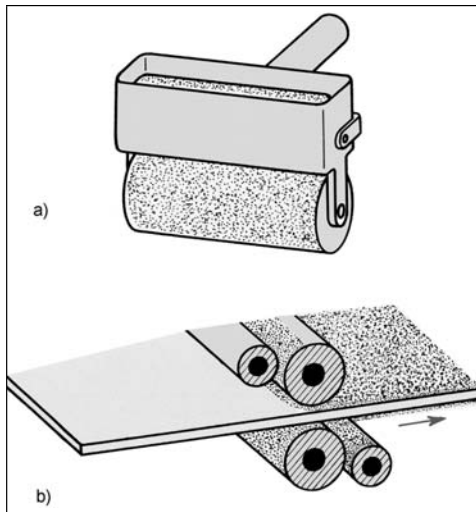


**Bild 3.125** Fügen mit der Rauhbank

**Zusammensetzen.** Nach dem Fügen setzt man die Blätter zusammen. Je passgenauer, also dichter sie aneinander gereiht werden, umso eher vermeidet man unschöne Fugen und Ritzen auf der Oberfläche. Fugenpapier (Klebstreifen, von Hand oder maschinell aufgebracht) verbindet die Blätter miteinander. Bei der industriellen Fertigung übernimmt die Furnierzusammensetzmaschine diese Aufgabe mit Fugenpapier, Leim oder Leimfäden.



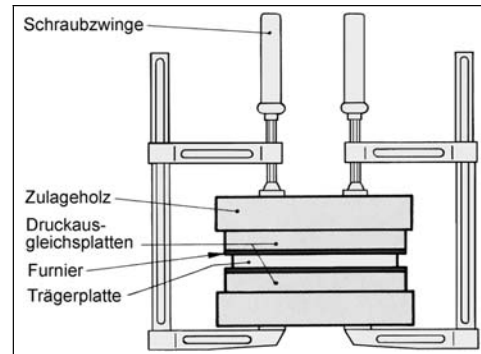
**Bild 3.126** Fournieren einer Trägerplatte



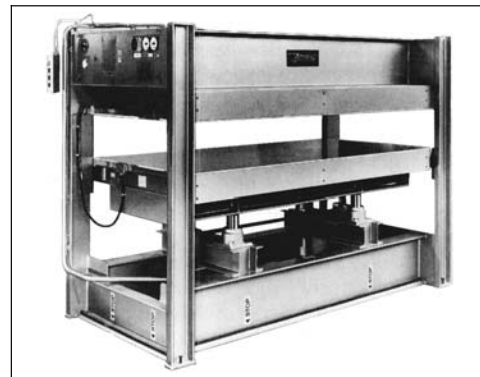
**Bild 3.127** Leimauftrag a) mit Leimroller, b) mit Vierwalzen-Leimauftragsmaschine

**Aufleimen.** Nach dem Prinzip des Absperrens (s. Abschn. 3.9.1) wird die Trägerplatte oder Mittellage beidseitig mit der Furnierschicht beleimt. Damit sie sich nicht verzieht, verwenden wir auf beiden Seiten die gleiche Furnierart und -dicke (3.126). Je nach Leimart arbeitet man im Kalt-, Warm- oder Heißverfahren. Bei kleinen Flächen presst man das Furnier mittels Zwingen zwischen Druckausgleichsplatten oder hydraulisch auf (3.128). Der Leim ist genau nach Herstellerangabe zu verarbeiten. Man trägt ihn mit dem Kunststoff-Leimkamm

(Zahnsachtel), dem Leimroller oder einer Leimauftragsmaschine dünn und gleichmäßig auf (3.127).



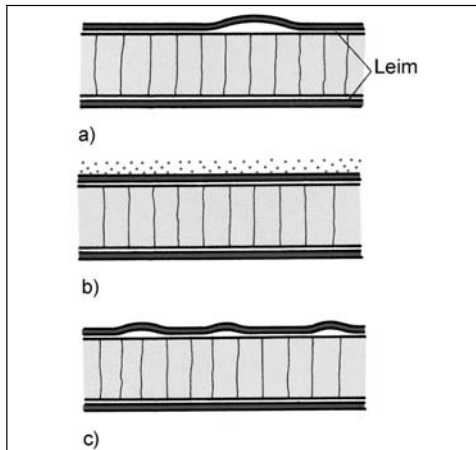
**Bild 3.128** Fournieren von Hand



**Bild 3.129** Fournieren mit der Furnierpresse

**Verleimfehler** entstehen durch unsachgemäßen Leimauftrag:

- Zu wenig Leim oder ungleichmäßiger Pressdruck führen zu ungeleimten Flächen, zu *Kürschnern* (3.130a). Diese Stellen müssen aufgeschnitten und neu verleimt werden.
- Zu viel Auftrag von zu dünnem Leim, fehlerhafte oder zu grobporige Furniere oder aber ein zu hoher Pressdruck können zu *Leimdurchschlag* führen (3.130b). Bei einem PVAC-Leim (Weißleim) lässt sich der Leimdurchschlag unmittelbar nach dem Pressen durch Bürsten entfernen – nicht aber bei Kondensationsleimen (Harzen)! Zur Vorbeugung empfiehlt sich hier, die Leimflotte in der Holzfarbe einzufärben.



**Bild 3.130** Verleimfehler a) Kirschner, b) Leimdurchschlag, c) Leimwülste

### 3.8.3 Furnierbearbeitungswerkzeuge

Bevor Furniere bearbeitet werden, ist Feuchtigkeit, Farbe und Zustand (eben oder wellig) zu prüfen. Der Feuchtegehalt sollte zwischen 6 bis 10 % liegen. Wellige Furniere können in der Furnierpresse bei 40 °C, nach vorherigem Anfeuchten, mit geringem Druck eben gepresst werden. Zur Aufnahme der Feuchtigkeit dient eingelegtes färb- und druckfreies Papier.

Zur Furnierbearbeitung im engeren Sinne gehören das Zuschneiden, Anfügen, Ausflicken und Verkleben.

Die Furniere werden schneidend getrennt, ohne dabei zerspannt zu werden.

Die **Furniersäge** (Tab. 4.36) dient dem gröberen Längs- oder Querschnitt. Die Säge, deren Zahnspitzen auf Zug arbeiten und seitlich angeschliffen sind, wird entlang einem Anschlaglineal gezogen.

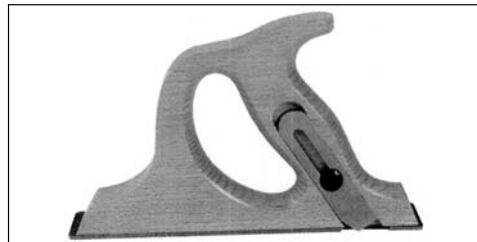
## 3.9 Platten Werkstoffe

### Arbeitsauftrag Nr. 19 Lernfeld LF 2,4

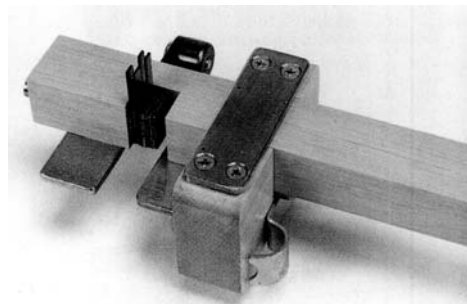
- Halten Sie einen Kurzvortrag zum Thema Plattenwerkstoffe vor der Klasse. Bereiten Sie sich mit Hilfe der „Konfettimethode“ vor. Die folgenden Fragen dienen als „Konfettistreifen“ welche für den Vortrag beantwortet und zu einem Gesamtbild (Pinnwand, Plakat) gefügt werden müssen. Verteilen Sie die Konfettistreifen (Fragen) im Losverfahren. Arbeiten Sie einheitlich auf DIN A4 Blättern.

Der Fugen- und Streifenschneider (3.131) wird zum absolut genauen Längs- und Querschneiden verwendet. Die Fugen können ohne Nachhobeln sofort gefügt oder geklebt werden.

Mit dem Furnieraderschneider (3.132) können Furnieradern verschiedener Breite und Tiefe passgenau geschnitten und ausgeräumt werden. Beliebige Radien, Bögen oder Randabstände sind einstellbar und bei voller Sicht auf Vorschneider und Räumler ausschneidbar.



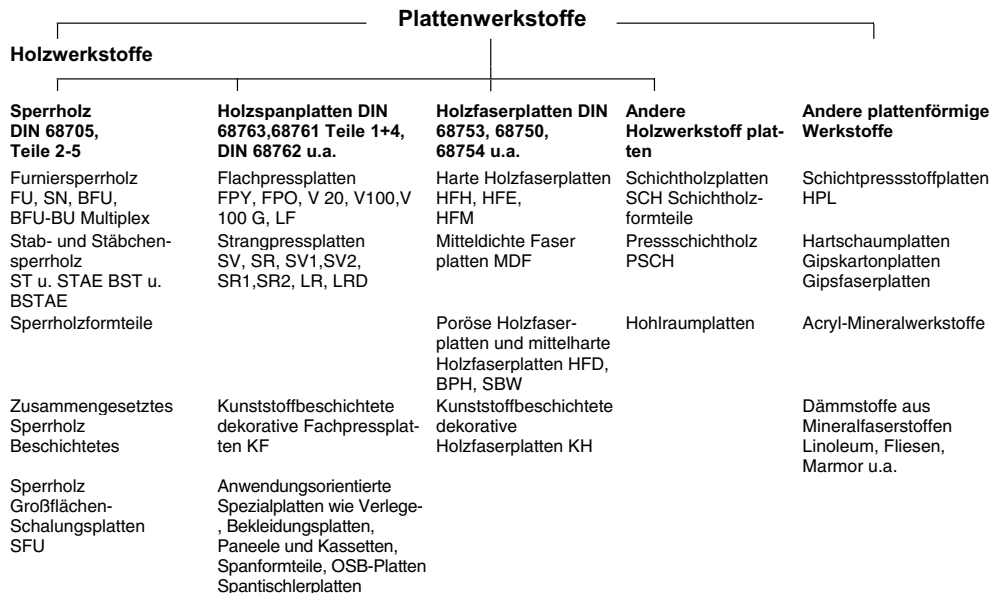
**Bild 3.131** Fugen- und Streifenschneider



**Bild 3.132** Furnieraderschneider

Das Furnier-Ausschlageisen (Lochstanze) wird zum Ausflicken (Ausstanzen) von Fehlstellen eingesetzt. Die Ausflickstelle sollte vorher durch Klebestreifen quer zur Faserrichtung des Furniers an den Rändern gegen Einrisse gesichert werden.

1. Welche Bedeutung haben Holzwerkstoffe in der Möbelfertigung?
  2. Welche Eigenschaften der Holzwerkstoffe stechen gegenüber Vollholz hervor?
  3. Was versteht man unter Sperrholz? Woher kommt der Name?
  4. Aus welchen Hölzern fertigt man Furniersperrholz?
  5. Erläutern Sie die Herstellung von FU.
  6. Für welche Zwecke wird Furniersperrholz verwendet?
  7. Wie stellt man KP her? Wozu verwendet man es?
  8. Wodurch unterscheiden sich ST, STAE und SR?
  9. Nennen Sie Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten von ST und STAE.
  10. Sie sollen zwei Briefkästen aus Sperrholz bauen, einen für außen, den anderen für innen. Welchen Normtyp wählen Sie jeweils?
  11. Erläutern Sie die Bezeichnung Sperrholz DIN 68705 – FU – AW – 2 – 3 – 18.
  12. Woraus bestehen Holzspanplatten?
  13. Erläutern Sie anhand einer Skizze den Aufbau einer dreischichtigen Flachpressplatte FPY.
  14. Wodurch unterscheiden sich Flachpressplatten von Strangpressplatten? Welche Arten sind Ihnen bekannt?
  15. Erklären Sie die Bezeichnung Flachpressplatte DIN 68761 – FPY – 19 × 5000 × 2000 – H.
  16. Was versteht man unter kunststoffbeschichteten dekorativen Flachpressplatten? Wofür verwendet man sie?
  17. Warum ist die Begrenzung der Formaldehydkonzentration wichtig?
  18. Erläutern Sie Aufbau und Herstellung von HFH und HFD.
  19. Wie erhalten HFE ihre hohe Härte?
  20. Erläutern Sie die Bezeichnung (Herstellerangabe) 3,2 × 2440 × 1220 HFH 20 DIN 68754.
  21. Was ist Schichtholz?
  22. Welche Plattenwerkstoffe sind Ihnen bekannt, denen kein Holz, sondern andere Grundstoffe zugrunde liegen?
  23. Nennen Sie Eigenschaften und Verwendung von HPL-Platten.
  24. Wofür verwendet man Hartschaumplatten?
- Orientieren Sie sich bei der Gestaltung des Gesamtbildes an der nachfolgenden Übersicht der Plattenwerkstoffe.



Zu den Plattenwerkstoffen zählen die Holzwerkstoffe, die Kunststoffe, Gipskartonplatten und viele andere, wie die untenstehende Übersicht zeigt.

Welche Werkstoffe werden in Ihrem Betrieb hauptsächlich verwendet? Wie groß sind etwa die Anteile von Vollholz und Holzwerkstoffen? Tatsächlich verarbeitet man heute erheblich mehr Holzwerkstoffe als Vollholz. In Deutschland werden jährlich rund 8 Mio. m<sup>3</sup> Spanplatten, 630 000 m<sup>3</sup> Faserplatten (einschl. MDF) und rund 320 000 m<sup>3</sup> Sperrholz produziert. Einer Schätzung nach wurden die rund 140 Mio. m<sup>2</sup> Spanplatten zu 56 % im Möbel- und Innenausbau, 35 % im Bauwesen und 9 % für andere Zwecke eingesetzt.

Holzwerkstoffe können somit wichtige Aufgaben bei der Erfüllung verschiedener Bedürfnisse der Menschen übernehmen. Ohne sie wäre die Versorgung mit wesentlichen Gütern unserer Gesellschaft stark reduziert und viel zu teuer. Ihre Grundlage bildet das stetig nachwachsende heimische Holz, insbesondere Durchforstungs- und Schwachholz, aber auch Bearbeitungsreste aus Säge- und Hobelwerken und seit einiger Zeit auch in gewissen Mengen sauberes Gebrauchtholz. Holzwerkstoffe ermöglichen einen schonenden Umgang mit dem Rohstoff Holz, der Energieaufwand zur Herstellung ist relativ gering, Entsorgungsprobleme werden zusehends unproblematischer.

Leichte Bearbeitung, einfache Herstellung von Verbindungen, eingeschränktes „Arbeiten“ und gute mechanische Eigenschaften sind weitere Gründe, die Holzwerkstoffe in vielen Bereichen dem Vollholz vorzuziehen. Die ständige Weiterentwicklung der Holzwerkstoffe verlangt eine Anpassung der entsprechenden DIN-Normen. Im Rahmen der Verwirklichung des gemeinsamen Binnenmarktes in Europa ist schon in Kürze mit der Herausgabe von weiteren Euro-Normen (EN) zu rechnen.

Die Auswahl richtet sich nach dem Verwendungszweck und der vorgesehenen Beschichtung (z.B. Furnier oder Kunststoff), der Oberflächenbehandlung und den Kosten.

### 3.9.1 Sperrholz

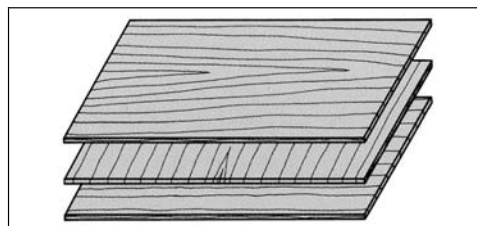
Weil Holz hygroskopisch ist (s. Abschnitt 3.3.5), können wir sein Schwinden und Quellen niemals völlig ausschließen. Wenn wir es jedoch in Schichten zerlegen und diese erneut unter Wechsel der Faserrichtung zusammenbringen (verleimen), erhalten wir alle Vorzüge des gewachsenen Holzes, verringern aber das Arbeiten.

Als Sperrholz werden alle Platten aus mindestens drei übereinander liegenden Holzlagen bezeichnet, deren Faserrichtung jeweils um 90° zueinander versetzt ist.

Durch die kreuzweise Anordnung schränken die Lagen gegenseitig ihr Schwinden und Quellen ein – sie „sperren“ unerwünschte Bewegungen. Die einzelnen Lagen können aus Furnieren (in der Regel Schäl furnieren), Stäben aus Vollholz oder Stäbchen aus Furnier bestehen.

Sperrholz wird je nach Verwendungszweck und Eigenschaften in Furnier-, Stab- und Stäbchensperrholz (früher Tischlerplatten) und Sonderprodukte unterteilt.

**Bei Furniersperrholz (Furnierplatten, FU)** bestehen alle Lagen aus Furnieren. Die Mindestzahl von 3 Lagen sichert, dass sich die Platten nicht werfen (3.133). Die Decklagen zu beiden Seiten der Mittellage sind symmetrisch angeordnet, vielfach ist die Mittellage dicker als die Decklagen. Durch das Aufbauprinzip (3, 5, 7 oder mehr Lagen) entsteht eine ungerade Lagenzahl. Bei geraden Zahlen liegen die beiden mittleren Schichten parallel zueinander. Die Furnierdicke schwankt zwischen 0,5 und 5 mm. Je nach Leimart werden die Furniere auf 6 bis 10 % Holzfeuchte heruntergetrocknet, auf das gewünschte Format zugeschnitten, Fehler ausgebessert. Leimauftragsmaschinen



**Bild 3.133** Aufbau und Herstellung von Sperrholz

bringen den Kleb-Stoff auf. Die zur Platte zusammengelegten Furniere werden maschinell bei etwa 170 °C gepresst, anschließend besäumt, geschliffen und nach Qualität der Deckfurniere sortiert. Zur Herstellung von Sperrholz dienen in Deutschland vorwiegend Fichte, Buche, Birke und Pappel, daneben einige ausländische Hölzer wie Gabun, Limba, Abachi. Furniersperrholz wird im Möbelbau u.a. für Rückwände, Schubkastenböden und Füllungen, aber auch für Wand- und Deckenverkleidungen eingesetzt. Es lässt sich gut bearbeiten, beschichten und furnieren. Gegenüber Vollholz hat es höhere Form- und Maßbeständigkeit. Für Sonderzwecke hält der Handel entsprechende FU bereit:

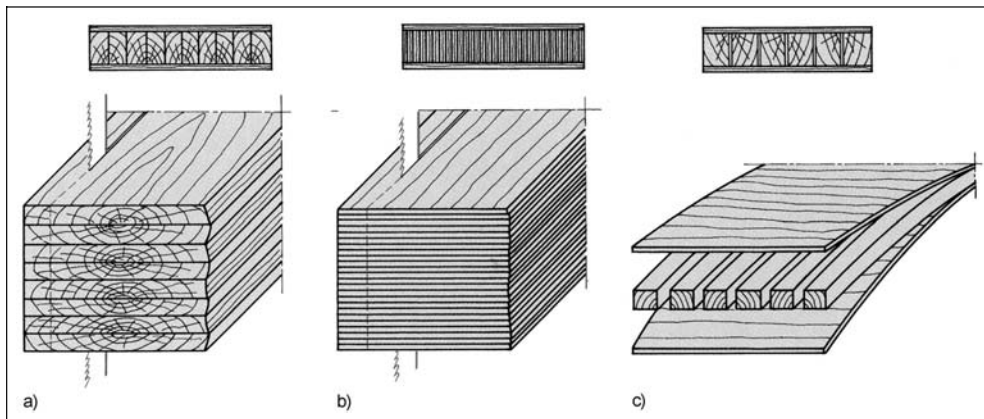
**Sternholz (SN)** sind Furnierplatten, bei denen die Faserrichtung benachbarter Furnierlagen einen spitzen Winkel bilden. SN bestehen aus mindestens 5 Lagen und werden vorwiegend im Maschinenbau für Zahnräder und Riemenscheiben verwendet.

**Bau-Furniersperrholz (BFU)** setzt man für tragende Zwecke im Bauwesen und im Innenausbau ein.

**Bau-Furniersperrholz aus Buche (BFU-BU)** nach DIN 68705 -5, ist besonders hochwertiges Sperrholz für tragende Zwecke im Bauwesen, für Maßnahmen im Innenausbau und andere mehr.

**Multiplexplatten** sind Furnierplatten mit mehr als 5 Lagen und Dicken über 12 bis 80 mm. Sie werden vor allem im Modellbau eingesetzt, aber auch für Möbelgestelle und Werkstatt-Arbeitsplatten.

**Stab- und Stäbchensperrholz** (früher Tischlerplatte) besteht aus der Mittellage und mindestens zwei parallel liegenden Absperrfurnieren. Nach dem Absperrprinzip sind die Lagen kreuzweise angeordnet. Bei 5 Lagen wird das Absperrfurnier noch mit einem Deckfurnier versehen, dessen Faser parallel zur Mittellage verläuft. Je nach Ausbildung der Mittellage heißen die Platten:



**Bild 3.134** Aufbau von Stab- und Stäbchen-Sperrholz  
a) Stabsperrholz (ST), b) Stäbchensperrholz (STAE), c) Streifenplatte (SR)

**Stabsperrholz (ST)** mit gesägten, plattenförmig aneinander gelemten Holzleisten von 24 mm Breite, höchstens 30 mm. Stabsperrholz wird nur noch selten im Blockverfahren (3.134a) hergestellt. Heute bildet man vorwiegend die Mittellage durch (oft punktweises) Verleimen von Brettstäben in einer sogenannten „Leisten-Zusammensetzmaschine“. Stäbchensperrholz (STAE) mit plattenförmig aneinander gelemten Stäbchen aus 5 bis 8 mm dicken Rundschäl-furnieren (3.134b).

**Streifenplatte (SR)** mit Holzleisten wie bei Stabsperrholz, jedoch nicht untereinander verleimt; nicht genormt (3.134c).

**Bau-Stabsperrholz (BST)** und Bau-Stäbchensperrholz (BSTAE) mit dicken Absperrfurnieren aus Buche oder Macore.

Für Mittel lagen verwendet man vorwiegend Fichte, Kiefer, Abachi, Pappel und Limba, für Absperrfurniere Rotbuche, Limba, Abachi,

Fichte und Erle. Platten aus Stab- und Stäbchensperrholz haben gute Biege-Eigenschaften und durch die stehenden Jahresringe der Holzleisten ein günstiges Schwind- und Quellverhalten. Sie sind gut zu bearbeiten, zu furnieren und haben ein geringes Gewicht. Im Möbel- und Innenausbau werden sie vielfach verwendet. Damit sich die Platten im Plattenlager nicht verziehen (durchbiegen), lagert man sie flach mit Bodenabstand oder stehend an der Wand. Die entsprechenden Bauplatten eignen sich vor allem für den Fertighausbau, für Container und Betonschalungen.

**Sperrholzformteile** (DIN 68707) werden in Spezialformpressen meist aus Rotbuche furnier gefertigt und sind besonders formbeständig. Rückenlehnen und Sitze für Stühle, Gehäuse für Radios und Möbelteile bestehen daraus.

**Beschichtetes Sperrholz** wird angeboten mit fertigen Oberflächen aus Kunststoff-Folien, imprägniertem Papier und Kunstharzfilm-Überzügen oder beidseitig beplankt (beschichtet) mit Metallplatten(-folien).

**Kunstharz-Pressholz (KP)** besteht aus Furnierplatten (Rotbuche-Schäl furnier), die mit 10 bis 30 % Phenolharz angereichert und unter hohem Druck in hydraulischen Pressen zu Platten gepresst werden. Dabei verdichten sich die mit Harz gefüllten Poren. KP verwendet man für Formpressteile, Bohrschablonen und andere technische Zwecke.

**Großflächen-Schalungsplatten aus Furniersperrholz nach DIN 68792 (SFU)** werden vorwiegend als Schalungsplatten im Betonbau eingesetzt.

**Panelplatten** sind auf der Sichtseite z.B. edelholzfurniert und dienen zur Bekleidung von Wänden und Decken.

Die üblichen Klebstoffe für die Sperrholzherstellung sind Kunstharze, z.B. Harnstoff-, Melamin- und Phenol-Formaldehydharze. Sie besitzen unterschiedliche Resistenz gegen Feuchtigkeitseinfluss.

#### Einteilung nach der Verleimung (Klebung)

- IF** Verleimung nur beständig in Räumen mit im Allgemeinen niedriger Luftfeuchte. Nicht wetterbeständig.
- AW** Verleimung beständig, auch bei erhöhter Feuchtigkeitsbeanspruchung. Bedingt wetterbeständig.

3

**Einteilung nach Güteklassen.** Sperrholz für allgemeine Zwecke wird nach Beschaffenheit der Deckfurniere in drei Güteklassen eingeteilt. Güteklasse 1 bezeichnet beste Qualität, 2 darf geringe, 3 größere Fehler aufweisen.

Unterschiedliche Güteklassen auf order- und Rückseite der Platten sind üblich (z.B. 2–3).

Baufurnierplatten müssen den sogenannten Holzwerkstoffklassen 20, 100 oder 100 G angehören (s. Plattentypen Abschn. 3.9.2).

#### Beispiele

zur Bezeichnung von Sperrholzplatten		
Sperrholz DIN 68705 – FU –	–	AW
Furniersperrholz (FU) für allgemeine Zwecke nach DIN 68705		Verleimung
2-3	–	18
Güteklasse der Deckfurniere		Dicke in mm
Sperrholz DIN 68705-ST-	–	IF-
Stabsperrholzplatte (ST) für allgemeine Zwecke nach DIN 68705		Verleimung
1-2	–	19
Güteklasse der Deckfurniere		Dicke in mm

**Tabelle 3.135** Sperrholz-Vorzugsmaße nach DIN 4078

Plattenart	Dicke in mm	Länge (in Faserrichtung) in mm	Breite (quer zur Faser) in mm
FU	4, 5, 6, 8, 10, 12 (gebräuchliche Lagermaße) 15, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 50, ... (Multiplexplatten)	1220, 1250, 1500, 1530, 1830, 2050, 2200, 2440, 2500, 3050	1220, 1250, 1530, 1700, 1830, 2050, 2440, 2500, 3050
ST, STAE	13, 16, 19, 22, 25, 28, 30, 38	1220, 1530, 1830, 2050, 2500, 4100	2440, 2500, 3500, 5100, 5200, 5400



Furniersperrholz	Stab- bzw. Stäbchensperrholz (früher Tischlerplatten)	Zusammengesetztes Sperrholz
<ul style="list-style-type: none"> <li>– alle Lagen aus Furnieren kreuzweise angeordnet</li> <li>– z.B: FU, SN, BFU, KP, Multiplexplatten, Formsperrholz</li> <li>– für Wohn-, Sitzmöbel, Werkstatt- und Schultische, Einbauschränke, Wand- und Deckenbekleidungen, Verpackungen, Fahrzeugbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mittellage aus Holzleisten oder Schäl furnieren, Deck- und Absperrfurnier</li> <li>– z.B. ST, STAE</li> <li>– für Wohnmöbel, Einbauschränke, Regale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– enthält mind. 1 Lage, die nicht aus Furnier, Stäben oder Stäbchen besteht, nicht genormt</li> <li>– z.B. HF, FPY</li> <li>– für Möbel und Innenausbau</li> </ul>

### 3.9.2 Holzspanplatten

**Herstellung.** Dünne Stämme (Durchforstungsholz), Äste sowie Reste aus Handwerk und Industrie (Späne, Schwarten, Furnierreste usw.) werden zu Spänen geschnitzelt (zerspant) und auf 3 bis 5 % Holzfeuchte heruntergetrocknet. Dabei ist der Hartholzanteil stetig zurückgegangen wegen der gesundheitsschädlichen Staubbildung. Im Mischer verbindet sich das Spanmaterial mit dem Bindemittel (6 bis 12 % synthetischer Klebstoff). Vorwiegend dient Harnstoffharz als Bindemittel, daneben Phenolharz und in zunehmendem Maß PMDI (ohne Formaldehyd). Das Sparimaterial wird durch Wurf oder Wind aufgestreut. In Etagen-, kontinuierlichen oder Kalanderpresen presst man die Formlinge unter hohem Druck bis 350 N/cm<sup>2</sup> und Temperaturen von 140 bis 240 °C zu Platten. Nach einigen Tagen der Reifelagerung werden die Platten besäumt und beschnitten.

Während Holzspanplatten ausschließlich aus zerspantem Holz bestehen, können Spanplatten auch holzartige Materialien, z.B. Flachs, enthalten.

Holzspanplatten bestehen aus zerspantem Holz. Die Späne werden mit synthetischem Klebstoff versehen, in Schichten angeordnet und gepresst.

Ihre Rohdichte liegt je nach Holzart und Plattendicke zwischen 0,55 und 0,75 g/cm<sup>3</sup>.

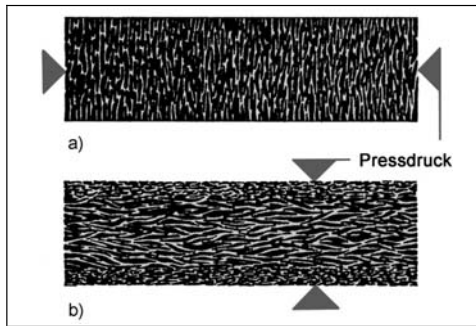
**Bei Flachpressplatten (FPY)** liegen die Späne parallel zur Plattenebene (3.136b). Sie sind aus 1, 3 oder 5 Schichten aufgebaut oder mit stetigem Übergang hergestellt. Bei mehrschichtigem Aufbau bestehen die Deckschichten aus dünneren, feineren und höher verdichteten Spänen als die größeren Mittelschichtspäne. Nach dem Herstellungsverfahren, dem Bindemittel und Zusätzen an Holzschutzmitteln unterscheiden wir

#### Plattentypen

FPY	Flachpressplatte für allgemeine Zwecke (DIN 68761-1)
FPO	wie FPY, jedoch mit einer bestimmten Feinspanigkeit in der Oberfläche (DIN 68761-4)

#### Plattentypen nach der Verleimung

V 20	Flachpressplatten für das Bauwesen DIN 68763. Beständig in Räumen mit im Allgemeinen niedriger Luftfeuchtigkeit. Nicht wetterbeständig. Bindemittel: Aminoplaste
V 100	Wie V 20, jedoch beständig gegen hohe Luftfeuchtigkeit. Begrenzt wetterbeständig. Bindemittel: Phenol und Phenolresorcinharze, PMDI u.a.
V 100 G	Wie V 100, jedoch mit einem Holzschutzmittel gegen holzerstörende Pilze versehen.



**Bild 3.136** Spanlage bei Holzspanplatten im Querschnitt a) Strangpressplatte, b) Flachpressplatte

**Abmessungen.** Neben den handelsüblichen Dicken von 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22 und 25 mm gibt es Dicken zwischen 3 und 80 mm. Die Breiten- und Längenabmessungen sind nicht genormt und je nach Hersteller unterschiedlich. Handelsüblich sind Breiten von 1250 bis 2600 mm und Längen von 2500 bis 5500 mm. Die Herstellverfahren erlauben praktisch den verschnittarmen Zuschnitt aller gewünschten Abmessungen.

**Bei der Strangpressplatte** liegen die Späne vorwiegend senkrecht zur Plattenebene (3.136a). Nach diesem Verfahren, bei dem das Spänegemisch einschichtig zwischen zwei Heizplatten zu einem endlosen Plattenstrang gestopft wird (daher auch Stopfplatte), werden Vollplatten (SV) und Röhrenplatten (SR) gefertigt. Wir verwenden sie vorwiegend in der Türfenfertigung als Einlagen, für Schallschluckplatten und in der Paneelfertigung. Strangpressplatten sind erhältlich als Rohplatten (SV und SR) oder beplankte Platten (SV1, SV2, SR1, SR2). Die Beplankung mit Furnieren, Furniersperrholz oder Holzfaserverleimplatten verbessert die Eigenschaften der Platten erheblich (Biegefestigkeit). Als Deck- oder Absperrfurniere werden u. a. verwendet: BI, BU, FI, KI, TA, MAC, LMB.

#### Sonderausführungen

**Leichte Flachpressplatte (LF)** mit oder ohne Beschichtung oder Beplankung mit höherer Schallabsorption; verwendet als Akustikplatte und zur Dekoration.

**Strangpress-Röhrenplatten (LR oder LRD)** sind beidseitig beschichtet oder beplankt. LRD hat eine durchbrochene Oberfläche und höhere Schallabsorption als die LR mit geschlossener Oberfläche.

Außerdem gibt es Strangpressplatten für das Bauwesen und die Tafelbauart.

**Kunststoffbeschichtete dekorative Flachpressplatten (DIN 68765 (KF))** sind mehrschichtige, höher verdichtete Platten mit melaminharzgetränkten Beschichtungen. Die Oberfläche ist dekorativ und fleckenunempfindlich, ziemlich beständig gegen Laugen und Säuren, beständig gegen erhöhte Wärmeeinwirkung (Kochtopf) und gut zu pflegen. Verwendet werden KF vor allem im Küchen-, Büro- und Labormöbelbau. Am besten eignen sich hartmetallbestückte Werkzeugschneiden beim Verarbeiten. Die Norm gilt für Platten bis 50 mm Dicke. Je nach Schichtdicke und Abriebwiderstand unterscheidet man dabei nach verschiedenen Anwendungsklassen.

#### Anwendungsorientierte Spezialplatten

**Bekleidungsplatten,** mit Nut- und Federprofil versehene, harnstoffharzverleimte Spanplatten meist der Normtypen FPY, FPO und V20.

**Paneele und Kassetten,** auf der Oberfläche dekorativ veredelte Holzwerkstoffe, z.B. Spanplatten. Als Beschichtungen kommen Furnier, Kunststoff- und Metallfolien in Frage. Fußboden-Verlegeplatten, Spanplatten des Normtyps V100 (V20 nur in begründeten Einzelfällen), in der Regel mit Nut- und Federprofil versehen.

**Spanholz-Formteile** (z.B. Werzalit), Formteile aus Spanholz, die in Stahlformen unter Zusatz von Melaminharz bei hohem Druck und Temperaturen um 170 °C gepresst werden. Sie eignen sich wegen ihrer Beständigkeit gegen Hitze, Witterung, Säuren und Holzschädlingen für Gartentischplatten, Tablett, Außenverkleidungen, Zäune, Fensterbänke sowie für den Möbel- und Innenausbau (Kassettenplatten).

**Holzwohle-Leichtbauplatten (L)** bestehen aus langfaseriger, längsgehobelter Holzwohle und einem mineralischen Bindemittel (Normzement, Baugips oder Magnesit). Nägel, Unterlagscheiben, Draht und andere Stahlteile zur Verarbeitung dieser Platten müssen verzinkt sein – sonst rosten sie. Holzwohle-Leichtbauplatten sind porös und haben daher gute Wärmedämmeigenschaften. Die raue Oberfläche macht sie zu ausgezeichneten Putzträgern. Verwendet werden sie als verlorene Schalung im Mantel beton bau, im Flachdachbau, für schwimmende Estriche, leichte Trennwände, Rollladenkästen, wärmedämmende Schalen und Putzträger. Gefertigt werden sie in sechs Formaten: 52 cm breit, 2 m lang und 15, 25, 35, 50, 75, 100 mm dick. Zunehmend kombiniert man sie mit Schaumkunststoffen zu Mehrschicht-Leichtbauplatten, die die guten Eigenschaften beider Baustoffe vereinigen. Holzwohle-

**Tabelle 3.137** OSB- Platten/Einteilung und Kennzeichnung nach DIN EN 300

Bezeichnung	OSB/1	OSB/2	OSB/3	OSB/4
Verwendung	Für allgemeine Ausführungen im Trockenbereich, Möbelbau, Innenausbau	Für tragende Ausführungen im Trockenbereich, Fertighausbau, Innenwände	Für tragende Ausführungen im Feuchtbereich	Hoch belastbare Platten für tragende Ausführungen im Feuchtbereich, Wände
Kennzeichnung durch Farbstreifen	ein blauer Streifen	zwei blaue Streifen	ein weißer Streifen	zwei weiße Streifen

Leichtbauplatten sind in DIN 1101, Mehrschicht-Leichtbauplatten in DIN 1104 genormt.

**Die zementgebundene Spanplatte** ist ein Baustoff aus Nadelholzspänen (65 %), Portlandzement (25 %) und fertigungsbedingten Zutatzen (z.B. Wasser). Die Dichte ist etwa  $1,25 \text{ g/cm}^3$ .

**Bei der magnesitgebundenen Spanplatte** sind Holzspäne und Magnesit gebunden. Die Dichte beträgt  $1,05$  bis  $1,15 \text{ g/cm}^3$ .

Beide Plattentypen eignen sich für Fußbodenerneuerungen, Feuchtraumverkleidungen bei erhöhten Anforderungen an den Schall- und Brandschutz. Sie lassen sich wie andere Holzspanplatten bohren, fräsen, sägen, furnieren, beschichten. Sie sind feuchtebeständig, unverrottbar, pilzbeständig, frei von chemischen Bestandteilen, geruchsneutral, schwerentflammbar, schalldämmend.

OSB-Platten (Oriented Strand Board) sind Spanplatten mit verhältnismäßig langen und breiten gerichteten Spänen und dadurch hohen Festigkeitseigenschaften in einer Richtung.

Nach DIN EN 300 wird nach folgenden Plattentypen und Kennzeichnungen unterschieden.

**Span-Tischlerplatten** vereinen die Vorteile beider Holzwerkstoffe. Die Mittellage besteht aus Stabsperrholz, während die Außenfurniere durch Flachpressplatten (Kalanderplatten) ersetzt werden. Das Material hat so die Festigkeitseigenschaften des Vollholzes im Inneren und die Feinporigkeit der Flachpressplatte im Deckbereich. Es wird im Möbel- und Innenausbau eingesetzt. Holzspanplatten sind nach DIN 4102 für feuerhemmende Bauteile (z.B. F 30) geeignet. Sie fallen in die Baustoffklasse B 2. Ihre Wärmeleitfähigkeit ist sehr gering ( $2 = 0,17$ ), ihre Rohdichte liegt je nach der verwendeten Holzart zwischen  $0,55$  und  $0,75 \text{ g/cm}^3$ .

**Formaldehyd** ist ein bei höherer Konzentration in der Raumluft stechend riechendes Gas. Es entsteht durch Verbrennung organischer Substanzen (z.B. Zigarettenrauch, Autoabgasen, Ölfeuerungen) sowie im Stoffwechsel von Mensch, Tier und Pflanze.

#### Beispiele

zur Bezeichnung von Holzspanplatten

Flachpressplatte DIN 68761	FPY	-19 × 5000 × 2000-	H
Benennung kunststoff- beschichtete dekorative Flachpressplatte DIN 68765	Normtyp -3000 × 2000 × 16-	Abmessungen M	Holzspäne 2
Benennung	Abmessungen	Abriebs- klasse M	Schicht- dicke 2

Die einfache chemische Verbindung besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (HCHO). Formaldehyd verwendet man als Reaktionskomponente für die Herstellung von Klebstoffen, Lackharzen, Textilimprägnierungen sowie direkt für Konservierungen und Desinfektionen. Formaldehyd wirkt geruchsbelästigend und ist als krebserregend eingestuft. Es reizt die Augen und Schleimhäute der Atemwege.

**Für den Möbel- und Innenausbau dürfen nur noch Spanplatten der Emissionsklasse E1 (weniger als 0,01 % Formaldehydausdünstung) verwendet werden.**

Flachpressplatten	Strangpressplatten	Sonderausführungen und anwendungsorientierte Spezialplatten
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Späne liegen parallel zur Plattenebene</li> <li>– FPY,FPO,V20,V100,V100 G, KF u.a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Späne liegen einschichtig senkrecht zur Plattenebene</li> <li>– SV,SR,SV1,SR1,SV2,SR2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Flachpress- oder Strangpressplatten</li> <li>– LF, LR, LRD, L, Spanholz-Formteile, Paneele, Bekleidungsplatten, Verlegeplatten, OSB, Span-Tischlerplatten</li> <li>– zementgebundene Holzspanplatten (keine üblichen Spanplatten)</li> <li>– magnesitgebundene Holzspanplatten (keine üblichen Spanplatten)</li> <li>– Innenausbau, Bauwesen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wohn-, Büro- und Küchenmöbel, Einbauschränke, Innenbekleidungen, Bauwesen, (Rohbau, Ausbau, Türen usw.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Türeinlagen, Spezialplatten</li> </ul>	

### Die Emissionsklasse E1

Sie kennzeichnet unbeschichtete und beschichtete Holzwerkstoffplatten, die geeignet sind, bei der Untersuchung im Prüfraum eine Ausgleichskonzentration von max. 0,1 ml/m<sup>3</sup> (ppm) Formaldehyd einzuhalten.

### Die Emissionsklasse E1 b

Sie kennzeichnet unbeschichtete Holzwerkstoffplatten, die erst nach Beschichtung geeignet sind, ebenfalls eine Ausgleichskonzentration von max. 0,1 ml/m<sup>3</sup> (ppm) Formaldehyd einzuhalten.

**Der Emissionswert ppm** bedeutet parts per million = Teile pro Million. 1 m<sup>3</sup> Luft = 100 cm × 100 cm × 100 cm = 1 000 000 cm<sup>3</sup>. 1 ppm bedeutet: 1 Teil pro 1 Mio. Teile, also 1 cm<sup>3</sup> pro 1 Mio. cm<sup>3</sup>.

Rohplatten (unbeschichtete Holzwerkstoffplatten) werden entweder werkmäßig beschichtet, z.B. mit melaminharzgetränktem Papier oder mit z.B. Deckfurnier beschichtet und lackiert. In jedem Fall muss die Eignung der Beschichtung den Richtlinien entsprechen.

### 3.9.3 Holzfaserplatten

Zur Herstellung werden Sägewerks-Resthölzer und Durchforstungsholz (Nadel- und/oder Laubholz), teils mechanisch, teils chemisch unter Dampfteinwirkung zerfasert. Bei dem

vorwiegend angewendeten Nassverfahren mahlt man den Faserbrei und mischt zur Qualitätsverbesserung Chemikalien bei. Den Faserbrei formt man unter Zugabe von Kunstharzen zu großflächigen Platten und entwässert sie durch z.T. hohen Druck auf einem engmaschigen Sieb. Der Eigenharzgehalt des Holzes wirkt als Bindemittel. Je nach Plattenart (porös, hart, kunststoffbeschichtet) unterscheiden sich die Produktionsabläufe. Neuentwickelte Faserplatten wie MDF arbeiten im Trockenverfahren, ein Klebstoffzusatz zu den Fasern ist erforderlich.

Holzfasersplatten bestehen aus verholzten Fasern mit oder ohne Bindemittel-Zusatz.

### Normtypen

**Poröse Holzfasersplatten oder Holzfasers-Dämmplatten (HFD).** Hier wird das Faservlies in Trockenkanälen getrocknet. Die vorgeformten Platten (Vlies) behalten dabei ihre Dicke und müssen nur noch auf die gewünschten Maße zugeschnitten werden. Die Rohdichte beträgt 230 bis 250 kg/m<sup>3</sup>. Verwendet werden HFD als Akustikplatten (Dämmplatten) zum Luftschall- und Wärmeschutz. Löcher oder Schlitze in der Oberfläche vergrößern die schallabsorbierende Wirkung erheblich.

**Poröse Bitumen-Holzfasersplatten (BPH)** erhält man, indem man dem Faserbrei 10 bis 30 % Bitumen beimischt. Sie sind dadurch in besonderer Weise für den Einsatz in Feuchträumen geeignet. BPH1 hat 10 bis 15 % Bitumen, BPH 215 bis 30 %.

**Beispiel**

zur Bezeichnung einer BPH 1

Platte	12	×	2440	×	1220	BPH 1	DIN 68752
Hersteller- angabe	Dicke		Länge		Breite	Notmtyp	

**Für Harte Holzfaserplatten oder Holzfaser-Hartplatten (HFH)** wird das Rohmaterial in hydraulischen Pressen unter hohem Druck (etwa 70 N/cm<sup>2</sup>) und Temperaturen zwischen 180 und 210 °C gepresst. So erhalten die Platten ihr typisches Aussehen: eine sehr glatte Oberfläche durch Abdeckung mit einem hochglanzpolierten Blech und einer Unterseite mit gewebeähnlichem Siebdruck. In Kammern können die Platten bei etwa 160 °C mehrere Stunden nachgehärtet und dann zugeschnitten werden. Ihre Rohdichte liegt bei mehr als 800 kg/m<sup>3</sup>. Wir verwenden HFH im Möbelbau und Innenausbau z.B. als Rückwände oder Schubkastenböden. Außerdem nutzt man sie beim Beplanken von Spanplatten, als Verpackungsmaterial und bei der Türenherstellung.

**Mittelharte Holzfaserplatten (HFM)** werden im Nassverfahren ähnlich wie HFH hergestellt. Sie können beidseitig glatt produziert werden.

**Mitteldichte Faserplatten (MDF)** werden ähnlich den Spanplatten im Trockenverfahren hergestellt. Es handelt sich um Einschichtplatten mit einer höheren Verdichtung im Außenbereich. Verwendet werden nur Nadelhölzer im entrindeten Zustand (daher die helle Farbe). Für eine 16 mm dicke Platte wird ein Faserkuchen von nahezu 1 m Dicke aufgeschüttet und verpresst. Als Bindemittel dient vorwiegend Harnstoffharzleim.

Breitflächen (Oberflächen) und Schmalflächen (Kanten) sind geschlossen und können so – ähnlich dem Vollholz - profiliert werden. Die gute Fräsbarkeit ermöglicht die Herstellung von Softkanten.

MDF-Platten eignen sich gut für Beschichtungen (Furnier, Papier, Kunststoff, flüssiger Lack u.a.). Rundungen und Kanten sind jedoch vor der Behandlung mit Oberflächenmaterialien vorzubehandeln (zu isolieren). Zum Bearbeiten müssen wegen des 25 % höheren Verschleißes der Werkzeugschneiden hartmetallbestückte oder Diamantwerkzeuge verwendet werden. Der feine Staub zwingt zu Vorsichtsmaßnahmen. Die Biegefestigkeit der Platten liegt bis doppelt so hoch wie bei Holzspanplatten, die Rohdichte bei > 600 kg/m<sup>3</sup>.

**Extraharte Holzfaserplatten (HFE)** stellt man her, indem man harte Holzfaserplatten nachträglich mit Öl tränkt und bei hohen Temperaturen mehrere Stunden lang nachhärtet. Sie werden vor allem dort eingesetzt, wo mit hoher Feuchtigkeit zu rechnen ist, ferner als Fußbodenbeläge und Betonschalungen.

**Kunststoffbeschichtete dekorative Holzfaserplatten (KH)** sind harte Holzfaserplatten, die bei der Fertigung ein- oder beidseitig beschichtet werden. Die dekorativen Beschichtungen aus melaminharzgetränkten Papierfilmen ergeben einen festen Verbund mit der Trägerplatte. Vielfach wird in der Möbelindustrie auch die Lackplatte verwendet (flüssig beschichtete Hartplatte). KH-Platten setzt man u.a. als Wandverkleidungen in Küchen und Bädern ein. Die Abmessungen gibt Tabelle 3.134.

**Tabelle 3.134** Vorzugsmaße der Holzfaserplatten

Plattenart	Dicke in mm	Länge in mm	Breite in mm
HFD	5 bis 30	bis 6000	bis 3000
HFH	1,2 bis 6	bis 5500	bis 2100

Poröse (Bitumen-) Holzfaserplatten	Harte Holzfaserplatten	Kunststoffbeschichtete Holzfaserplatten
– HFD	– HFH, HFM, MDF, HFE	– KH
– für Schall- und Wärmedämmplatten, BPH in Feuchträumen und im Außenbereich	– für Möbelerückwände und Schubkastenböden, Türen, Verpackung; HFE für Feuchträume und Fußbodenbeläge; MDF im Möbel- und Innenausbau	– für Wandverkleidungen in Küchen und Bädern, im Möbelbau

### 3.9.4 Schichtholz und Hohlraumplatten

**Schichtholz (SCH)** gehört zu den Furnierplatten, jedoch nicht zu den Sperrhölzern. Im

Gegensatz zu diesen verlaufen beim SCH die (mindestens 7) Furnierlagen faserparallel. Bei dünnen Furnierlagen legt man ab und zu eine Querlage ein (z.B. an 5. oder 10. Stelle). Birke, Buche und Pappel eignen sich besonders für

Schichtholz, das in Dicken zwischen 4 und 100 mm angeboten wird. Verwendet wird SCH im Flugzeug- und Maschinenbau, im Modell- und Sportgerätebau.

**Schichtholzformteile** unterscheiden sich vom Formsperrholz nur durch den gleichgerichteten Faserverlauf in den Furnierlagen,

**Pressschichtholz (PSCH)** s. Kunstharz-Pressholz in Abschn. 3.9.1.

Schichtholz ist nicht mit Mehrschicht-Sperrholz identisch! Normen, Typen und Abmessungen entsprechen denen des Furniersperrholzes.

**Hohlraumplatten (HO)** sind Verbundplatten aus einer Mittellage mit Hohlräumen und den beidseitig aufgebrachtten Decklagen (-platten). Die Mittellage (bei Türen: Einlage) kann aus Latten- bzw. Leistenkonstruktionen (Holz und Holzwerkstoffe) bestehen oder aus Füllstoffen wie Papier, Schaumstoffen. Die Decklagen fertigt man aus Holzfaserplatten, Flachpress-/Kalandrierplatten, Spanplatten oder Furniersperrholz. HO wird im Möbelbau verwendet, vorwiegend aber für Sperrtüren (s. Abschn. 10.7.3).

### 3.9.5 Andere Plattenwerkstoffe

Zunehmend begegnen wir Kunststoffplatten. Daneben haben Gipskartonplatten ihre Bedeutung.

**Schichtpressstoffplatten (HPL, früher DKS, DIN EN 438, T1)** sind dekorative Kunststoff-erzeugnisse. Zur Herstellung dienen mit verschiedenen Harzen (Phenol-, Melaminharz) getränkte Papierbahnen. Bei hohem Druck und Temperaturen von 150 °C werden die Bahnen zu einer Kunststoffplatte verpresst (Dümmere). Der Handel hält sie in vielen Farben und Mustern vorrätig. Die Dicken liegen bei 0,5, 0,8 und 1,0 mm, doch sind auch Sonderdicken lieferbar. HPL-Platten sind sehr hart, sehr druckfest, abwaschbar, wasserfest und unempfindlich gegen viele Chemikalien. Meist klebt man sie auf Spanplatten, Trägerplatten aus Stäbchensperrholz, oder Furniersperrholz, Hartholz-Faserplatten, seltener auf Vollholz. Dazu eignen sich u.a. PVAC-Leime und Harnstoffharzkleber. Zum Bearbeiten von HPL-Platten

sollte man nur hartmetallbestückte (HM-) Werkzeuge verwenden. Je nach Herstellungsart werden HPL-Platten unterschieden nach

- HPL = diskontinuierlich verpresste Schichtstoffplatten (auf stationären Pressen)
- CPL = kontinuierlich verpresste Schichtstoffplatten

#### Plattenarten:

- Typ S für den allgemeinen Gebrauch
- Typ F schwer entflammbar
- Typ P nachformbare Platten

Verwendet werden HPL-Platten im Küchen- und Laborbau, für Türen, Trennwände und Verkleidungen.

**Hartschaumplatten** entstehen durch Aufschäumen von Kunststoffen oder durch chemische Reaktion aus Polystyrol (PS) und Polyurethane (PUR). Sie sind in Verbindung mit anderen Werkstoffen als Verbundplatten oder als Styropor-, Poresta- und PUR-Schaumplatten im Handel und werden bei der Schall- und Wärmedämmung sowie im Kühlmöbelbau eingesetzt.

**Gipskartonplatten** sind beidseitig mit Karton (Pappe) gefertigte Gipsplatten, die in verschiedenen Stärken geliefert und im Innenausbau vielfach verwendet werden. Als Mehrschichtplatten kombiniert man Gipskarton- und Gipsplatten häufig mit Hartschaumplatten. Verwendet werden die Platten als Wand- und Deckenverkleidungen (z.B. zum Verbessern der Wärmedämmung). Gipskarton-Bauplatten (GKB) sind nach DIN 18180 genormt

**Gipsfaserplatten** werden aus Naturgips und Zellulosefasern unter Zugabe von Wasser mit hohem Druck zu Platten gewalzt. Da keine chemischen Bindemittel enthalten sind, ist die Verwendung der Platten baubiologisch unbedenklich. Einsatzgebiete: Fußboden (Trockenestrich), Wand- und Deckenverkleidungen, im Feuerschutz- und Feuchtraumbereich und – als Verbundplatte mit Schaumkunststoff – im Schall- und Wärmedämmbereich.

**Acryl-Mineralwerkstoffe** wie Paracor oder Corian sind Massivplatten und Formteile, massiv, porenlos und homogen, robust wie Stein, gestaltbar wie Holz.

**Asbestzementplatten** werden, seit Asbestfasern als krebserregend erkannt wurden, mehr und mehr durch asbestfreie Plattenmaterialien ersetzt. Harmlose Stoffe mit gleichwertigen Eigenschaften finden u.a. Verwendung bei Dämmstoffen, im Brand-, Schall- und Feuchteschutz, bei Klebstoffen, im Beton- und Mörtelbereich (s. Abschn. 3.9.2).

**Dämmstoffe aus Mineralfaser.** Zur Herstellung presst man flüssiges Glas oder Basaltstein durch feine Düsen zu feinen Fäden. Je nach Weiterverarbeitung erhält man Glas- oder Steinwolleplatten bzw. -matten und setzt sie zur Schall- und Wärmedämmung bzw. im Brandschutzbereich ein.

## 4 Holzbearbeitung mit Handwerkszeugen

### **Arbeitsauftrag Nr. 20 Lernfeld LF 1,4**

- Ihre Firma bekommt den Auftrag das Wochenendhaus der Familie Kleinschmidt instand zu setzen.

Ihre Aufgabe ist es ein Aufmass vom Grundriss des Hauses anzufertigen.

Tür- und Fensteröffnungen sollten ebenfalls ausgemessen werden.

Bevor Ihr Meister Sie zum Kunden schickt möchte er, dass Sie sich einen gründlichen Überblick über Messwerkzeuge verschaffen.

Sie sollen sich auch mit deren Handhabung vertraut machen.

- Bitte beantworten Sie zu diesem Zweck die folgenden Fragen:

1. Was bedeuten Messen und Anreißen?
2. Warum gibt es Maßtoleranzen?
3. Warum ist die Messgenauigkeit von Rollbandmaß und Bandmaß nicht immer gleich?
4. In einer Zeichnung steht das Maß  $24+0,4-0,2$ .
  - a) Wie groß ist das Toleranzmaß?
  - b) Nennen Sie das Kleinst- und Größtmaß.
5. Wozu dient der Nonius beim Messschieber?
6. Erläutern Sie das Ablesen eines Maßes am Messschieber.
7. Welches Messzeug nehmen Sie,
  - a) um den Durchmesser eines Dübellochs auf  $V10$  mm genau zu messen?
  - b) um einen Winkel von  $90^\circ$  zu kontrollieren?
  - c) um zu prüfen, ob eine Wand senkrecht steht?
  - d) um zu prüfen, ob der Fußboden eines Raumes waagrecht ist?
  - e) um einen vorgegebenen Winkel auf ein Werkstück zu übertragen?
8. Wie prüfen Sie ein Winkelmaß auf Genauigkeit?
9. Womit reißen Sie auf einer Vollholzfläche an?
10. Was wird mit dem Baulaser gemessen oder geprüft?
11. Was wird mit dem Teleskop-Messstab gemessen?
12. Welche Messwerkzeuge benötigen Sie für die Ausführung Ihres Auftrages?

- **Arbeitsvorschlag:**

Um Ihr theoretisches Wissen praktisch anwenden zu können messen Sie bitte Ihren Klassenraum auf. Ihr Aufmass sollte eine vollständige Skizze mit sämtlichen Maßen einschließlich Fenster, Türen, Nischen, Pfeiler etc. enthalten.

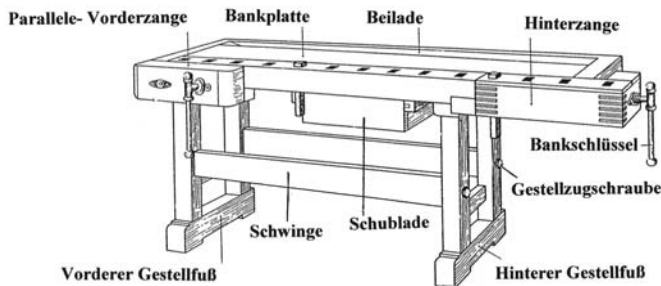
Anhand Ihrer Skizze fertigen Sie eine Grundrisszeichnung im M 1:50.

Empfohlene Blattgröße DIN A3.

### **Arbeitsplatz Hobelbank**

In vielen Betrieben wird auch heute noch die Hobelbank am Arbeitsplatz genutzt. Sie dient zum *Einspannen* und *Ablegen* von Werkstücken und Werkzeugen bei der handwerklichen Fertigung.





4

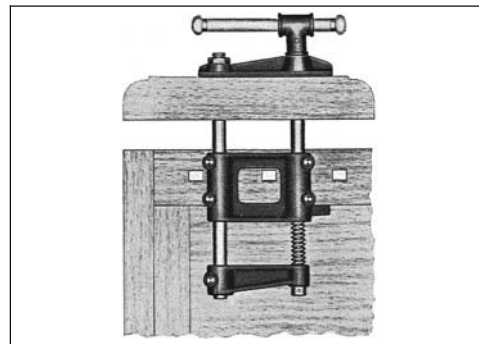
**Bild 4.1** Hobelbank mit paralleler (französischer) Vorderzange

Die Hobelbankplatte wird aus gedämpfter Rotbuche gefertigt. Zur Vermeidung des Verziehhens oder Verwerfens wird die Platte aus mehreren verleimten Stücken mit stehenden Jahresringen und doppelten Nuten und Querholzfedern sowie Hirnleisten hergestellt.

Die Platte ruht auf dem vorderen und hinteren *Gestellfuß*, die mittels *Schwingen* und *Gestellzugschrauben* verbunden sind. Die Vorderkante mit den Bankhakenlöchern zur Aufnahme der Bankhaken, hat eine Dicke von ca. 10 cm. Die Vertiefung an der rückwärtigen Bankseite wird als *Beilade* bezeichnet und dient dem Ablegen der Werkzeuge während der Arbeit. Zum Einspannen der Werkzeuge dienen die Zangen. Bei den *Vorderzangen* unterscheidet man nach der Bauart die deutsche und die französische (parallele) Vorderzange. Die deutsche Vorderzange besteht aus einem Backenstück, das mit einem Zwischenstück durch einen langen Bolzen mit der Platte verbunden ist. Die durch das Backenstück gehende Spindel drückt auf das Zangen- oder Druckbrett. Durch dieses wird das

Werkstück fest gegen die Plattenvorderkante gedrückt.

Heute wird fast ausschließlich die *Parallele-Vorderzange* verwendet. Durch die Parallelführung wird für gleichmäßigen Druck in der ganzen Länge der Zange gesorgt. Beim Einspannen konischer Werkstücke müssen jedoch Hilfsstücke eine Schiefstellung der Zangenbaken verhindern.



**Bild 4.2** Parallele (französische) – Vorderzange (Ansicht von unten)

## 4.1 Messen und Anreißen

Vor Beginn der Holzbearbeitung im Betrieb oder auf der Baustelle müssen die Werkstücke gemessen und angeissen werden.

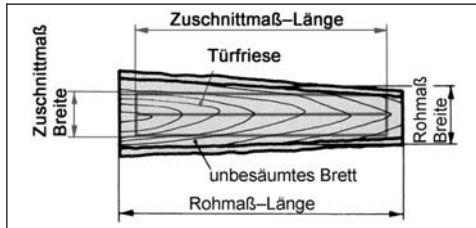
**Durch Messen** werden physikalische Größen (z.B. Längen, Winkel, Temperaturen, Holzfeuchten, Luft- und Öldrucke) mit festgelegten Maßeinheiten verglichen.

**Durch Anreißen** markiert man diese Maße mit einem Bleistift, Streichmaß oder Spitzbohrer auf dem Werkstück.

Messen und Anreißen sind die Voraussetzung, um Zeichnungen oder Brettrisse so auf den Werkstoff zu übertragen, dass daraus maßstabgerechte und passende Werkstücke gefertigt werden können.

**Beispiel**

Aus einem unbesäumten Brett sollen Türfriese herausgeschnitten werden. Beim Anreißen ist zu beachten, dass die Türfriese später auf das endgültige Fertigmaß in Breite und Dicke gehobelt werden (4.3).

**Bild 4.3** Unbesäumtes Brett

Genaueres Messen und Anreißen erleichtert das Arbeiten, verhindert Nacharbeiten und spart Werkstoff (Ausschuss).

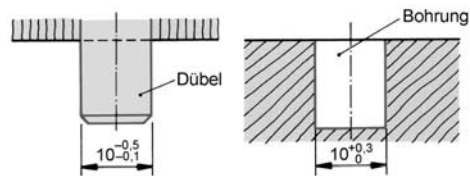
**Toleranz.** In der Fertigungspraxis ist es nicht immer möglich, Zeichnungsmaße ganz genau einzuhalten, weil z.B. der Anschlag nicht genau im Winkel ist. Eine bestimmte Maßabweichung muss man deshalb hinnehmen, „tolerieren“. Für den Metallbereich wurden die zulässigen Maßabweichungen als ISO-Toleranzen von den Normeninstitutionen der Industrienationen international festgelegt (ISO = International Organization for Standardization).

**Austauschbau.** Welche Vorteile bietet das Toleranzsystem? Wie in anderen Industriezweigen führen fortschreitende Kostenentwicklung und moderne Fertigungsverfahren auch in der Holzindustrie (etwa im Möbel-Serienbau) zum Austauschbau. Die einzelnen Teile werden nicht mehr von einem Facharbeiter hergestellt und zusammengebaut, sondern von mehreren, oft zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Betrieben gefertigt. Nicht selten produziert man Teile „auf Lager“, die der Kunde kauft und selbst zusammenbaut. Damit alle diese Einzelteile problemlos zusammengebaut werden können, dürfen sie nur innerhalb der zulässigen Toleranz abweichen.

Die Toleranz gewährleistet, dass alle Einzelteile ohne Nacharbeit zusammenpassen.

**Nennmaß und Abmaß.** In den Fertigungszeichnungen nach DIN 919-2 sind deshalb zu

den Einzelmaßen = Nennmaßen jeweils die oberen und unteren Abmaße = Toleranzen angegeben (4.4). Die Toleranz ist auf die erreichbare Fertigungsgenauigkeit abgestimmt und so ausgelegt, dass die Teile mit den tolerierten Istmaßen zusammenpassen.



<b>zulässige Toleranz</b>	<b>größtes Passungsspiel</b>
Dübel 0,4 mm	10,3 mm – 9,5 mm = 0,8 mm
Bohrung 0,3 mm	
	<b>kleinstes Passungsspiel</b>
	10,0 mm – 9,9 mm = 0,1 mm

**Bild 4.4** Toleranzpassung bei einer Dübelverbindung

In der Praxis lassen sich auch bei großer Sorgfalt Maßabweichungen nicht vermeiden. Abmaße geben den Fertigungsspielraum an.

**4.1.1 Längen-, Breiten- und Dickenmesszeuge**

In der Praxis verwendet man Messzeuge mit unterschiedlichen Genauigkeitsgraden. Auf der Baustelle werden in der Regel keine so hohen Anforderungen an die Genauigkeit gestellt wie etwa in der Möbelserienfertigung. In einzelnen Betrieben ist es heute noch üblich, ein häufig verwendetes Messgerät auf dem staatlichen Eichamt eichen zu lassen, damit die Maße genau eingehalten werden.

**Das Meter (m)** ist die Basiseinheit für Längen, Breiten und Dicken. Es ist seit 1972 in Deutschland eingeführt. Als Bezugsgröße gilt heute das Isotop des Elements Krypton (1 m = 1 650 763,73-faches der Wellenlänge des Krypton-Isotops 86 im Spektrum). Nach dem Dezimalsystem erhalten wir bei Multiplikation mit 10 die nächstgrößere, bei Division mit 10 die nächstkleinere Einheit. Anders ausgedrückt: 1 m = 10 dm, 1 dm = 10 cm, 1 cm = 10 mm. Ausgenommen davon ist der Kilometer: 1 km = 1 000 m.

**Der Gliedermaßstab** aus Holz, Kunststoff oder Leichtmetall mit einschnappbaren Federgelenken ist 1 oder 2 m lang und hat eine Millimeterteilung. Bei längerem Gebrauch nutzen sich die Federgelenke ab und bekommen ein Spiel, das zu ungenauen Messergebnissen führt (2 bis 3 mm). Es sollte darum wenigstens ein geeichter Gliedermaßstab im Betrieb vorhanden sein.

**Feste Maßstäbe** bestehen aus geätztem Federbandstahl in Dicken von 0,3 bis 0,5 mm und Längen von 100 bis 500 mm mit Millimeterteilung. Man setzt sie für die Prüfung von Fixmaßen und zum Einstellen von Maschinenanschlägen ein.

**Das Rollbandmaß** aus Federbandstahl mit Millimeterteilung ist 2 bis 5 m lang, leicht gewölbt und hat einen Winkelanschlag. Es wird knickfrei in ein Stahl- oder Kunststoff Gehäuse mit Innenfeder eingezogen und eignet sich besonders für Messungen an gekrümmten Teilen (4.5).

**Das Bandmaß** mit 10 bis 50 m Länge und Zentimeterteilung besteht aus Stahlband oder Kunststoff mit Glasfasern verstärkt. Es eignet sich vor allem für Diagonal-Messungen beim Prüfen der Winkeligkeit von Räumen oder Raumecken. Die Messgenauigkeit ist sehr unterschiedlich. Sie hängt vom Material des Maßbands (Metalle dehnen sich bei Wärme aus), von der Luftfeuchte und der Lufttemperatur ab. Bei einigen Geräten sind die Abweichmöglichkeiten am Gehäuse angegeben.

**Die Messlatte** aus Hartholz, geeicht oder selbst hergestellt, hat eine Dezimalteilung und wird besonders zum Messen von Schnittholzprodukten beim Holzhändler verwendet. In der Schreinerei und auf der Baustelle benutzt man sie gern zum raschen Zuschneiden als verlängerten Meterstab.

**Der Teleskop-Messstab** dient zum Messen von Lichtmaßen (Tür- und Fensteröffnungen). Bei allen diesen „Strichmesswerkzeugen“ kann es durch Ungenauigkeit leicht zu Messfehlern kommen (wenn Sie z. B. nicht genau senkrechten Blickwinkel haben). Diese Gefahr besteht weniger bei den „anzeigenden Messgeräten“: Bei Messlehre und Messschieber.

**Mit der Messlehre** kontrollieren wir vor allem regelmäßig wiederholende Maßabstände (z.B. Dübelloch-Abstände, Breite und Länge von Möbelteilen) (s. Abschn. 4.11, Vorrichtungen).

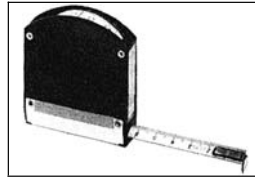


Bild 4.5 Rollbandmaß

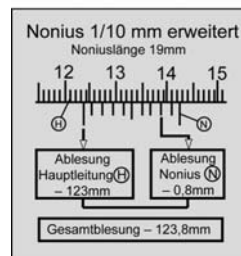


Bild 4.6  
Ablesebeispiel beim  $\frac{1}{10}$ -Nonius

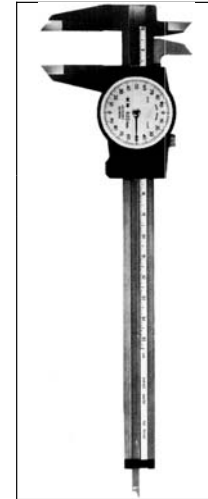


Bild 4.7  
Messschieber mit Messuhr

Der Messschieber (Schieblehre) ist ein Universalmessgerät, z.B. für Längen-, Breiten- oder Dickenmessungen, Außen-, Innen- und Tiefenmessungen von Falzen, Nuten und Bohrungen. Mit der Noniusteilung erreicht man bei der Kontrolle von Plattendicken eine Messgenauigkeit von  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{20}$  oder  $\frac{1}{50}$  mm (4.7).

**Der Nonius** ermöglicht das Ablesen von Maßen, die zwischen der vorgegebenen Millimeterteilung der Schiene liegen. Sein Nullstrich wird als Komma gelesen und trennt je nach Teilung die ganzen von zehntel, zwanzigstel oder fünfzigstel mm. Beim Zehntel-Nonius sind 9 mm in 10 Teile geteilt. Wir lesen zuerst die ganzen Millimeter auf der Hauptteilung H ab, dann nach dem Komma die Zehntelmillimeter auf dem Nonius N (4.6).

**Dickenmesser mit Messuhr** ist geeignet für Zehntelmillimeter genaue Dickenmessungen bei Furnieren und Platten. Der Messbereich liegt in der Regel zwischen 0 bis 30 mm (4.8).

**Einstell-Messlehren** verwenden wir beim Einstellen von Maschinenwerkzeugen. Je nach Werkzeug (Fräser, Hobelmesser, Sägeblätter) lassen sich so der Messerflugkreis kontrollieren oder die Schnitttiefe einstellen.



Bild 4.8 Dickenmessuhr

**Vorsicht bei Einstell-Messlehren!** Weil das Werkzeug meist eingebaut ist, muss die Maschine gegen plötzliches Einschalten gesichert werden!

#### 4.1.2 Richtungsmesszeuge

Beim Einsetzen von Türen und Fenstern ist es wichtig, senkrecht und waagrecht einzubauen.

Mit der **Schlauchwasserwaage** ermittelt und überträgt man Waagerechte, z.B. um zwei gegenüberliegende Anschlusspunkte einer Wandverkleidung genau in die gleiche Höhe zu bringen. Man nutzt dabei die Eigenschaft des Wassers, in den hochgehaltenen Enden eines (bis zu 20 m langen) Schlauchs gleichhoch zu stehen. Auf die beiden Schlauchenden setzt man je ein Glasröhrchen mit seitlichen Markierungsstrichen (4.9).

Die **Wasserwaage** ist heute das Universalmessgerät für senkrechte und waagerechte Messungen auf der Baustelle. Sie kann in Verbindung mit der Richtlatte (Richtscheit) oder Richtschnur das Lot und die Schlauchwaage weitgehend ersetzen. Wasserwaagen werden aus Leichtmetall oder Harthölzern gefertigt. Wenn sich die Prüffläche genau in der waagerechten bzw. senkrechten Lage befindet, steht die Luftblase in der markierten Mitte der Libelle.

Heute gibt es Wasserwaagen mit integriertem batteriebetriebenen Laserstrahl. Damit lassen sich auf der Baustelle, durch einen erzeugten Lichtpunkt, waagerechte und senkrechte Messungen über mehrere Meter exakt übertragen.

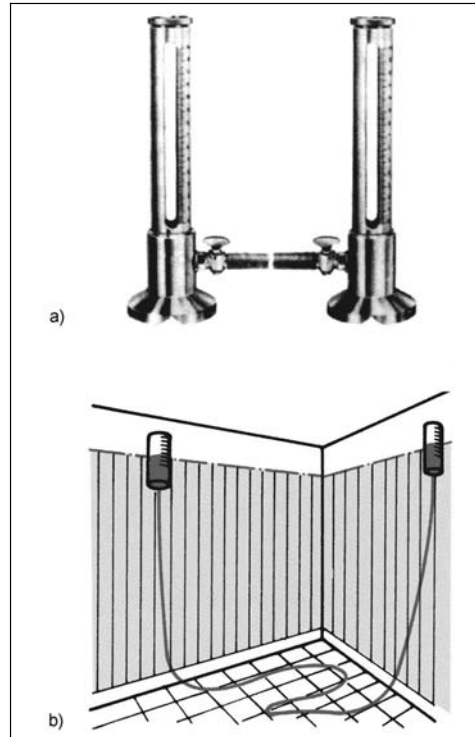
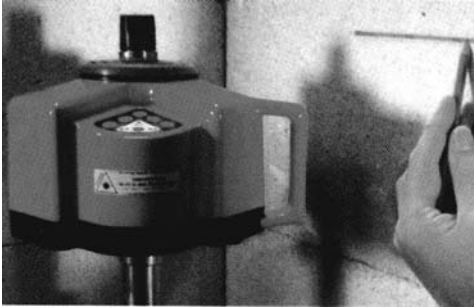


Bild 4.9 Schlauchwasserwaage (a) und ihre Verwendung (b)

Die **Richtschnur** dient dazu, zwei voneinander entfernte Höhenpunkte an einer Wand durch eine waagerechte Linie miteinander zu verbinden. Dazu wird die in einem mit Farbkreidestaub gefüllten Behälter aufgerollte Schnur abgezogen und von Höhenpunkt zu Höhenpunkt gespannt. Ist sie gut gestrafft und waagrecht (Kontrolle mit der Wasserwaage), wird sie kurz „angezupft“, so dass sie gegen die Wand schlägt und eine farbige waagerechte Markierung hinterlässt. Der Bautischler setzt die Richtschnur zusammen mit der Schlauchwasserwaage und Wasserwaage ein, um eine rings um den Raum laufende waagerechte Höhenmarkierung zu bekommen, an die die Unterkonstruktion (Schattenfugenbrett) einer Deckenverkleidung anschließt.

Der **Baulaser** erzeugt einen gebündelten Lichtstrahl, der auf einen Punkt gerichtet werden kann oder automatisch um 360° rundläuft. Beim Rundlauf ergibt der Lichtstrahl eine

horizontal liegende Bezugsebene. Beim Innenausbau können so gleichzeitig an allen Wänden eines Raumes Markierungen, z.B. für eine abgehängte Decke, vorgenommen werden.



**Bild 4.10** Baulaser

**Laserstrahlen sind gefährlich!** Wer mit ihnen arbeitet muss über die Gefahren belehrt worden sein.

Verwenden Sie eine Lasersichtbrille.

Der Laser und die Arbeitsstelle müssen durch ein Warnschild gekennzeichnet sein.

Für das Aufmass von Fenstern, Türen und Fußböden eignen sich handliche *Laserdistanzmessgeräte*.



**Bild 4.11** Handlaser für das Aufmass

Die notwendigen Daten können mit geringem Zeitaufwand und Fehlerquote ermittelt und in die Laser-Software am Laptop/Computer übertragen werden. Die Geräte können Längen messen und Winkel/Neigungen bestimmen.

Durch Nutzung der richtigen Software können nicht nur Aufmassblätter erstellt sondern auch Fensterfertigmaße, Fenstersymbole, Zubehörlisten etc. ermittelt werden. Auch die Verknüpfung mit anderen Datenbanken und Programmen ist möglich. Der Zeitaufwand vom Aufmaß bis zur Fertigstellung wird minimiert, die Kosten gesenkt. Dies führt zu einer größeren Kundenzufriedenheit.



**Bild 4.12**

### 4.1.3 Winkelmesszeuge

Das Einhalten bestimmter Winkelmaße, meist des rechten Winkels, bildete schon immer die Grundlage bauhandwerklicher Arbeit. Eine Vorfertigung bestimmter Teile wie Möbel,

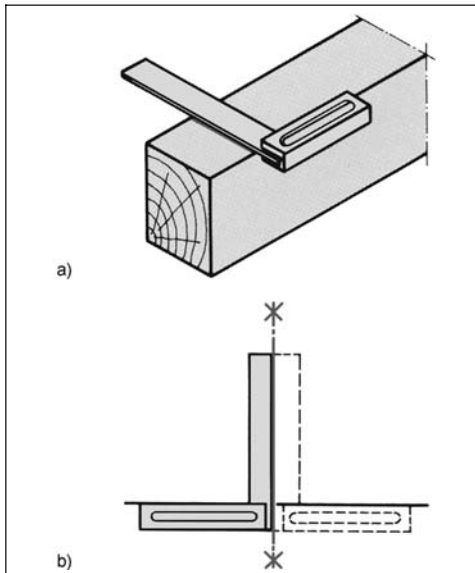
Fenster und Türen in der Werkstatt wäre nicht möglich, wenn nicht der rechte Winkel am Bau schon im Rohbau berücksichtigt worden wäre.

Grundlagen der Winkelmessung ist die 360-Grad-Teilung des Kreises. In den SI-Einheiten entsprechen  $360^\circ = 400 \text{ gon}$ , d. h.  $90^\circ = 100 \text{ gon}$ .

**Winkel und -maße** bestehen aus Zunge und Anschlag. Genaue Winkel stellt man aus Leichtmetall oder Stahl her. Bei den in der Tischlerei üblichen Winkeln besteht der Anschlag aus Palisanderholz, das auf den Kanten mit Metall belegt ist, und einer Stahlzunge (4.13a). Wir prüfen Winkel, indem wir sie an einer geraden Kante anschlagen und entlang der Zunge anreißen. Nach Umklappen des Winkels muss der Riss mit der Zungenkante deckungsgleich sein (4.13b).

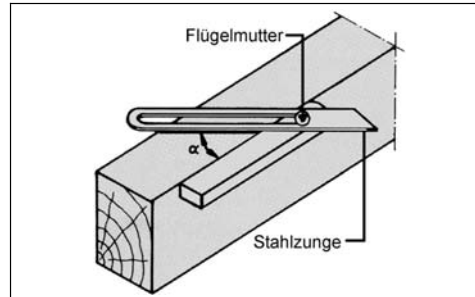
**Gehrungsmaße** bilden zwischen Zunge und Anschlagkante einen Winkel von  $45^\circ$  bzw.  $135^\circ$ . Sie sind im Aufbau ähnlich wie Winkelmaße.

Die Schmiege hat eine bewegliche Zunge, die in einem Langloch mit einer Flügelmutter festgeklemmt werden kann (4.14). Mit ihr lassen sich beliebige Winkel abnehmen, prüfen und übertragen.



**Bild 4.13** a) Anreißen eines rechten Winkels  
b) Prüfen eines Winkels

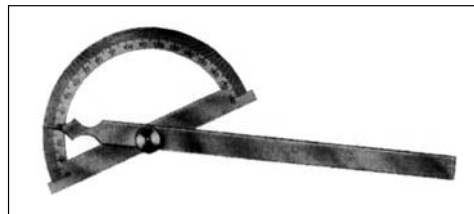
**Der Winkelmesser** erlaubt im Gegensatz zur Schmiege das genaue Feststellen und Ablesen von Winkeln zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  (4.15).



**Bild 4.14** Anreißen eines Winkels mit der Schmiege

#### Arbeitsregeln beim Messen

- Messgeräte von Zeit zu Zeit auf Genauigkeit prüfen.
- Beim Ablesen auf senkrechte Blickrichtung achten.
- Stets rechtwinklig zur Bezugsebene messen.
- Winkelmessungen immer an der gleichen Anschlagkante durchführen.



**Bild 4.15** Winkelmesser

#### 4.1.4 Anreißwerkzeuge

Je nach der Werkstoffeigenschaft und geforderter Genauigkeit setzen wir verschiedene Werkzeuge zum Anreißen ein.

**Der gut gespitzte Bleistift** beschädigt das Werkstück nicht.

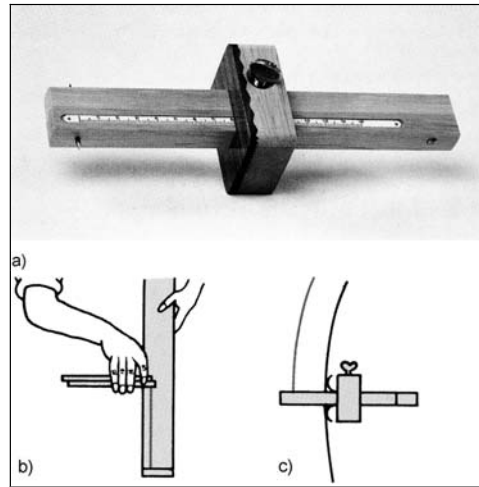
**Den Spitzbohrer** (auch Reißnadel genannt) setzt man für scharfe Risse z.B. auf Kunststoff-Flächen oder oberflächenbehandelten Teilen ein, wo der Bleistift keine Markierung hinterlässt (4.16).

Das **Streichmaß** dient zum Übertragen gleich bleibender Maße auf Werkstücke, z.B. beim Anreißen von Verbindungen. Meist besteht es aus zwei gegeneinander verschiebbaren Zungen, die mit einem Anreißstift versehen sind und in der Führung (dem Anschlag) mit einer Stellschraube fixiert werden (4.17a). Beim Anreißen drückt man den Anschlag fest an die Werkstückkante, so dass der Anreißstift auf der Werkstückoberfläche einen parallelen Riss dazu hinterlässt. Sie können das Streichmaß an geraden und (mittels aufgesetzter Kurvenanschläge) an gekrümmten Kanten anschlagen (4.17b und c).

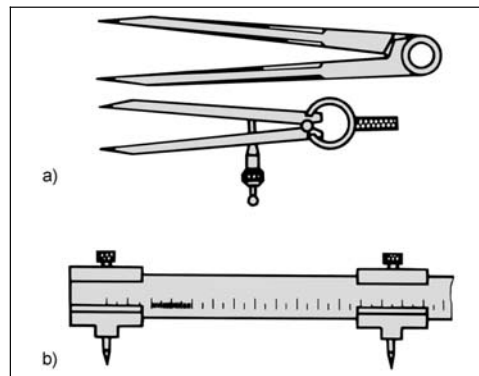


**Bild 4.16** Spitzbohrer

Für Sonderaufgaben verwendet der Tischler noch andere Mess- und Anreißwerkzeuge, z.B. Spitzzirkel, Stangenzirkel und Ellipsenzirkel (4.18).



**Bild 4.17** a) Streichmaß, b) Anreißen parallel zu einer geraden Kante, c) Anreißen parallel zu einer gekrümmten Kante



**Bild 4.18** Spitzzirkel (a) und Stangenzirkel (b)

## 4.2 Mechanische Grundlagen

### Arbeitsauftrag Nr. 21 Lernfeld LF 1,4

- Zur Vertiefung Ihres Grundwissens benötigen Sie größere Einblicke in die Mechanischen Grundlagen.

Erstellen Sie Lernkarten mit folgenden Fragen mit den entsprechenden Antworten:

1. Wodurch wird eine Kraft bestimmt?
2. Was gilt für mehrere Kräfte auf der gleichen Wirkungslinie?
3. In welchem Fall ist die Resultierende Kraft = Null?
4. Welche Regel gilt für Kräfte auf verschiedenen Wirkungslinien?
5. Welche Größen werden zur zeichnerischen Darstellung von Kräften gebraucht?

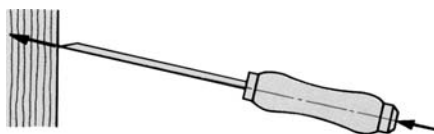
6. Wie ist die Trennkraft eines Keils zu vergrößern?
7. Welche Gefahr droht bei zu kleinem Keilwinkel?
8. Erläutern Sie die Begriffe Hebel und Kraftmoment.
9. Wodurch nimmt das Kraftmoment zu?
10. Wie lautet das Hebelgesetz?
11. In welchem Fall spricht man von einem ein- bzw. zweiseitigen Hebel?
12. Welche Reibungsarten sind beim Verschieben eines Tisches zu überwinden?
13. Wovon hängt die Reibungskraft ab?
14. Was versteht man in der Mechanik unter Arbeit und Leistung?
15. Wandeln Sie 1W in andere Energieformen um.
16. Erläutern Sie den Begriff Wirkungsgrad.

Bei der Holzbearbeitung werden viele Werkzeuge gebraucht (z.B. Sägen, Bohrer, Hammer, Schraubendreher, Zwingen). Im Lauf der Jahrhunderte hat der Mensch für jeden Arbeitsgang das entsprechende Werkzeug entwickelt. Doch bevor wir diese Werkzeuge behandeln, müssen wir Näheres über „Kräfte“ erfahren, um die Wirkungsweise unserer Werkzeuge zu verstehen.

Kraft haben wir im Abschn. 2.1 als Gewichtskraft (Folge der Erdanziehung) behandelt. Kräfte können aber auch ein Werkstück verformen oder die Bewegung eines Wagens ändern. Gekennzeichnet werden Kräfte durch ihre Größe, ihre Richtung und ihren Angriffspunkt. Entscheidend ist also, wo eine Kraft einwirkt, wie stark sie ist und in welcher Richtung sie wirkt (4.19). Beim Stemmvorgang setzt sich die auf das Heft ausgeübte Schlagkraft bis zur Schneidenspitze fort – der Schlag treibt die Spitze ins Werkstück (4.20). Daraus folgt, dass sich Kräfte auf ihrer Wirkungslinie verschieben lassen. Andererseits setzt das Werkstück dem Stemmeisen mit seiner Kohäsionskraft Widerstand entgegen. Daraus schließen wir, dass es zu jeder Kraft auf der gleichen Wirkungslinie eine gleich große Gegenkraft gibt, die in entgegengesetzter Richtung wirkt.



**Bild 4.19** Zeichnerische Darstellung der Kraft  $F$



**Bild 4.20** Zeichnerische Darstellung der Kraft  $F$

### Kraft $F$

- wird bestimmt durch Größe, Richtung und Angriffspunkt,
- lässt sich auf ihrer Wirkungslinie beliebig verschieben,
- hat eine gleich große, entgegengesetzt wirkende Gegenkraft. Kraft = Gegenkraft

**Kräfte auf einer Wirkungslinie.** Wie Bild 4.19 zeigt, werden die Kräfte zeichnerisch als Pfeile dargestellt. Dazu wählt man einen geeigneten Kräftemaßstab (z.B. 1 cm  $\hat{=}$  10 N). Wenn drei Personen einen Wagen vorwärts schieben, greifen mehrere Kräfte in einem Angriffspunkt in gleicher Richtung an ( $F_1, F_2, F_3$ ). Diese Kräfte kann man zu einer Gesamtkraft der *Resultierenden* ( $F_R$ ) addieren. Wirken sie auf derselben Wirkungslinie entgegengesetzt, erhalten wir die Resultierende durch Subtraktion.

### Beispiel 1

Zwei Körper haben, wie die Auswägung ergibt, 0,8 bzw. 1,2 N Gewichtskraft. Beide zusammen haben dann eine Gewichtskraft von 0,8 N + 1,2 N = 2 N

$$F_R = F_1 + F_2$$

### Beispiel 2

Die Federkraft der Rückholfeder eines Spannzylinders beträgt 5N, die pneumatisch übertragene Druckkraft auf den Kolben 150 N. Dann ist die wirksame Spannkraft 150 N – 5 N = 145 N

$$F_R = F_1 - F_2$$

Wirken Kräfte in gleicher Richtung auf einer Wirkungslinie, addiert man sie zur Resultierenden:

$$F_R = F_1 + F_2$$

Wirken Kräfte entgegengesetzt auf einer Wirkungslinie, erhält man die Resultierende durch Subtraktion:

$$F_R = F_1 - F_2.$$



**Gleichgewicht.** Wenn die auf einer Wirkungslinie entgegengesetzten Kräfte gleich groß sind, heben sie sich gegenseitig auf. In diesem Fall ist die Resultierende = 0, die Kräfte sind im Gleichgewicht.

**Kräfte auf verschiedenen Wirkungslinien.** Wenn zwei Personen den Wagen an Seilen in verschiedene Richtungen ziehen, wirken ihre Kräfte nicht auf einer Wirkungslinie. Trotzdem können wir auch diese Kräfte zusammensetzen. Wir ermitteln sie zeichnerisch, indem wir die bekannten Wirkungslinien zu einem Kräfteparallelogramm ergänzen. Die Diagonale in diesem Parallelogramm ist die Resultierende (4.19). Der Vorgang heißt Kräftezusammensetzung.

#### Beispiel 1

Zwei Kräfte  $F_1 = 10 \text{ N}$  und  $F_2 = 5 \text{ N}$  greifen an einem Punkt in verschiedenen Richtungen an. Wie groß ist  $F_R$ ?

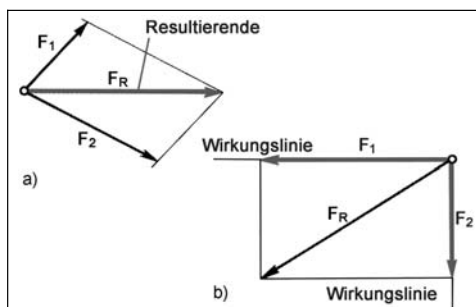
Die Größe der gesamten Resultierenden ergibt sich zeichnerisch zu **14 N**.

Umgekehrt kann man mit Hilfe der Diagonalen im Kräfteparallelogramm auch Kräfte zerlegen (4.19b).

#### Beispiel 2

Die resultierende Kraft  $F_R$  beträgt 25 N. Die Wirkungsrichtungen der Teilkräfte  $F_1 + F_2$  sind bekannt. Durch Parallelzeichnung erhalten wir die Pfeillängen  $F_1 + F_2$  und messen sie zu  $F_1 = 21,75 \text{ N}$ ,

$$F_2 = 13 \text{ N}.$$



**Bild 4.21** Kräfte auf verschiedenen Wirkungslinien a) Zusammensetzen, b) Zerlegen

Wirken Kräfte auf verschiedenen Wirkungslinien, setzt man sie mit Hilfe des Kräfteparallelogramms zu einer Resultierenden zusammen. Auf dem umgekehrten Weg wird eine Resultierende in zwei Einzelkräfte mit gegebenen Richtungen zerlegt.

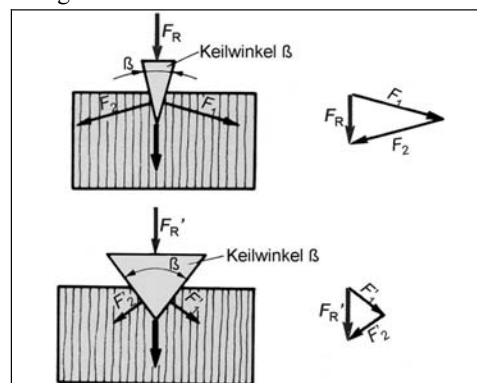
**Keilkräfte.** Wenn wir unsere Werkzeuge näher betrachten, bemerken wir, dass alle Schneiden die Grundform eines Keils haben. Der Kraftaufwand beim Einschneiden hängt von der zu überwindenden Kohäsionskraft und von der Keilform ab. Beim Schneidenkeil dient die Schlagkraft (Vortriebskraft) als Resultierende, die wir unter einem Angriffswinkel in die Spaltkräfte  $F_1$  und  $F_2$  zerlegen können. Je kleiner dieser Keilwinkel  $\beta$  ist, desto größer sind die Spaltkräfte – ein schmaler Keil dringt bei gleichem Kraftaufwand auch tiefer in den Werkstoff ein als ein breiter Keil (4.22).

Ist der Keilwinkel allerdings zu klein, verringert sich seine „Standzeit“, er wird schneller abgenutzt und stumpf als ein Keil aus weichem Werkstoff mit größerem Keilwinkel. Außerdem klemmt eine schmale Schneide leichter fest als eine breitere.

Der Keil übersetzt Kräfte. Die erzeugte Trennkraft nimmt zu durch Vergrößern der Vortriebskraft oder Verringern des Keilwinkels.

Höhere Werkstoff-Festigkeit erfordert einen größeren Keilwinkel.

In der Praxis ist die Schonung des Werkzeugs wichtiger als ein geringerer Kraftaufwand. Deshalb nimmt man den Keilwinkel eher etwas größer als zu klein.

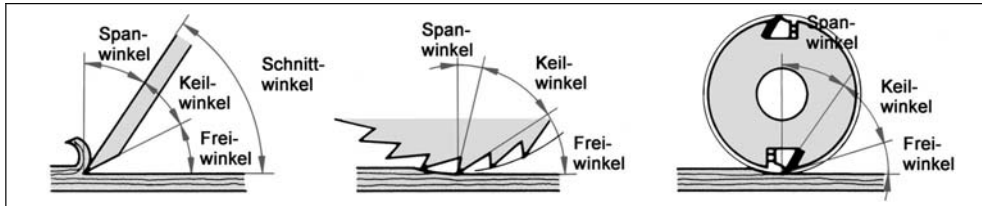


**Bild 4.22** Keilwinkel und Spaltkräfte am zweischneidigen Keil Keilwinkel  $\beta < \beta'$   
Spaltkraft  $F_1, F_2 > F_1', F_2'$   
Schlagkraft  $F_R = F_R'$

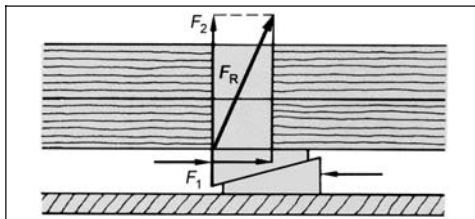
Meist haben Werkzeugschneiden einen einseitigen Keil (4.23).

Dadurch bilden sie auch unterschiedliche Spaltkräfte und somit unterschiedliche Gegen-

kräfte im Holz – die Schneide verläuft in Richtung der Spiegelfläche (z.B. Stecheisen). Einseitige Keile kann man auch zum Spannen von Werkstücken einsetzen (4.24).



**Bild 4.23** Schneidewinkel am einseitigen Keil



**Bild 4.24** Einseitiger Keil zum Spannen

#### Hebel und Kraftmoment (Drehmoment).

Ein langstieliger Hammer hat eine größere Schlagkraft als ein kurzstieliger. Warum? Weil sein Griff, sein „Hebelarm“, länger ist. Was ist ein Hebel? Ein um eine Achse drehbarer starrer Körper, an dem Kräfte wirken können. Scheren und Zangen sind Werkzeuge mit zwei gegeneinander drehbaren Hebeln, die die Kräfte vergrößern. Diese Drehkraft heißt Kraft- oder Drehmoment. Ihr Angriffspunkt ist der Drehpunkt (beim Schraubenschlüssel z.B. die Schraubenschlüsselachse). Das Kraftmoment steigt, wenn der Hebelarm verlängert oder/und die angreifende Kraft vergrößert wird. Daraus ergibt sich die Formel (4.25a)

$$\text{Kraftmoment} = \text{Kraft} \cdot \text{Hebelarm}$$

$$M = F \cdot l \quad \text{Einheit: Nm}$$

#### Beispiel

Ein Schraubenschlüssel hat die Hebellänge 20 cm und wird mit einer Kraft von 200 N betätigt. Wie groß ist das Kraftmoment?

$$M = F \cdot l = 200 \text{ N} \cdot 0,20 \text{ m} = 40 \text{ Nm}$$

**Hebelgesetz.** Wirkt die Kraft vom Drehpunkt aus im Uhrzeigersinn, nennt man sie *rechtsdrehendes*, umgekehrt dagegen *linksdrehendes* Kraftmoment. Ein Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wenn die linksdrehenden Momente gleich den rechtsdrehenden sind. So lautet das

#### Hebelgesetz

rechtsdrehendes Moment = linksdrehendes Moment

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \quad \text{Oder} \quad \Sigma M^* = \Sigma M^{**}$$

( $\Sigma$  = Sigma, griech. Buchstabe S für Summe)

#### Beispiel

Bild 4.21b zeigt die Abmessungen einer Kneifzange. Wie groß ist die Kraft  $F_2$  an der Schneide, wenn  $F_1 = 200 \text{ N}$  beträgt?

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{200 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m}}{0,03} = 1000 \text{ N}$$

**Hebelarten.** Liegt der Drehpunkt wie beim Schubkarren oder Schraubenschlüssel bei der Last, handelt es sich um einen *einseitigen* Hebel. Liegt er zwischen den Kräften wie bei der Kneifzange, ist es ein *zweiseitiger* Hebel (4.21).

#### Reibung

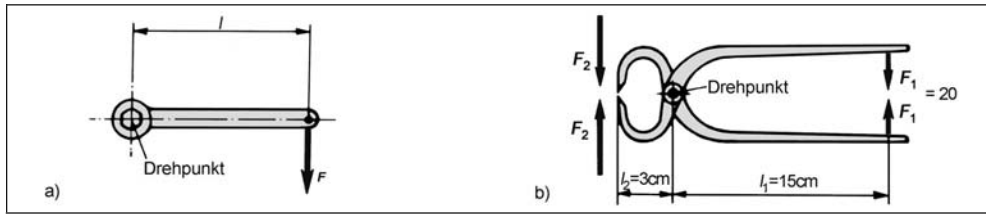
Jeder Praktiker hat es schon erlebt dass die Einzugswalze an der Dickenhobelmaschine das Werkstück nicht mehr transportiert. Die Vorschubwalze dreht sich zwar weiter, doch wird das Werkstück

nicht mehr eingezogen. Ursache ist meist eine verharzte oder verunreinigte Tischfläche. Abhilfe bringt der Auftrag von Gleitmitteln: er vermindert die Reibung der Werkstücke auf der Tischfläche. Um einen vollbeladenen Plattenhubwagen in Bewegung zu setzen, brauchen wir mehr Kraft, als einen bereits rollenden Wagen in Bewegung zu halten.

**Reibungskraft.** In beiden Fällen muss die Reibungskraft  $F_R$  überwunden werden (4.26). Ihre Größe hängt von der Gewichtskraft und

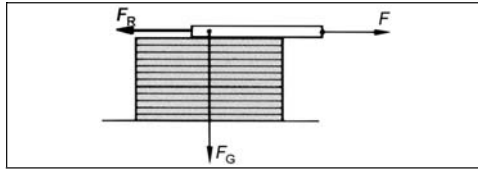
der Oberflächenbeschaffenheit der Körper ab: Einen schweren Schrank zu verschieben, erfordert mehr Kraftaufwand als einen leichten; bei rauhem Boden müssen wir stärker schieben als bei glattem, während sich der Schrank auf Rollen fast mühelos bewegen lässt. Entsprechend unterscheiden wir drei Reibungsarten:

**Haftreibung** = Widerstand eines ruhenden Körpers,  
**Gleitreibung** = Widerstand eines bewegten Körpers,  
**Rollreibung** = Widerstand eines rollenden Körpers.



**Bild 4.25** Hebel a) einseitiger Hebel, b) zweiseitiger Hebel

Aus dem Schrankbeispiel ergibt sich das Verhältnis Haftreibung > Gleitreibung > Rollreibung.



**Bild 4.26** Reibungskraft  $F_R$

**Die Reibungszahl  $\mu$**  (mü, griech. Buchstabe m) zeigt das Verhältnis der Reibungskraft  $F_R$  zur

$$\text{Gewichtskraft } F_G: \mu = \frac{F_R}{F_G}$$

#### Reibungskraft $F_R$

- ist der Widerstand eines Körpers gegen Bewegung,
- hängt ab von seiner Gewichtskraft und den Oberflächen,
- ist gleich Gewichtskraft  $F_G$  mal Reibungszahl  $\mu$ .

#### Arbeit

##### Beispiel

Ein mit Spanplattenabschnitten beladener Wagen soll 50 m weit transportiert werden (4.27). Die Masse der gesamten Ladung (einschließlich Eigenlast des Wagens) beträgt 200 kg = 2000N,

die Reibungszahl für Haftreibung 0,5, für Rollreibung 0,03.

Um den Wagen in Bewegung zu setzen, brauchen wir

$$F_R = F_G - \mu_{\text{Haft}} = 2000 \text{ N} \cdot 0,5 = \mathbf{1000 \text{ N}}$$

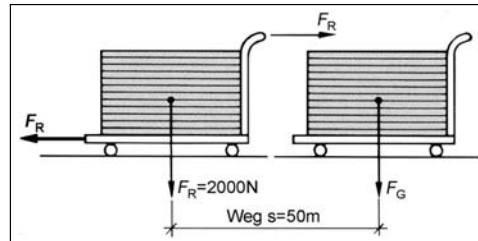
Um den Wagen in Bewegung zu halten, brauchen wir ständig

$$F_R = F_G - \mu_{\text{Roll}} = 2000 \text{ N} \cdot 0,03 = \mathbf{60 \text{ N}}$$

Um den Wagen 50 m zu transportieren, ist an Arbeit erforderlich

$$W = F_R \cdot s = 60 \text{ N} \cdot 50 \text{ m} = \mathbf{3000 \text{ Nm}}$$

Das Produkt aus Kraft und Weg ergibt die mechanische Arbeit  $W$ . Je größer der Kraftaufwand und der zurückgelegte Weg sind, desto größer ist also auch die verrichtete Arbeit.



**Bild 4.27** Arbeit

$$\mathbf{Arbeit = Kraft \cdot Weg} \quad \mathbf{W = F \cdot s}$$

Einheiten:  $W$  in Nm,  $F$  in N, sin m

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

**Schiefe Ebene.** Aus der Formel  $W = F \cdot s$  schließen wir, dass wir durch einen längeren Weg Kraft sparen können. Diesen Vorteil nutzt man vor allem beim Heben und Senken schwerer Lasten: Statt sie senkrecht zu heben oder zu senken, schieben wir sie über eine schräge Rampe (= schiefe Ebene) hinauf bzw. herab.

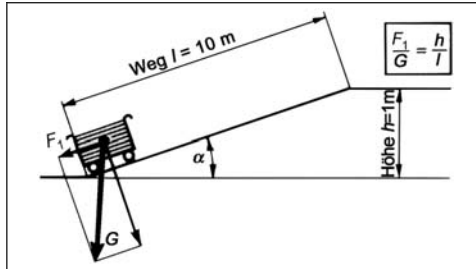


Bild 4.28 Schiefe Ebene

Die schiefe Ebene ist eine einfache Vorrichtung, um Kraft auf Kosten des Wegs zu sparen. Wir wenden sie an als Rampe, Keil oder Schraube.

Die *Schraube* ist eine besonders wichtige Anwendung der schiefen Ebene. Die Schraubenlinie entsteht, wenn wir eine schiefe Ebene um einen Zylinder wickeln (4.29). Die Steigung  $h$  entspricht der Hubhöhe, der Schraubenumfang etwa dem Weg  $s$ . Je geringer die Gewindesteigung  $h$  ist, desto weniger Kraft brauchen wir zum Eindrehen der Schraube (vgl. Holz- und Metallschraube). Allerdings erhöht sich die Anzahl der Schraubenumdrehungen. In Richtung der Schraubenachse können durch kleine Gewinde große Druck- oder Hubkräfte übertragen werden (Schraubzwinde).

Im Handwerksbetrieb werden heute im Wesentlichen 2 Schraubenarten als Verbindungsmittel eingesetzt. Die normalen Holzschrauben mit Schlitzkopf haben im Vergleich zu den heute meistens verwendeten Spax-Schrauben mit Kreuzschlitzkopf eine andere Gestaltung (Form). Die Spax-Schrauben haben ein durchgehendes Gewinde bis zum Kopf, wobei die Gewindegänge tiefer eingeschnitten und damit der Schraubenkerndurchmesser geringer ausfällt, als bei den älteren Holzschrauben.

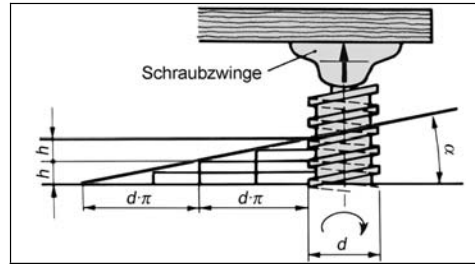


Bild 4.29 Schraubenlinie

### Leistung (Energie)

Der Kollege, der den Wagen befördert, verrichtet Arbeit. In der betrieblichen Praxis bedeutet dies, dass er gearbeitet hat, doch wissen wir nicht, wie schnell der Wagen am Bestimmungsort angekommen ist. Erst die dazu aufgewendete Zeit bzw. die Geschwindigkeit sagt uns, wie wirkungsvoll die Arbeit war. So ergibt sich die Formel

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{Kraft} \cdot \text{Weg}}{\text{Zeit}}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$$

Einheiten  $P$  in  $\frac{\text{Nm}}{\text{s}}$ ,  $t$  in  $\text{s}$

$$1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$$

### Beispiel

Wenn der Wagen in 20 Sekunden 50 m transportiert wird, ergibt sich:

$$\begin{aligned} P &= \frac{F \cdot s}{t} = \frac{60 \text{ N} \cdot 50 \text{ m}}{20 \text{ s}} \\ &= 150 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 150 \frac{\text{Ws}}{\text{s}} = \mathbf{150 \text{ W}} \end{aligned}$$

Wird der Wagen von einer elektrisch betriebenen Transportkette gezogen, muss sie dieselbe Leistung aufbringen.

Energieumwandlung. Der Antriebsmotor der Transportkette wandelt die im Generator erzeugte elektrische Leistung des Stroms in

mechanische Leistung um. Ebenso lässt sich die elektrische Leistung durch einen Heizstrahler in Wärmeenergie oder die chemische Energie des Kraftstoffs durch Verbrennen im Motor in mechanische Energie umwandeln. Energieformen lassen sich also umwandeln.

**Wirkungsgrad.** Bei diesen Umwandlungsvorgängen wird ein Teil der Energie (Leistung) von der Lagerreibung verbraucht und kann daher nicht mehr genutzt werden. Solche Leistungsverluste drückt man mit dem Wirkungsgrad  $\eta$  (eta, griech. Buchstabe e) aus. Er ist das Verhältnis der abgegebenen Leistung  $P_{ab}$  zur aufgenommenen Leistung  $P_{auf}$  und wird jeweils auf dem Leistungsschild eines Elektro-

motors angegeben. Weil  $P_{ab}$  immer kleiner ist als  $P_{auf}$ , ist der Wirkungsgrad kleiner als 1.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{auf}} < 1$$

#### Beispiel

Ein Elektromotor nimmt vom Netz 1,5 kW auf und gibt an die Arbeitswelle 1,35 kW ab. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{auf}} = \frac{1,35 \text{ kW}}{1,5 \text{ kW}} = 0,9$$

### 4.3 Sägen

#### Arbeitsauftrag Nr. 22 Lernfeld LF 1,4

- Bitte beantworten sie folgende Fragen mit Hilfe Ihres Fachbuches.
  1. Welche Winkel gibt es am Sägezahn?
  2. Welcher Teil des Sägezahns soll geschränkt werden?
  3. Warum schärft man stets *nach* dem Schränken?
  4. Woran liegt es, wenn die Säge verläuft?
  5. Warum müssen die Sägezähne vor dem Schränken und Schärfen evtl. abgerichtet werden?
  6. Warum wird die Furniersäge nicht geschränkt?
  7. Nennen Sie die Sägearten und ihre Verwendung.
  8. a) Warum hat die Feinsäge mit umlegbarem gekröpftem Griff eine Zahnform auf Stoß und Zug?  
b) Welche Handsäge hat eine Zahnform „auf Zug“?
  9. Welche Kontroll- und Einstellarbeiten sind an einer Absetzsäge vor Arbeitsbeginn durchzuführen?
  10. Wie verhüten Sie Sägeunfälle?
- Nach der Beantwortung der Fragen entwerfen Sie bitte ein Plakat zu den Handsägearten, Zahnformen und Gestellsägen mit entsprechenden Bezeichnungen. Arbeiten Sie in Gruppen. Stellen Sie die Ergebnisse der Klasse vor.

Vor der handwerklichen Bearbeitung wird das Werkstück angezeichnet und mit der Säge geschnitten. Je nach dem Verlauf des Sägeblatts zur Holzfasern erhält man Längs- oder Querschnitte.

**Sägevorgang.** Sägen trennen Holz und Holzwerkstoffe durch Zerspanen einer schmalen Schnittfuge. Der keilförmige Sägezahn dringt beim Andrücken im Vorwärtsstoß (Stoß) ins Holz ein, indem er die Fasern mit der Hauptschneide aufreißt. Rechts und links vom Säge-

blatt wirken die Kanten der Zahnbrust als Nebenschneiden und trennen die Fasern ab (4.30b). Die Zahnspalten transportieren die Fasern, bis sie beim Zurückziehen (Zug) der Säge herausfallen.

Sägen ist Spanen mit vielen hintereinander angeordneten Sägezähnen. Die Wirkung der Säge beruht

- auf der Keilform der Zähne,
- auf dem Zusammenwirken von Haupt- und Nebenschneide.

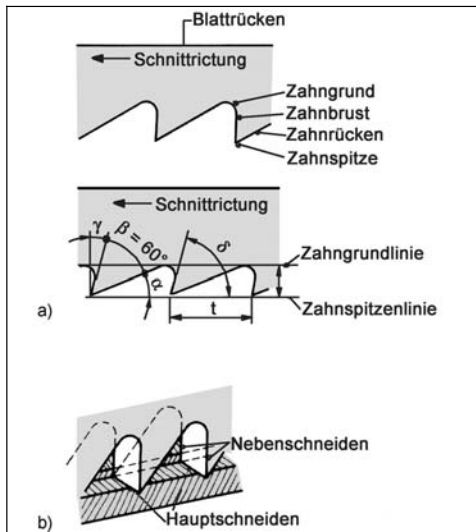
**Schnittwinkel.** Hart- und Weichholz, Quer- und Längsschnitt erfordern unterschiedliche Sägezahnarten. Maßgebend ist der Schnittwinkel  $\delta$  (delta = griech. Buchstabe d). In der Regel ist er um so kleiner, je weniger Widerstand der Werkstoff den Sägezähnen entgegensetzt. Wie Bild 4.30a zeigt, besteht der Schnittwinkel aus dem Freiwinkel  $\alpha$  und dem Keilwinkel  $\beta$ . Hinzu kommt der Spanwinkel  $\gamma$ .

**Der Spanwinkel  $\gamma$**  (gamma = griech. Buchstabe g) ist positiv, wenn der Schnittwinkel  $\delta < 90^\circ$  ist (Schneidwirkung mit geschlossenem Span). Bei  $\delta > 90^\circ$  ist  $\gamma$  negativ (Schabwirkung mit Scherspan).

**Der Freiwinkel  $\alpha$**  (alpha = griech. Buchstabe a) lässt die Zahnücke für den Rücktransport der Fasern.

**Der Keilwinkel  $\beta$**  bleibt unverändert  $60^\circ$ .

**Zahnteilung.** Weil der Keilwinkel des Sägeblatts konstant ist, muss man die unterschiedliche Festigkeit der Werkstoffe durch mehr oder weniger Zähne auf dem Sägeblatt berücksichtigen. Entsprechend größer oder geringer sind die Zahnabstände  $t$  (grob  $t = 5,5$  bis  $9$  mm, mittel  $t = 3$  bis  $5$  mm, fein  $t = 1,5$  bis  $2,5$  mm). Von dieser Zahnteilung hängt zugleich die Sauberkeit der Schnittfläche ab.



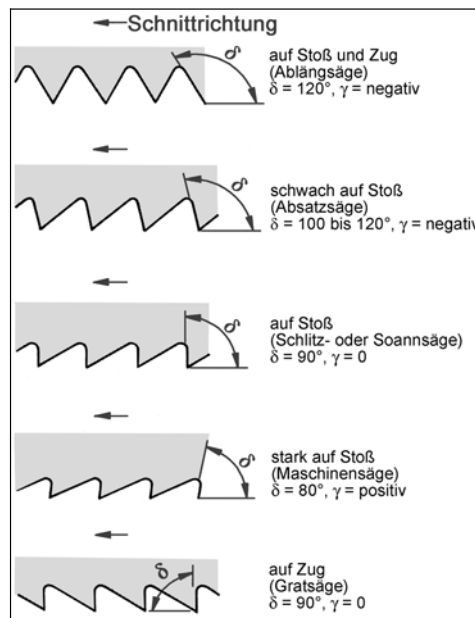
**Bild 4.30** Sägezahn a) Bezeichnung ( $h$  = Zahnhöhe,  $t$  = Zahnteilung,  $\alpha$  = Freiwinkel,  $\beta$  = Keilwinkel,  $\gamma$  = Spanwinkel,  $\delta = \alpha + \beta$  = Schnittwinkel)  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$  b) Funktion von Haupt- und Nebenschneiden

Je weniger der einzelne Zahn zu zerspannen hat, desto feiner wird die Schnittoberfläche.

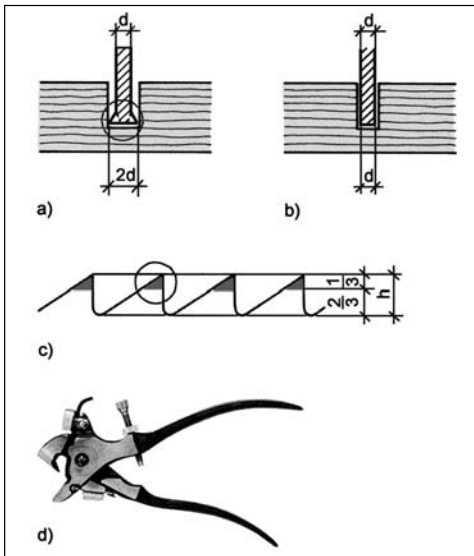
**Schnittwirkung.** Optimal ist eine stark auf Stoß gestellte Sägezahnform, die jedoch viel Kraft erfordert und daher nicht von Hand betätigt werden kann, sondern den Sägemaschinen vorbehalten bleibt. Selbst die auf Stoß gerichteten Zähne sind zu schwer zu handhaben. Die Handsägen des Tischlers und Holzmechanikers sind auf Stoß und Zug oder schwach auf Stoß geformt (4.31). Die auf Zug (zum Körper hin) eingestellten Zähne werden nur selten gebraucht.

Schnittwinkel, Zahnteilung und Zahnform bestimmen die Schnittwirkung.

**Schränken.** Damit sich das Sägeblatt durch den Reibungswiderstand in der Schnittfuge nicht verklemmt, sind die Zähne geschränkt, nämlich im oberen Drittel mit dem Schränkeisen oder der Schränkzange abwechselnd nach links und rechts gebogen (gefluchtet, 4.32). Dabei müssen die Zähne des im Feilkloben eingespannten Blatts nach beiden Seiten gleich weit gebogen werden, denn bei einseitiger Schränkung verläuft die Säge. Die maximale Schränkweite beträgt das Doppelte der Sägeblattdicke.

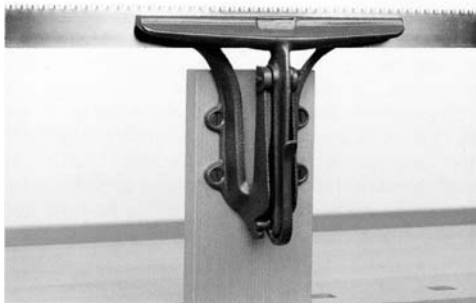


**Bild 4.31** Zahnformen



**Bild 4.32** Schränken a) geschränkter Zahn, b) nicht geschränkter Zahn, c) Schränkung im oberen Drittel, d) Schränkzange

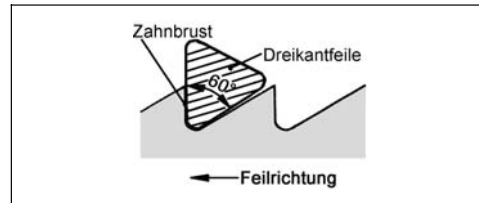
**Das Abrichten** ist erforderlich, wenn die Zahnspitzen ungleich abgenutzt oder gefeilt sind. Dazu klemmen wir das Sägeblatt in den Feilkloben und feilen die Spitzen mit einer Flachfeile in Längsrichtung ab (4.33).



**Bild 4.33** Sägeblatt im Feilkloben

**Geschärft** wird das Sägeblatt grundsätzlich nach dem Schränken, damit der feine Schleifgrat nicht beschädigt wird. Das Blatt klemmt man dazu in den Feilkloben. Den Keilwinkel von  $60^\circ$  und den runden Keilgrund erhalten

wir durch Feilen mit einer abgerundeten gleichseitigen Dreikantfeile (4.34).

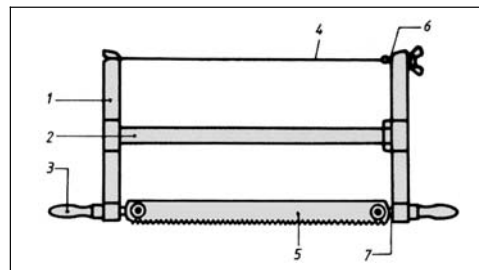


**Bild 4.34** Schärfe

Sägeblätter erst nach dem Schränken und Abrichten schärfen.

**Sägearten.** Bei den Handsägen unterscheidet man *Handvorspannsägen* (Gestellsägen) und *ungespannte Sägen*. Die Sägeblätter von Handvorspannsägen erhalten ihre Steifigkeit durch die Vorspannung in einem Rahmen, Boden oder Gestell (4.35). Ungespannte Sägen haben ein freies, nicht eingespanntes Sägeblatt, das in einem Griff oder Heft mündet (4.36).



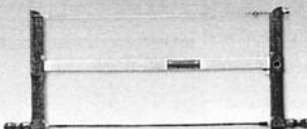







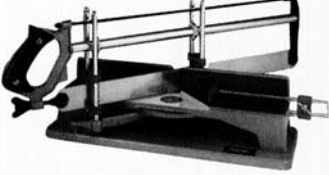
Handvorspannsägen müssen vor dem Sägen erst in die richtige Lage (Kontrolle durch Fluchten) gebracht und gespannt werden, da die Säge sonst verläuft. Bei längerem Nichtgebrauch sind die Sägen zu entspannen.



**Bild 4.35** Gestellsäge (gespannt)

- 1 Sägearm
- 2 Steg
- 3 Griff oder Hörnchen
- 4 Spanndraht
- 5 Sägeblatt
- 6 Spannschraube mit Flügelmutter
- 7 Angel

Tabelle 4.36 Handsägearten

<b>Handvorspannsägen</b> 		
<b>Bügelsäge</b> Zähne auf Stoß vorwiegend für Längs- und Querschnitt von Vollholz	<b>Absetzsäge</b> feine Zahnteilung, Zähne schwach auf Stoß für saubere und genaue Schnitte	<b>Schweifsäge</b> schmales Sägeblatt, mit feiner Zahn- teilung für Kurvenschnitte (Schweifen)
<b>Ungespannte Handsägen</b> 		
<b>Fuchsschwanz</b> trapezförmiges Sägeblatt, Zähne schwach auf Stoß für Montagearbeiten	<b>Stichsäge</b> schmäler und dicker als Fuchsschwanz, Zähne auf Stoß für kleine geschweifte Plattenausschnitte	<b>Rückensäge</b> mit aufgesetzter aussteifender Rückenschiene, Zähne schwach auf Stoß für feinere Arbeiten
<b>Ungespannte Handsägen</b> 		 <b>Gratsäge</b>
<b>Gerade Feinsäge</b> Zähne schwach auf Stoß für feine Schnitte	<b>Gekröpfte und umlegbare Feinsäge</b> Zähne auf Stoß und Zug rechts oder links gekröpft	Zähne auf Zug für Gratnuten
 <b>Furniersäge</b> auswechselbar, ungeschränkt, gekröpfter Griff, gerundetes Blatt, Zähne zur Spitze hin geschliffen zum Ablängen von Furnieren		<b>Gehrungssäge</b> Zähne schwach auf Stoß, Blatt gespannt und geführt für Gehrungsschnitte

### Japanische Sägen

Japanische Sägen kommen auch in unseren Breiten immer häufiger bei feinen Holzarbeiten zum Einsatz. Da sie auf Zug schneiden, werden die Sägeblätter sehr dünn gearbeitet. Sie stehen unter Zugspannung und können somit nicht ausknicken. Geringerer Kraftaufwand und feine Schnittfugen sind die Folge.

Sägeblätter mit trapezförmigen Zähnen werden vor allem für Querschnitte verwendet. Die Zähne sind wechselseitig angeschliffen, wodurch sehr saubere Oberflächen entstehen.

Für Schnitte längs zur Faser werden Sägeblätter mit Dreieckszähnen verwendet. Durch sich ver-

ändernde Zahnteilung auf der Länge des Sägeblattes wird der Anschnitt erleichtert und die Schnittwirkung verbessert. Sägeblätter mit einer Universalverzahnung (Nezumi-Ba) haben eine Mischform der genannten Zahnarten und eignen sich für Schnitte quer und längs zur Faser.

Durch den hohen Härtegrad (über 70 Rockwell) verfügen die Impuls gehärteten, wechselbaren Einwegblätter über extrem lange Standzeiten und eine hohe Bruchfestigkeit. Sie eignen sich grundsätzlich für Weich- und Hartholz.

**Dozuki** Sägen haben dünnste Sägeblätter und höchste Schnittpräzision. Der Rücken dient der

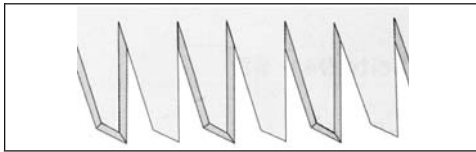


Stabilisierung, daher ist die Schnitttiefe begrenzt.

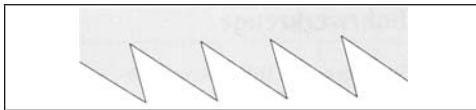
**Ryoba** Sägen sind auf der einen Seite mit Trapez- und auf der gegenüberliegenden Seite mit Dreiecksverzahnung bestückt.

**Kataba** Sägen haben eine einseitige Mischverzahnung ohne Blattverstärkung. Sie eignen sich für tiefe und lange Schnitte. Als Sonderformen der Kataba sind die **Kobiki** (Auftrennsäge) und die **Kugihki** (Dübelsäge) zu nennen.

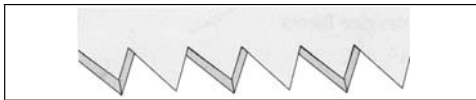
Die **Griffe** sind aus leichtem Hinoki – Holz gefertigt. Die Rattan- Umwicklung oder Gummierung verbessert die Griffbarkeit. Um die Führung zu verbessern und beidhändiges Arbeiten zu ermöglichen sind sie relativ lang gehalten.



Trapezverzahnung



Dreiecksverzahnung



Universalverzahnung

**Bild 4.37** Bezahlungsarten

Die Sägen werden in drei verschiedene Typen eingeteilt.



Dozuki



Ryoba



Kataba

**Bild 4.38** Japanische Sägentypen

#### Arbeits- und Unfallverhütungsregeln beim Sägen

- Die richtige Säge für den jeweiligen Werkstoff verwenden, auf geeignete Sägezahnform achten.
- Werkstück nicht federnd, sondern fest einspannen.
- Blattspannung gespannter Sägen vor Benutzen kontrollieren.
- Säge vorsichtig neben dem Riss ansetzen und zunächst auf Zug, ohne Druck sägen (Rissgefahr).
- Abfallende Stücke festhalten, letzte Sägestöße vorsichtig und leicht ausführen (Riss- und Abgleitgefahr).
- Säge sicher aufbewahren, Handspannsägen entspannen. Sägeblatt nur mit Blattschutz transportieren.

## 4.4 Hobeln

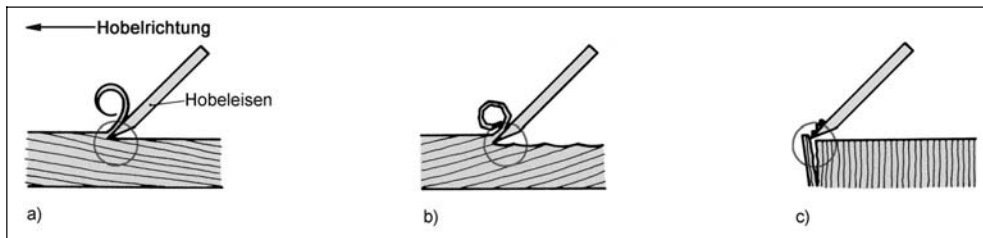
### Arbeitsauftrag Nr. 23 Lernfeld LF 1,4

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe des Fachbuches.
  1. Wozu dient die Hobeisenklappe?
  2. Erläutern Sie das Schärfen des Hobeisens.
  3. Worin unterscheiden sich Schlicht- und Doppelhobel?
  4. Welchen Hobel benutzen Sie, um kleine Unebenheiten auf einer gehobelten Fläche auszugleichen?
  5. Für welche Arbeiten nehmen Sie die Rauhbank?
  6. Sie sollen ein rauhes Werkstück glätten und ebenen. Welche Hobel verwenden Sie nacheinander?
  7. Warum ist beim Simshobel die vordere Hobelsohle verstellbar?
- Skizzieren Sie einen Handhobel und benennen Sie seine Einzelteile.

Gehobelt wird heute in der Regel maschinell. Für Montagearbeiten in der Werkstatt oder auf der Baustelle braucht man nach wie vor den Handhobel, den wir hier besprechen wollen.

**Hobelvorgang.** Beim Hobeln wird ein scharf angeschliffenes Messer (Hobeisen) in einer Führungsvorrichtung (Hobel) über das Werkstück bewegt, um seine Fläche oder Kante zu ebnet, zu glätten und auf ein bestimmtes Maß zu begrenzen. Wir halten den Hobel mit beiden Händen und bewegen ihn mit leichtem Schwung und Druck möglichst in Faserrichtung

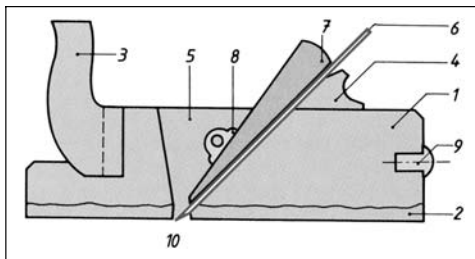
über die Holzfläche (4.39a). Dabei hebt das keilförmig angefasste Hobeisen Späne ab. Beim Ansetzen und Ausfahren darf der Hobel nicht abkippen, sonst werden die Kanten rund. Das Messer darf auf der Holzoberfläche keine Spuren hinterlassen, sondern soll einen geschlossenen Span abheben. Schwierig ist das Bestoßen von Hirnholzflächen („über Hirn“), weil der Hobel dann nicht wie beim Längsholz über das Hirnholzende hinausgefahren werden darf – sonst besteht Einreißgefahr (4.39c). Man kann den Hobel auch wenden und gegen den Körper ziehen.



**Bild 4.39** Hobelvorgang a) mit der Holzfaser, b) gegen die Holzfaser, c) am Hirnholz

Hobeln ist Spanen mit einem keilförmigen Hobeisen

**Hobelteile und -Wirkung.** Auf den Hobelkasten aus Rotbuchenholz ist die Hobelsohle aus Weißbuche oder Pockholz mit Zahnprofil aufgeleimt (4.40).



**Bild 4.40** Hobel

- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| 1 Hobelkasten             | 6 Hobeisen                   |
| 2 Hobelsohle (aufgeleimt) | 7 Keil                       |
| 3 Nase (Griff)            | 8 Keilwiderlager             |
| 4 Handschoner             | 9 Schlagknopf                |
| 5 Spanloch                | 10 Hobelmaul (Spandurchgang) |

Zum Führen des Hobels dienen die Nase vorn und der Handschoner hinten. Das Hobelmaul in der Hobelsohle erweitert sich nach oben zum Spanloch, worin ein Holzkeil mit Abstützung am Keilwiderlager das Hobeisen festklemmt. Das Hobelmaul sollte nach Einbau des Hobeisens noch eine Spandurchgangsöffnung von 0,5 bis 2,0 mm haben. Damit das vom Messer vorgespaltene Holz nicht einreißt, wird es an der Vorderkante des Hobelmauls (Spanbrecherkante) gebrochen (4.41a). Eine bessere Schnittwirkung – vor allem gegen die Faserrichtung – erreicht man mit dem Doppelhobeisen. Dazu schraubt man auf das Hobeisen eine verstellbare Klappe, die nur 0,5 bis 1,0 mm hinter der Schneide die Späne bricht (4.41b). Den Schnittwinkel bilden Hobelsohle und Eisenschneide. Der Keilwinkel wird für Hartholz größer gewählt als für Weichholz (4.42)

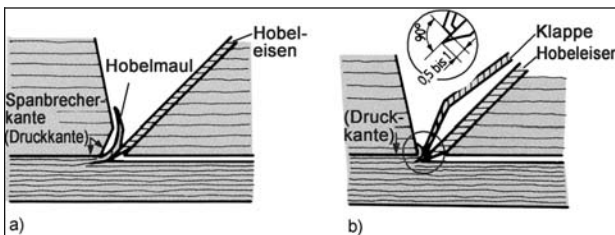
Die Schnittwirkung des Hobels geht bei größerem Schnittwinkel in Schaben über.

**Einstellung des Hobeisens.** Die Spandicke stellen wir durch den Überstand des Hobeisens an der Hobelsohle ein. Durch leichte

Hammerschläge auf das Eisenende tritt das Messer hervor und nimmt entsprechend dicke Späne ab. Durch einen leichten Schlag auf den Schlagknopf tritt es zurück und nimmt dünnere Späne ab. Die richtige Einstellung prüfen wir durch Hobelversuche, bevor wir den Holzkeil mit einem Hammerschlag endgültig festklemmen.

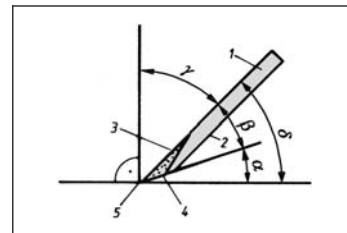
Je geringer die Spandicke, desto feiner die Bearbeitung. Bei zu geringer Einstellung gibt es keinen geschlossenen Span mehr.

**Pflege.** Die Spanbrecherkante der Hobelsohle und das Messer nutzen sich durch die Reibung allmählich ab, werden stumpf, bekommen Riefen und Rillen. Dann stellt man das Messer zurück und schleift die Sohle an einem über den Maschinentisch gespannten Schleifpapier wieder plan. Anschließend wird die Sohle eingölt. Das Hobeisen muss besonders sorgfältig behandelt werden. Bei Lagerung und Transport wird es zur Schonung zurückgeklopft.



**Bild 4.41** Hobeln

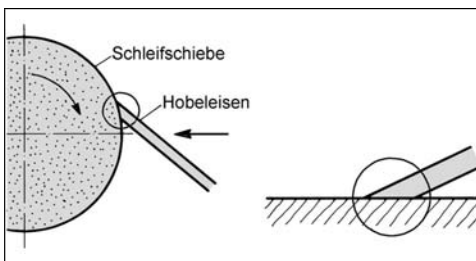
- Zusammenwirken von Druckkante und Hobeisen beim Schlichthobel
- Zusammenwirken von Klappe und Hobeisen beim Doppel- bzw. Putzhobel



**Bild 4.42**

Hobeisen und Hobelwinkel

- |            |                        |
|------------|------------------------|
| 1 Brust    | $\alpha$ Freiwinkel    |
| 2 Rücken   | $\beta$ Keilwinkel     |
| 3 Spiegel  | $\gamma$ Spanwinkel    |
| 4 Fase     | $\delta$ Schnittwinkel |
| 5 Schneide |                        |



**Bild 4.43** Schärfehalten und Abziehen des Hobeisens

Zum Schärfehalten wird es mit der Fase an die gegenläufige Schleifscheibe und kühlen zweckmäßig mit Wasser, denn die Fase darf nicht durchglühen. Der Keilwinkel von  $25^\circ \pm 5^\circ$  muss eingehalten werden. Der entstandene Grat wird auf einem feuchten Abziehstein abgezogen (4.43).

Fasenlänge =  $2 \times$  Eisendicke

**Hobelarten.** Je nach den Anforderungen in der Praxis stehen uns verschiedene Hobel und Hobeisen zur Verfügung (4.44).

Tabelle 4.44 Hobelarten



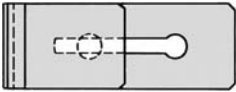













Hobel	Merkmale	Verwendung
<b>Flächenhobel</b> Schrupp- oder Schrupphobel 	ovale, in der Mitte vorstehende Eisenschneide, einfach oder doppelt, 33 mm breit (DIN 5146); Schnittwinkel 45°	für besonders grobe Arbeiten (Abrichten alter Massivholzflächen, Oberflächengestaltung rustikaler Möbelfronten) Bearbeitung nicht in, sondern quer zur Faserrichtung („zwerch“)
Schlichthobel 	einfaches Hobeisen (ohne Klappe), meist 48 mm breit (DIN 5145); Schnittwinkel 45°	für Grobarbeiten (Ebnen des noch rauhen Holzes)
Doppelhobel 	mit Spanbrechklappe, meist 48 mm breit (DIN 5145) Spandurchgang 1 mm; Schnittwinkel 45°	vielfache Verwendung: zum Ebnen, besonders zum Glätten grob vorgehobelter Flächen
Zahnhobel 	feine Rillen in der Spiegelfläche des Eisens = zahnförmige, schabende Schneide (nicht mehr genormt); Schnittwinkel 75° bis 80°	zum Aufräumen und Ausgleichen von Unebenheiten in gehobelten Flächen
Rauhbänk 	600 mm langer Hobel mit und ohne Klappe, Haltegriff hinter und Schlagloch vor dem Spanloch, Eisen 57 oder 60 mm breit (DIN 5145); Schnittwinkel 45°	zum Glätten und Ebnen (Abrichten) großer Flächen und zum Anfügen rechtwinkliger Kanten
Putzhobel 	handlicher Hobel mit Klappe, Feineinstellung und Wendemessern (WS); Eisen 48 mm breit (DIN 5145), Schnittwinkel 49°	zum Feinglätten, Verputzen, Bestoßen und Bündighobeln besonders für furnierte Flächen
Reformputzhobel 	feinste Einstellung des Hobeisens mit Klappe (DIN 5149); Eisen 48 mm breit, Feineinstellung mit Einstellschraube, Schnittwinkel 49°	für feinste Putzarbeiten in Faserrichtung
<b>Formhobel</b> Simshobel 	verschiedene Messerbreiten mit und ohne Klappe, Messerbreite = Hobelbreite, vordere Hobelsohle durch Flügelschrauben verstellbar zum Einsetzen des Eisens; Schnittwinkel 49°	für Fälze von Türen und Fenstern

Tabelle 4.44 Fortsetzung

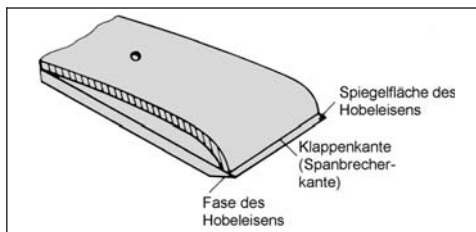
Hobel	Merkmale	Verwendung
Grathobel 	schräg eingebautes Eisen mit verstellbarem Anschlag und rechtwinkligem Anschlag	für Gratfedern an Leisten und Brettkanten
Grundhobel 	Hakeneisen, durch Flügel-schraube verstellbar	zum Ausarbeiten der eingeschnittenen Gratnut
Falzhobel 	Eisen einseitig abgefälzt, mit Vorschneider und Anschlag-schiene	für Fälze
Nuthobel 	schmale, auswechselbare Hobeisen, 2 mm Stahlschiene als Hobelsohle, einstellbarer Anschlag und einstellbare Tiefe	zum Ausheben einer Nut
Schiffshobel 	Doppelhobel, Sohle ohne Nase, anpassbar auch an runde Werkstücke	für grobe und feine Bearbeitung runder Flächen
Bestoßhobel für Hirnholz 	mit oder ohne Feineinstellung des Doppeleisens, meist 45 mm breit, Schnittwinkel 49° Metallsohle	für Hirnholz und Kunststoffkanten
Absatz-Simshobel 	mit und ohne Klappe, ohne Vorderstück, Schnittwinkel 49°	für Nacharbeiten von Tür- und Fenster-rahmenfälzen

**Tabelle 4.44** Fortsetzung

Hobel	Merkmale	Verwendung
 Schabhobel	mit geradem oder gebogenem, einfachem Eisen, gebogener Griff, Schnittwinkel 45°	für Bearbeitung geschweiften Kanten oder Rundstäbe

**Hobelfehler** können Sie leicht vermeiden, wenn Sie sich diese Regeln einprägen:

- Stets *mit* der Faser hobeln.
- Das Hobelmaul darf nicht zu groß sein, die Spanbrecherklappe muss richtig eingestellt werden – sonst reißt die Holzoberfläche ein.
- Das Hobelmaul darf nicht zu klein sein und die Spanbrecherklappe nicht zu dicht auf dem Hobeisen sitzen – sonst verstopfen der Hobel.
- Die Hobelsohle muss gut gepflegt werden – saubere und glatte Oberfläche.
- Das Hobeisen muss immer rechtwinklig angeschliffen werden – sonst ist die gehobelte Oberfläche uneben.

**Bild 4.45** Spanbrecherklappe

Die Spanbrecherkante (Klappenkante) muss absolut dicht auf der ganzen Breite der Spiegelfläche aufliegen (Blickkontrolle), sonst wird der Span nicht gleichmäßig gebrochen (4.45). Feine Spanteile dringen zwischen Klappe und Spiegelfläche des Hobeisens ein und verstopfen allmählich das Hobelmaul.

4

**Arbeitsregeln beim Hobeln**

- Zum Transport und Lagern Hobeisen zurücknehmen und nur leicht verkeilen.
- Hobelsohle regelmäßig auf gerader Unterlage abschleifen und einölen.
- Fase beim Schleifen nicht blau anlaufen lassen (kühlen).
- Beim Abziehen müssen Spiegelseite und Fase des Eisens vollflächig aufliegen.
- Zum Einstellen des Hobels nur leicht auf Keil (Eisen) oder Schlagknopf schlagen.

**4.5 Schaben****Arbeitsauftrag Nr. 24 Lernfeld LF 1,4**

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe Ihres Fachbuches.  
Vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
1. Für welche Arbeiten benutzen Sie die Ziehklinge?
  2. Welchen Schnittwinkel halten Sie beim Arbeiten mit der Ziehklinge ein?
  3. Wie wird der Ziehklingengrat von Hand abgezogen?

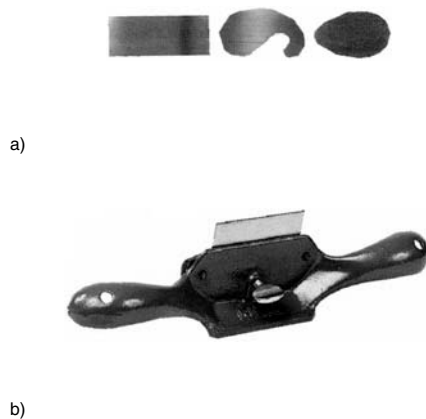
Durch Schaben werden letzte kleine Unebenheiten auf der Holzoberfläche beseitigt. Das Schaben entspricht dem Hobeln mit einem Schnittwinkel  $> 90^\circ$  (negativer Spanwinkel). Die Ziehklinge lässt sich schieben oder ziehen,

soll aber nicht durchgebogen werden (andernfalls bilden sich Unebenheiten).

Schaben entspricht dem Hobeln mit einem Schnittwinkel  $> 90^\circ$ .

Die **Ziehklinge** aus Werkzeugstahl dient zum Nachputzen gewölbter Teile oder Oberflächen, denen mit dem Hobel schlecht beizukommen ist. Beim Schaben werden die Fasern stark zusammengedrückt. Deshalb müssen wir die mit der rechteckigen oder ovalen Ziehklinge bearbeiteten Vollholzflächen vor der weiteren Oberflächenbehandlung wässern (4.46a).

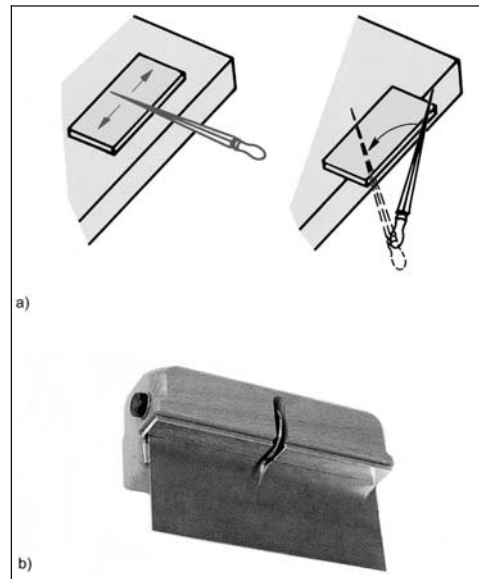
Beim **Ziehklingenhobel** (4.46b) wird eine Ziehklinge in eine Halterung gespannt. Er dient zum Verputzen gewölbter Teile oder zum Entfernen von Leimfugenpapier.



**Bild 4.46** a) Ziehklingen, b) Ziehklingenhobel

**Pflege.** Ziehklingen bewahrt man leicht geölt oder gefettet auf. Vor dem Schärfen werden sie abgefeilt und abgerichtet. Dazu spannen wir die Klinge zwischen zwei Hartholzklötze oder in einen Feilkloben. Die überstehenden Längskanten werden mit einer feinen Flach- oder Dreikantfeile rechtwinklig abgefeilt und so lange mit dem Abziehstein abgezogen, bis

keine Feilhiebe mehr erkennbar sind. Auf Kante und Fläche wird auch der Grat abgezogen, so dass die Kanten schartenfrei sind. Um den Klingengrat anzuziehen (zu schärfen), legen wir die Ziehklinge so auf die Hobelbank, dass die Längskante etwas vorsteht. Mit dem dreikantigen Ziehklingenstahl fahren wir unter Druck leicht schräg von unten nach oben über die Längskante, so dass oben ein scharfer Grat entsteht (4.47a). Dieser Schärfvorgang setzt handwerkliches Geschick voraus; einfacher geht es mit dem Ziehklingen-Gratzieher (4.47b). Er wird mit leichtem Druck vor- und rückwärts über die eingespannte und eingefettete Ziehklingenkante bewegt.



**Bild 4.47** a) Schärfen der Ziehklinge  
b) Ziehklingen-Gratzieher

## 4.6 Stemmen

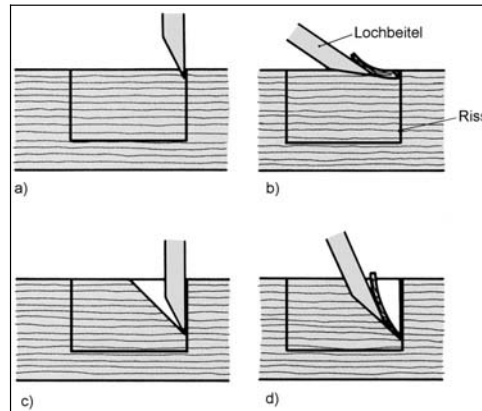
### Arbeitsauftrag Nr. 25 Lernfeld LF 1,4

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe Ihres Fachbuches.  
Vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
- 1. Welche Beitel verwendet der Tischler und Holzmechaniker?
- 2. Warum ist der Lochbeitel dicker als der Stechbeitel?
- 3. Was müssen Sie beim Durchstemmen von Löchern beachten?
- Skizzieren Sie einen Stechbeitel und benennen Sie die dazugehörigen Fachbegriffe.

**Stemmvorgang.** Durch Stemmen mit einem keilförmig angeschliffenen Eisen werden Löcher ausgehoben (Loch oder Zapfen), Zinken (Schwalben) ausgestemmt und Beschläge eingelassen. Das Werkzeug besteht aus einer Klinge mit Griff und wird von Hand (Stechen) oder mit dem Schreiner-klüpfel gegen das Holz bewegt. Da die Schneide die Form eines einseitig wirkenden Keils hat, wird sie immer bestrebt sein, in Richtung der Spiegelfläche und nicht in der Schlagrichtung des Stemmeisens vorzudringen. Dies kann man durch geschicktes Ansetzen des Messers oder durch Gegendrücken im Griff ausgleichen. Sicherheitshalber stemmen wir zunächst nicht direkt am Riss vor. Die zu bearbeitenden Werkstücke dürfen nicht federn, sondern müssen fest eingespannt werden. Beim Durchstemmen über die gesamte Holzdicke (bei Zinken oder Schlitzten) reißt das Holz leicht aus, wenn wir nicht von *beiden* Seiten anreißen und je zur Hälfte ausstemmen. Beim Stemmen in Längsholz kann das Holz leicht spalten (4.48).

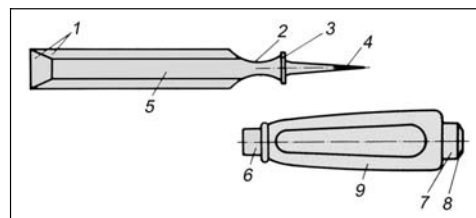
**Werkzeug.** Für Stech- und Stemmarbeiten verwendet der Tischler Stechbeitel (Stech Eisen), Lochbeitel und Hohlbeitel. Die Klingen bestehen aus Werkzeugstahl, die Benennung zeigt Bild 4.49.

**Den Stechbeitel** gibt es in Breiten zwischen 3 und 50 mm. Meist enthält unser Werkzeugkasten einen Satz von 4 bis 6 Stechbeiteln mit den Breiten 6, 10, 16, 20, 22 und 26 mm. Die Klinge hat gerade oder gefaste Kanten (4.50a), der Keilwinkel beträgt 25°.



**Bild 4.48** Arbeiten mit dem Lochbeitel

- Beitel vor dem Riss ansetzen
- Beitel schräg mit Spiegelfläche nach oben ansetzen, Holz ausstemmen
- Beitel erneut und näher am Riss ansetzen
- Holz ausstemmen, bis die gewünschte Tiefe erreicht ist



**Bild 4.49** Stechbeitel 7 Fase

- |          |                 |
|----------|-----------------|
| 2 Hals   | 6 untere Zwinge |
| 3 Krone  | 7 obere Zwinge  |
| 4 Angel  | 8 Schlagknopf   |
| 5 Klinge | 9 Heft (Griff)  |

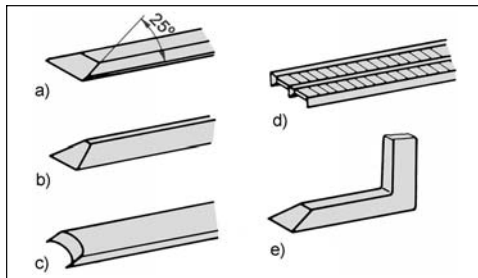


**Der Lochbeitel** dient zum Ausstemmen tieferer Löcher. Wegen der erhöhten Biegebelastung (Hebelwirkung) ist seine Klinge dicker als breit geformt und verjüngt sich zum Griff hin in der Breite (4.50b). Der Keilwinkel beträgt  $25^\circ$ , die gebräuchlichsten Breiten sind 4, 5, 6, 8, 10, 12, 13 und 16 mm.

**Der Hohlbeitel** hat eine gewölbte Klinge, um Profile nachzustechen, Schalen auszustemmen oder runde Beschlagteile einzulassen (z.B. Schlösser, 4.50c). Den Hohlbeitel gibt es in Breiten von 4 bis 26 und 30 bis 32 mm.

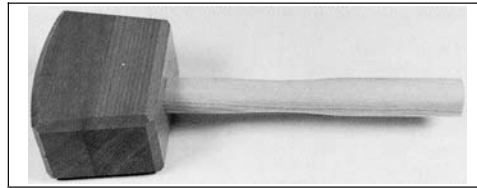
**Das Fitscheneisen** wird nur noch selten verwendet (4.50d). Es hat einen Metallgriff und ist in seiner Dicke auf das Einlassen von Fitschenbändern ausgerichtet, entspricht also der Beschlagdicke. Fitschenbandschlitzte werden heute meist maschinell ausgearbeitet.

**Das Riegellocheisen** eignet sich zum Ausstemmen von Schlossriegellöchern bei Schubkästen oder kleinen Klapptüren, wo der Stechbeitel zu lang ist (4.50e).



**Bild 4.50** Stemmeisenarten  
a) Stechbeisen (Stemmbeitel),  
b) Lochbeitel, c) Hohlbeitel,  
d) Fitscheneisen, e) Riegellocheisen

**Der Schreinerklüpfel**, ein Hammer aus Hartholz, wird bei Stemmarbeiten eingesetzt, weil er die Werkzeughefte schon (4.47). Er wiegt 0,5 bis 1 kg und kann auch eine Metalleinlage haben.



**Bild 4.51** Schreinerklüpfel

**Pflege.** Beitel werden wie Hobeisen geschärft und abgezogen. Wichtig ist, dass die Schleifscheibe keinen zu kleinen Radius hat und der Keilwinkel dadurch zu klein wird (optimal  $25^\circ$ ) – sonst wird die Messerschneide nach dem Abziehen zu schwach und bricht leicht aus. Die Schneide muss rechtwinklig angeschliffen werden. Vorsicht – die Kanten glühen leicht durch! Im Gegensatz zu den Loch- und Hohlbeiteln dürfen Sie Stemmeisen nicht freihändig schärfen. Beim Beitel-schärfen müssen Sie eine Schutzbrille tragen.

#### Arbeits- und Unfallverhaltensregeln bei Stemmwerkzeugen

- Keilwinkel von  $25^\circ$  nicht verändern, möglichst mit dem Klüpfel arbeiten.
- Beim Schärfen nicht zu stark drücken, damit die Kanten nicht durchglühen.
- Zum Schärfen Schutzbrille tragen, Schutzhaube am Schleifstein nicht entfernen. Stechbeitel niemals freihändig schärfen!

## 4.7 Bohren

### Arbeitsauftrag Nr. 26 Lernfeld LF 1,4

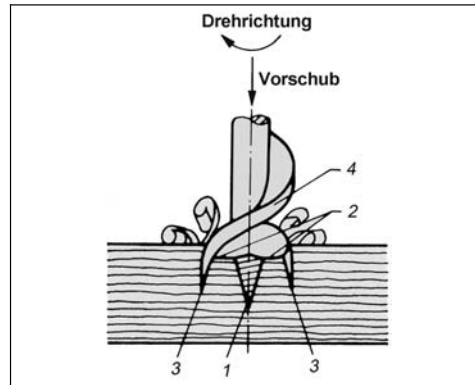
- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe des Fachbuches. Vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
  1. Bei welchen Bohrern stechen Sie mit dem Spitzbohrer oder der Reibahle vor?
  2. Wozu dient die Knarre an der Bohrwinde?
  3. Welchen Nachteil haben Zentrumsbohrer?
  4. Worauf müssen Sie beim Bohren nicht durchgebohrter Löcher in Längsholz mit Schlangenbohrern achten?
  5. Warum verlaufen Spiralbohrer mit Dachspitze leicht beim Ansetzen? Wie können Sie dies verhindern?
  6. Erläutern Sie die verschiedenen Aufgaben von Haupt- und Nebenschneiden beim Zentrumsbohrer.
  7. Wozu dient der Aufsteckversenker?
  8. Erläutern Sie das Schärfen eines Bohrers.
  9. Welcher Bohrer muss an der Schleifscheibe geschliffen werden?

Bohrarbeiten hat der Tischler täglich auszuführen. Er muss Dübellöcher und Beschläge (Topfbänder) bohren, Schrauben vorbohren, Äste ausflicken. Bei Möbelkorpusteilen aus Spanplatten ist die Dübelverbindung die günstigste Eckverbindung (s. Abschn. 7.1.3). In der Fertigung bohrt man wegen der Genauigkeit (Maßtoleranz) überwiegend elektrisch oder pneumatisch an feststehenden Maschinen. Nur noch im Bankraum oder auf Montage kommen Bohrwinde, Handbohrmaschine oder Akkuschrauber zum Einsatz.

**Bohrvorgang.** Bohren ist ein spanabhebender Arbeitsvorgang, bei dem sich das Schneidwerkzeug durch Drehen um seine Längsachse schraubenförmig in das Werkstück vorarbeitet. Die Holzfasern werden durch die keilförmige Schneide abgehoben und über die wendelförmige Förderschnecke (Transportschlange) aus dem Bohrloch transportiert. Weil Vollholz leicht ausreißt, haben die meisten Bohrer eine Vor- oder Nebenschneide, die die Fasern am Lochumfang vorritzten, bevor sie der Schneidenkeil am Lochgrund abhebt (4.52). Damit der Bohrer beim Ansetzen nicht „verläuft“, hat er in der Regel eine Zentrierspitze. Den Vorschub auf das Werkstück in Richtung Bohrerachse erzeugen wir durch senkrechten Druck. Bei Bohrern ohne Zentrierspitze empfiehlt es sich, mit dem Spitzbohrer oder der Reibahle von Hand (in Hartholz mit dem Hammer) vorzustechen.

Beim Bohren heben keilförmige Schneiden das Holz ab und transportieren es über die Förderschnecke ab.

**Werkzeug.** Wir unterscheiden Handbohrer, Bohrer für Bohrwinden und Handbohrmaschinen sowie für feststehende Bohrmaschinen. Handbohrer werden nur noch zum Vorbohren verwendet. Den Bohrer spannt man mit seinem Vierkantschaft ins Backenfutter der Bohrwinde oder Handbohrmaschine. Eine Bohrwinde mit *Knarre* lässt sich auch in Ecken und an Wänden einsetzen. Die *Knarre* stellen wir so ein, dass sich der eingespannte Bohrer nur vor- oder rückwärts mitdreht. Tabelle 4.53 gibt einen Überblick über die Bohrerarten. Bohrmaschinen lernen wir in Abschn. 5 kennen. Bei Handbohrmaschinen ist darauf zu achten, dass die auf Werkstoff und Bohrerdurchmesser abgestimmte richtige Drehzahl eingestellt wird.



**Bild 4.52** Bohrvorgang und Bohrerbezeichnungen  
 1 Zentrierspitze mit Gewinde  
 2 Hauptschneiden  
 3 Nebenschneiden (Vorschneider)  
 4 Transportschlange

**Tabelle 4.53** Bohrerarten

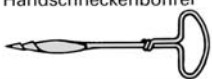

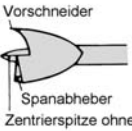
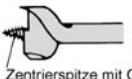


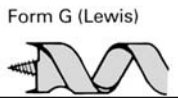

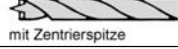
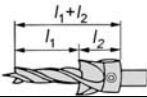
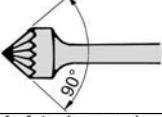

Bohrer	Merkmale	Verwendung
<b>Schneckenbohrer</b> Handschneckenbohrer  Windenschneckenbohrer  Vierkantschaft	konisch verlaufende Spitze, die Nadelholz beim Eindrehen leicht spaltet zum Einsetzen in Bohrwinden	zum Vorbohren von Nagel- und Schraubenlöchern

Tabelle 4.53 Fortsetzung

Bohrer		Merkmale	Verwendung
<b>Zentrumsbohrer</b>			
	Form A	kurzer, leicht verstopfbarer Spandurchgang dreikantige Zentrierspitze, Vorschneider und Spanabheber	nicht für tiefere Bohrungen kaum noch verwendet
	Form B	schraubenförmige Zentrierspitze	saubere und genaue Bohrlöcher
	Form C	Vorschneider und Spanabheber verstellbar (Millimeterteilung)	für Bohrlöcher von 13 bis 40 mm bzw. 22 bis 70 mm Ø
<b>Schlangenbohrer</b>			
	Form C (Irwin)	Gewindespitze, zwei Vorschneider, Spanabheber und Transportschlange für Späne; symmetrischer Aufbau, daher gute Führung (verläuft nicht) zwei Spanabheber, jeweils mit Transportschlange	für tiefere Löcher eingängige Bohrer für Weichholz, zweigängige für Hart- und Hirnholz
	Form G (Lewis)	breitere Transportschlangen als Form C	s. Form C
<b>Holzspiralbohrer</b>			
		zwei Vor- und Hauptschneiden, ein oder zwei Spannuten	für Löcher mit glatten Wandungen in Längs- oder Hirnholz (Dübellöcher) für Metall (Vorstechen oder Vorbohren erforderlich) für Holz
			
<b>Metallspiralbohrer</b>			
Spiralbohrer mit Hartmetallschneiden		kleinerer Spitzenwinkel als Holzspiralbohrer nur für Hand- oder Schlagbohrmaschinen	zum Nachbohren in Metallteilen für Mauerwerk oder Beton (Unterkonstruktion für Decken- und Wandverkleidung, Türfutter)
<b>Stufenbohrer</b>			
		Holzspiralbohrer mit Zentrierspitze (kleiner Durchmesser) und aufgesetztem Spiralbohrer ohne Spitze (großer Durchmesser) mit Klemmschraube	zum Bohren von zwei verschiedenen Durchmessern mit unterschiedlichen Lochtiefen in einem Arbeitsgang
<b>Versenker (Krauskopf, Ausreiber)</b>			
		kegelförmige Spitze, Spitzenwinkel 90°, Schneidenkopf mit mehreren Schneiden	zum kegelförmigen Erweitern von Bohrlöchern, um Schraubenköpfe oberflächenbündig einzudrehen oder Dübel leichter einzusetzen
<b>Aufsteckversenker</b>			
		wird mit Klemmschraube in gewünschter Höhe am Schnecken- oder Spiralbohrer befestigt	zum Bohren und Versenken in einem Arbeitsgang

**Pflege.** Bohrer werden einzeln in Holzkästen, einfachen Steckvorrichtungen oder Taschen so aufbewahrt, dass sich die Schneideteile nicht berühren. Bei Steckvorrichtungen steckt der Schaft im Loch, steht also der Schneideteil nach oben. Für Bohrer mit Hartmetallschneiden gibt es besondere Aufsteckhülsen. Mit Harz oder Leim verschmutzte Bohrer reinigt man in Nitrolösung, Petroleum oder heißem Wasser – nicht durch Abkratzen mit Metallgegenständen! Anschließend werden die sauberen Bohrer eingefettet oder eingeölt.

Kunst- und Forstnerbohrer werden bei den Maschinenbohrern im Abschn. 5.2.7 Tab. 5.73 behandelt.

Bohrer mit beschädigter Gewindespitze sind unbrauchbar.

**Das Schärfen** erfordert je nach Bohrerart verschiedene Techniken und viel handwerkliches Geschick, denn die Bohrdurchmesser und die Wirkung von Haupt- und Nebenschneiden dürfen nicht verändert werden. Die meisten Bohrer schärft man mit Feilen und prüft die Spitzenwinkel vorsichtshalber mit Schleiflehren. Spiralbohrer mit Dachspitze können wir nur an der Schleifscheibe schleifen. Vorschneider müssen auch nach dem Schärfen noch über die Spanabheber vorstehen. Die

Übergänge zwischen Spanabheber und Einzugsgewinde dürfen nicht verändert werden. Nach dem Feilen bzw. Schleifen ziehen Sie alle bearbeiteten Bohrer Teile mit einem Abziehstein nach, um Feilhiebe zu entfernen.

#### Arbeitsregeln beim Bohren

- Werkstück fest einspannen.
- Für jeden Werkstoff den richtigen Bohrer einsetzen.
- Bohrer mit Vierkantschaft nur für die Bohrwinde, mit rundem Schaft nur für Bohrmaschinen verwenden. Alle Spannstellen mit dem Schlüssel festziehen.
- Anreißen, vorstechen, ankörnen oder vorbohren, damit der Bohrer nicht verläuft.
- Bohrlochansatz prüfen, Bohrer nicht verkanten.
- Nach Gebrauch Bohrer reinigen und so aufbewahren, dass die Schneiden nicht beschädigt werden.
- Zum Schärfen stets das richtige Werkzeug benutzen.
- Beim Bohren besteht erhöhte Unfallgefahr! Deshalb Arbeitsregeln beachten und Vorsicht walten lassen.

4

## 4.8 Raspeln und Feilen

### Arbeitsauftrag Nr. 27 Lernfeld LF 1,4

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe des Fachbuches.
- Ergänzen Sie Ihre Lernkartei.
  1. Wovon hängt die Hiebfeinheit der Raspel oder Feile ab?
  2. Wodurch unterscheiden sich Einhieb- und Zweihiebfeilen?
  3. Welche Regel gilt für das Raspeln und Feilen harter und weicher Werkstoffe?
  4. Wie reinigen Sie Raspeln und Feilen?

Raspeln und Feilen wurden früher vielfach für Nacharbeiten von gesägten oder gestemmtten Verbindungen (z.B. Schlitz und Zapfen), vorgesägten Ausschnitten und Schweifungen eingesetzt. Mit der Raspel wird grob vor-, mit der Feile fein nachgearbeitet.

**Der Feilvorgang** lässt sich mit einem flächig wirkenden Sägen vergleichen. Die Schneiden

(Zähne) von Raspel oder Feile sind neben- und hintereinander versetzt angeordnet. Druck wird nur beim Vorwärtshub leicht schräg zur Fläche ausgeübt, sonst stumpfen die Schneiden zu schnell ab (4.54). Das Werkstück muss fest eingespannt sein.

Feilen und Raspeln dienen mit ihrer flächigen Sägewirkung zur Nacharbeit.

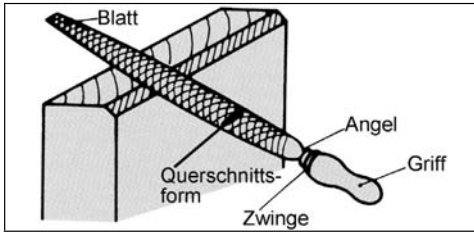


Bild 4.54 Raspeln oder Feilen

4

**Werkzeug.** Raspeln und Feilen bestehen aus dem Blatt, das sich nach vorn verjüngen kann, und der Angel. An der Angel wird das Blatt mit einer Zwinde im Holz- oder Kunststoffgriff befestigt. Achten Sie stets auf den festen Sitz des Blattes!

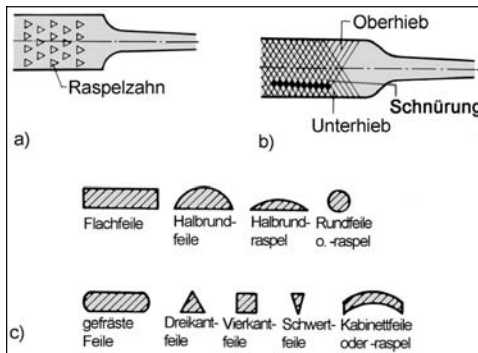


Bild 4.55 a) Rasperhieb, b) Feilenhieb (Doppel- oder Kreuzhieb), c) Querschnittsformen

**Raspeln** haben verhältnismäßig weit auseinander stehende eingehauene Zähne (Hiebe) (4.55). Wir unterscheiden 3 Hiebarten (Hiebnummern):

Hieb 1 = grob Hieb 2 = halbschlicht Hieb 3 = schlicht

Bei gleicher Raspellänge nimmt die Feinheit also mit steigender Hiebnummer zu. Bei zunehmender Raspellänge wird der Hieb jedoch bei gleicher Hiebzahl gröber, denn die Hiebzahl wird je  $\text{cm}^2$  Raspelfläche ausgedrückt (4.56). Eine höhere Hiebnummer bedeutet deshalb nicht immer eine größere Feinheit!

Nach der Form unterscheidet man flachstumpfe, halbrunde Kabinett- und runde Raspel (4.55c). Die *Sägeraspel* hat mehrere gezahnte

Stahlstreifen, durch die die Späne abfließen können. Die Hobelfräseraspel und -feile haben ein auswechselbares Blatt.

**Feilen** haben gefräste oder gehauene Zähne, die enger zusammenstehen als bei der Raspel (4.55b). Es gibt Einhieb- und Doppelhiebfeilen (Kreuzhiebfeilen). Einhiebfeilen setzt man vorwiegend für die Bearbeitung von Aluminium ein.

Tabelle 4.56 Rasperhieb

Raspellänge in mm	Hieb- Nr.	Hieb- Nr.	Hieb- Nr.
	1 Hieb	2	3
Hiebzahlen je $\text{cm}^2$			
150	14	20	28
200	11	16	22
250	9	12	18
300	7	10	14

Doppelhiebfeilen haben einen Unter- und einen Oberhieb, die in verschiedenen Winkeln angeordnet und unterschiedlich grob ausgeführt sind. Die versetzt angeordneten Zahnreihen nehmen beim Feilen sehr kurze Späne ab.

Wie bei den Raspeln geben die Hiebzahlen (hier 1 bis 4) unterschiedliche Feinheitsgrade nach Feilenlänge an. Eine Feile mit der Hiebzahl 3 ist also gröber als eine kürzere Feile mit derselben Hiebzahl.

Nach der Form unterscheiden wir: Dreikantfeile (z.B. zum Schärfen von Sägezähnen), Flach-, Halbrund-, Rund-, Vierkant-, Schwert-, Kabinett- und Hohlfeilen (4.55c).

Die Feinheit der Raspel und Feile hängt von der Hiebnummer und der Raspel-/Feilenlänge ab: Je kleiner die Hiebnummer und je länger die Raspel bzw. Feile, desto gröber der Hieb.

**Grundsatz: Je härter der Werkstoff, desto feiner der Hieb.**

**Pflege.** Raspeln und Feilen sollen immer nur für einen bestimmten Werkstoff verwendet werden. Sie müssen sauber sein. Mit Harz oder Leim verschmutzte Blätter legt man in heißes Wasser, Petroleum oder Nitroverdünnung und reinigt sie dann mit einer speziellen Feilenbürste. Die Griffe müssen aus Sicherheitsgründen fest auf der Angel sitzen.

## 4.9 Schleifen

### Arbeitsauftrag Nr. 28 Lernfeld LF 1,4

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe ihres Fachbuches.
  - Vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
1. Worin besteht der Unterschied zwischen einer offenen und einer geschlossenen Streuung der Schleifmittel?
  2. Für welche Hölzer nehmen Sie eine offene Streuung? Begründen Sie Ihren Standpunkt.
  3. Was gibt die Zahl 80 auf dem Schleifpapier an?
  4. Für welche Handwerkszeuge verwendet man beim Schleifen Nass-, für welche Trockenschliff?
  5. Was bedeutet der Härtegrad?
  6. Welche Regeln müssen Sie bei der Arbeit am Schleifstein einhalten?
  7. Welche Abziehsteine kennen Sie?

4

Gehobelte, gesägte oder gepresste Holz- und Holzwerkstoff-Oberflächen werden durch Schleifen eingeebnet (egalisiert) oder zur Weiterbehandlung aufgeraut. Furniere und bedruckte Papiere sind heute so dünn, dass die Trägermaterialien (Spanoder Sperrholzplatten) vor dem Leimauftrag geschliffen (egalisiert und kalibriert) werden müssen, damit das Furnier beim folgenden Fertigschliff nicht durchgeschliffen wird. Andererseits rauht man die Oberfläche von Werkstoffen auf, um die Leimfläche zu vergrößern und damit die Haftung der Teile zu verbessern. In vielen Fällen ist heute der Maschinenschliff an die Stelle des Handschliffs getreten.

**Der Schleifvorgang** ähnelt dem Raspeln und Feilen, die er zunehmend verdrängt. Schleifen ist ein flächiges Schaben von vielen neben- und hintereinander liegenden Schneiden (Schleifkörnern) mit einem Schnittwinkel  $> 90^\circ$ . Wir schleifen vor allem bei später sichtbaren Holzflächen in Faserrichtung, weil sich quer zur Faser Schleiffrillen (Riefen) ergeben. Wichtig ist, dass die Kanten erhalten bleiben. (Weitere Verarbeitungshinweise s. Abschn. 9.1.2.)

Beim Schleifen nehmen scharfkantige Schleifkörner dünne Späne ab. Man schleift nach Möglichkeit in Faserrichtung.

**Als Schleifmittel** dienen Schleifpapier mit aufgeleimten oder künstlichen Schleifkörnern.

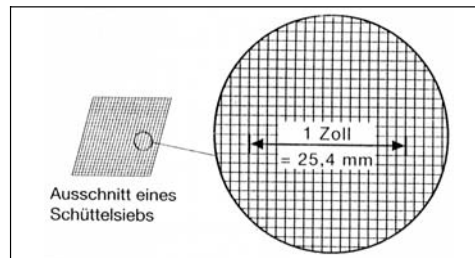
Papier oder Leinengewebe finden als Kornträger Verwendung. Kombinierte Kornträger bestehen aus mehreren Papieren die mit Leinengewebe verstärkt sind. Sie können stark bean-

sprucht werden und kommen daher z.B. bei Breitbandschleifmaschinen zum Einsatz.

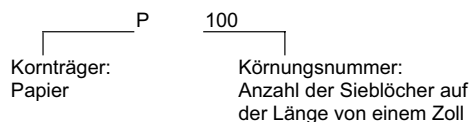
Natürliche Schleifmittel bestehen aus Flint, Granulat, Naturkorund oder Quarz (Sandstein). Für künstliche Schleifkörper verwendet man Elektrokorund, Siliciumcarbid, Bornitride, Glas und künstliche Diamanten.

Die unterschiedliche Feinheit der Schleifpapier wird durch die Körnungsnummern gekennzeichnet.

Diese leiten sich aus der Dichte der Schleifkörner, die mittels Schüttelsiebes auf den Kornträger aufgebracht werden, ab.



**Bild 4.57** Anzahl der Sieblöcher pro Zoll



**Bild 4.58** Schleifpapierbezeichnung

Je nach Streudichte der aufgeleimten Körner unterscheidet man die offene (OP) und die geschlossene (CL) Streuung.



**Bild 4.59** Aufbau von Schleifpapier a) offene Streuung b) geschlossene Streuung

Für die Bearbeitung von harten Hölzern kann geschlossen gestreutes Schleifpapier verwendet werden.

4

Bei der Bearbeitung von weichen und harzreichen Hölzern empfiehlt sich eine offene Streuung, weil sie den klebrigen Staub gut aufnimmt. Als Unterlage dienen beim Handschleifen von Holzoberflächen Schleifklötze aus Kork oder Holz (4.60)

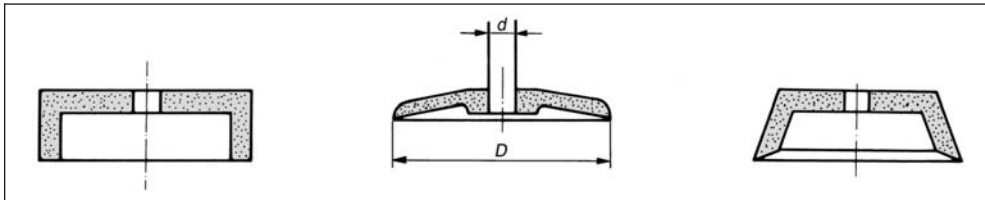


**Bild 4.60** Schleifklotz

**Tabelle 4.61:** Anwendungsbereiche verschiedener Schleifpapiere

Verwendung	Körnungsnummer
Alte Farbreste entfernen Parkettschliff	30, 40, 60
Vorschliff Nadelholz und Laubholz	80, 100
Feinschliff Nadelholz und grobporiges Laubholz	120, 150
Feinschliff feinporiges Laubholz	150, 180, 220
Zwischenschliff beim Lackieren	220, 240
Füller- und Lackschliff	280, 400, 600 (auch nass)

**Schleifen von Schneidwerkzeugen.** Geschliffen werden jedoch nicht nur Holz und Holzwerkstoffe, sondern auch Werkzeugschneiden. Dazu verwenden wir Schleifscheiben (4.43). Die Standzeiten der Schneidwerkzeuge sind recht unterschiedlich, wie wir schon festgestellt haben. Stumpfe Schneiden müssen an der Schleifscheibe geschärft werden. Dabei unterscheiden wir den Nass- und Trockenschliff.

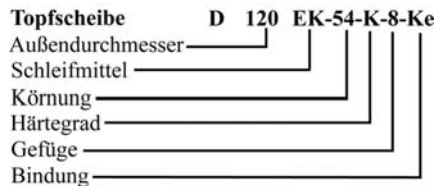


**Bild 4.62** Scheibenformen

**Zum Nassschliff** eines Handwerkzeugs verwendet man nach wie vor natürliche Sandsteine. Wichtig ist die gleichmäßige Kühlung durch Wasser, damit Scheibe und Werkstück nicht zu heiß und die Scheibeporen gut gespült werden. Die feuchten Stellen der Schleifscheibe nutzen sich rasch ab und müssen daher regelmäßig mit Steinmaterial nachgerichtet werden. Andere natürliche Schleifmittel für Handwerkzeuge sind Scheiben aus Aluminiumoxid (Schmirgel, Naturkorund).

**Trockenschliff.** Für sehr harte Schneiden aus HSS-Stahl oder Hartmetall nahm man früher Naturdiamanten. Sie sind heute zu teuer und wurden darum durch künstliche Schleifmittel ersetzt, die meist im Trockenschliff arbeiten. Dazu gehören Elektrokorund (Normal- und Edelkorund) und Siliciumcarbid. Der Aufbau dieser Scheiben ist genormt.

**Die Körnung** wird wie beim Schleifpapier mit einer Zahl angegeben. Mit steigender Zahl nimmt die Feinheit zu.

**Beispiel**

**Der Härtegrad** einer Schleifscheibe gibt die Kraft an, die nötig ist, um ein einzelnes Korn aus dem Verband zu lösen. Die Hersteller kennzeichnen die Härte mit Großbuchstaben von A (äußerst weich) bis Z (äußerst hart).

**Das Gefüge** gibt den Anteil des Porenhohlraums am Gesamtvolumen des Schleifkörpers an. Bei dichtem Gefüge liegen die Schleifkörner eng beisammen und lassen wenig Hohlraum.

Künstliche (synthetische) Schleifscheiben müssen Sie regelmäßig mit Diamanten oder Spezialgeräten abrichten, um die Körner wieder griffig zu machen bzw. zu erneuern.

**Arbeits- und Unfallverhaltensregeln an der Schleifscheibe**

- Herstellerangaben (Bindungsart, Abmessungen, zugelassene Drehzahl, Körnung, Härte, Prüfvermerk) beachten.
- Drehzahl der Maschine richtig einstellen, bei ausgewechselter Scheibe Probelauf.
- Keine beschädigten Scheiben verwenden (evtl. Klangprobe).
- Beim Schleifen Schutzbrille tragen und Schutzvorrichtungen verwenden.

**Abziehen.** Nach dem Schärfen ziehen wir Handwerkszeuge ab, um Grate zu entfernen. Dazu gibt es natürliche und künstliche Abziehsteine. Der *Belgische Brocken* ist ein natürlicher Stein mit sehr feinem Gefüge. Als Gleitmittel verlangt er Wasser. Der *Arkansasstein* braucht dagegen ein Petroleum-Öl-Gemisch als Gleitmittel und wird darin auch gelagert.

**4.10 Spannwerkzeuge und Vorrichtungen****Arbeitsauftrag Nr. 29 Lernfeld LF 1,4**

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe Ihres Fachbuches.
  - Vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
1. Nennen Sie drei Bankzubehörteile und erläutern Sie ihre Anwendung.
  2. Womit spannen Sie lange dünne Leisten auf der Hobelbank fest?
  3. Worin besteht der Unterschied zwischen Schraubzwingen und -knechten?
  4. Wodurch schützen Sie die Holzoberfläche beim Spannen mit Zwingen?
  5. Nennen Sie Gehrungswerkzeuge und erklären Sie ihre Verwendung.
  6. Welcher Winkel kann mit der Gehrungsstoßblende angehobelt werden?

Wo Werkstücke gemessen, für nachfolgende Bearbeitungsvorgänge fixiert oder geführt und für Verklebungen gespannt werden müssen, werden Spannwerkzeuge oder Hilfsvorrichtungen benötigt.

**Die Hobelbank** ist das wichtigste Hilfsmittel des Tischlers zum Festhalten und Verleimen von Werkstücken. Sie besteht aus einer stabilen Buchenarbeitsplatte, die auf dem kräftigen Gestell liegt. Mit der Vorder- und Hinterzange werden die Werkstücke eingespannt (4.1).

Längere Werkstücke erfordern eine durchgehende Auflage und werden zwischen den Bankhaken mit der Hinterzange eingespannt. Schwere und lange Werkstücke (z.B. Korpusseiten) klemmt man mit der Vorderzange ein und unterstützt sie zusätzlich mit dem höhenverstellbaren *Bankknecht*. Für besondere Arbeiten gibt es zusätzliche Geräte: Seitenbank- und Spitzbankhaken, Hilfsspann-(4.63) und Parallelschraubstock (4.63).

**Zwingen und Spanner** sind bei der täglichen Arbeit unentbehrlich.



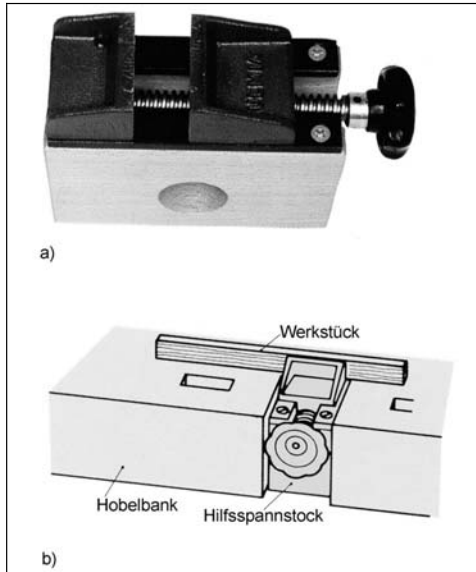


Bild 4.63 Hilfsspannstock (a) im Einsatz (b)

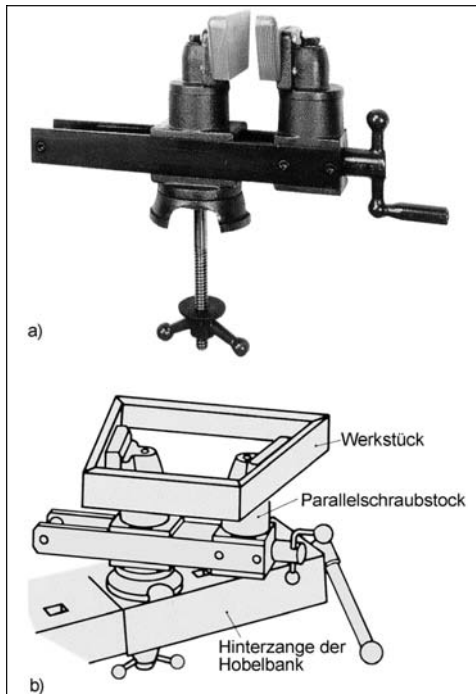


Bild 4.64 Parallelschraubstock (a) im Einsatz (b)

Die **mechanische Schraubzwinde** aus Metall ist das Universalwerkzeug zum Spannen und Festklemmen. Sie wird von Hand betätigt, hat eine starre Gleitschiene, je einen festen und beweglichen Spannarm (4.65). Im beweglichen Spanner sitzt eine Schraubspindel mit einem Holzgriff am oberen Ende und einer Kugeldruckplatte am unteren. Die Druckplatte liegt beim Spannen immer flächig auf und kann mit einer Kunststoff-Schutzkappe versehen sein. Die normale Schraubzwinde gibt es in Spannweiten von 120 bis 300 mm und einer Ausladung bis Mitte Spindel von 60 bis 250 mm. *Schraubknechte* unterscheiden sich davon nur durch größere Abmessungen. Ihre Spannweite reicht von 400 bis 2000 mm, ihre Ausladungen gehen jedoch nur von 80 bis 250 mm.

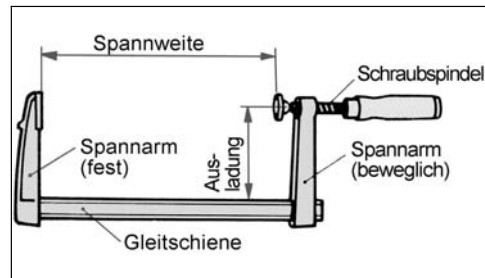


Bild 4.65 Schraubzwinde

Außer der Universalzwinde gibt es verschiedene Sonderformen für Spezialzwecke:

**Korpuszwingen** zum Spannen von flächigen, fertigbehandelten Werkstücken ohne Zulagen (4.66).

**Klemmzwingen** eignen sich für Umleimer oder Leisten, wo es auf geringen Anpressdruck, jedoch schnelles Ansetzen und Festklemmen ankommt. Die Spannarme bestehen aus Hartholz, der Spanndruck wird mit einem Exzenterhebel erzeugt (4.67).

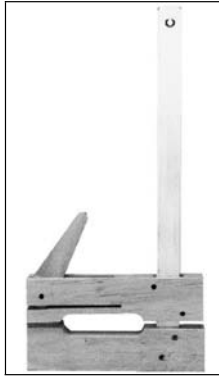
Einhand-Zwinde sind von der Schienenseite und vom Holzgriff aus mit einer Hand zu bedienen, die andere bleibt frei zum halten der Werkstücke (4.68).

Die **Kantenzwinde** wird wie eine Schraubzwinde angesetzt (4.69).

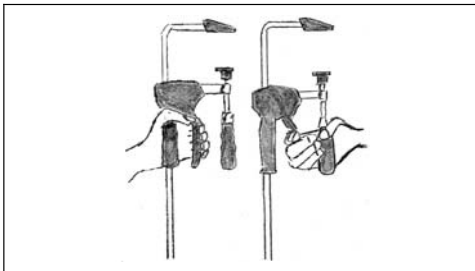
**Gehrungs-Kantenzwingen** gibt es in verschiedenen Ausführungen, um schräg zueinander stehende Leimflächen zu spannen.



**Bild 4.66**  
Korpuszwinde



**Bild 4.67**  
Klemmzwinde



**Bild 4.68** Einhand-Zwing

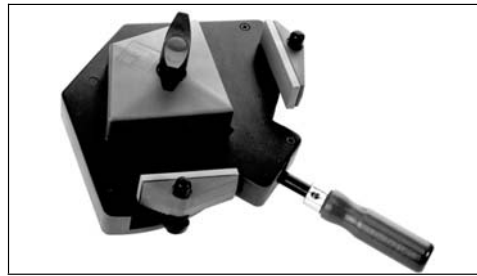


**Bild 4.69** Kantenzwinde

**Leim- oder Spannklammern** haben bewegliche Druckbacken, so dass auch konische Werkstücke und schräge Kanten gespannt werden können. Für Gehrungen gibt es Spannklammern ohne Backen. Der Anpressdruck entspricht dem einer leichten Schraubzwinde.

Angesetzt werden die Klammern mit einer Spreizzange.

**Gehrungsspanner** haben bewegliche Spannbacken für Winkelverbindungen von  $45^\circ$  bis  $120^\circ$  und werden im Rahmenbau zum Spannen der Rahmeneckverbindungen eingesetzt (4.70).

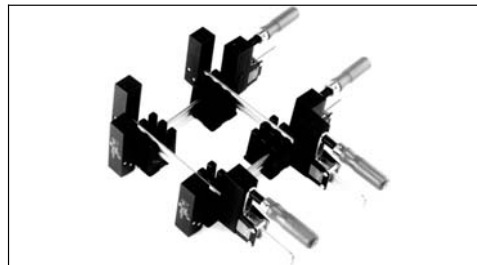


**Bild 4.70** Gehrungsspanner

**Rahmenpressen-Vorrichtung**, bestehend aus vier Korpuszwingen, ergeben eine rechtwinklig geführte und verstellbare Rahmenpresse (4.71).

**Sonderspannzwingen** gibt es für Rundbogen und Längsverleimungen sowie andere Stellen, an denen normale Schraubzwingen zu umständlich anzusetzen wären.

**Bandleimzwinde** mit Kurbel dient zum Spannen von Werkstücken mit geschlossenem Umfang (4.72).



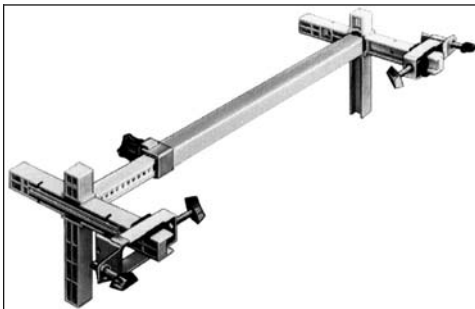
**Bild 4.71** Rahmenpressen-Vorrichtung

**Türspanner** brauchen wir beim Verleimen größerer Vollholzflächen wie Tisch- und Arbeitsplatten. Sie bestehen aus einem I-Profil mit einem verstellbaren und einem festen Backen, der mit Stahlspindel und Kurbel ausgestattet ist. Die Spannweiten reichen von 800 bis 2500 mm. Mit Türspannern lassen sich erheblich höhere Drücke als mit Zwingen oder Knechten erzielen.



**Bild 4.72** Bandleimzwinde mit Kurbel

**Türfutterstreben** dienen zum Spannen bzw. Fixieren von Türfuttern beim Ausschäumen. Sie können schon in der Werkstatt angesetzt und justiert (ausgerichtet) werden. Doch ist wegen der verschiedenen Anschläge und Maßskalen auf den Stahlstreben auch auf der Baustelle ein genaues Ansetzen möglich (4.73).



**Bild 4.73** Türfutterstrebe

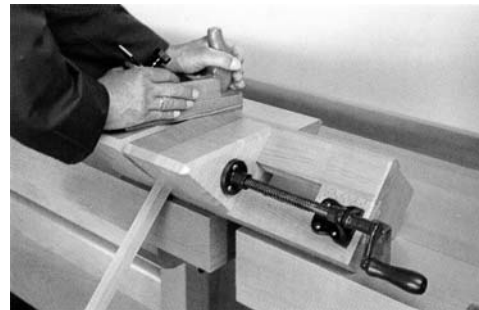
**Arbeitsregeln.** Spannwerkzeuge dürfen nicht direkt auf den zu verleimenden Werkstücken angesetzt werden, sondern nur mit Zwischenlagen (Zulagen). Diese müssen genügend steif sein und die Druckkraft der Zwinde auf eine möglichst große Fläche verteilen. Allerdings darf der Druck in der Leimfuge nicht zu klein werden, sonst gibt es Fehlverleimungen. Die Druckflächen der Zwischenlagen müssen glatt und frei von Verschmutzungen wie Leimspritzern sein.

**Gehrungswerkzeuge.** Mit der *Gehrungsschneidplatte* sägen wir Füllungsstäbe und Bilderrahmenprofile auf Gehrung (Tab. 4.36). Die Vorrichtung können wir selbst anfertigen. Sie besteht aus einer Grundplatte und zwei seitlich aufgeleimten Wangen aus Buchenholz. In die Wangen werden mit dem Gehrungsmaß (45°)

Einschnitte angerissen und bis zur Grundplatte gesägt. Auch Rechtwinkelschnitte lassen sich durchführen. Die *Gehrungsstoßblade* wird auf der Hobelbank zwischen den Bankhaken eingespannt, so dass die bereits angesägte Gehrung mit dem Hobel genau nachgearbeitet werden kann (4.74). Der *Gehrungsschneider* (Gehrungsstanze) arbeitet mit einem eingespannten Messer. Mit ihm schneiden wir vorzugsweise Leistenmaterial so sauber, dass keine Nacharbeit (Bestoßen, Schleifen) mehr erforderlich ist. Auch 90°-Winkel lassen sich schneiden.

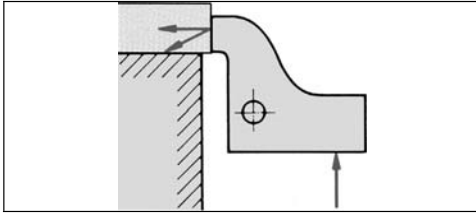
**Vorrichtungen** können *mechanisch* (mit Handkraft), *pneumatisch* (mit Luftüber- oder -unterdruck), *hydraulisch* (mit Öldruck) oder *elektrisch* (Vorschubapparat) arbeiten. Sie dienen folgenden Zwecken:

- sich wiederholende Bearbeitungsvorgänge zu vereinfachen
- die Maschinenrüst- und Maschinerearbeitungszeiten zu verkürzen
- sich wiederholende notwendige Messvorgänge zu verkürzen
- die Bearbeitungsgenauigkeit zu erhöhen
- den körperlichen Arbeitsaufwand zu senken
- die Arbeitssicherheit zu erhöhen.



**Bild 4.74** Gehrungsstoßblade

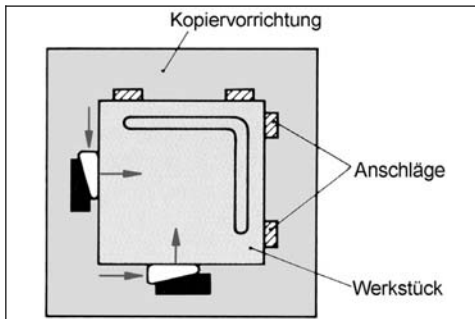
Bei *mechanisch* arbeitenden Vorrichtungen werden Keile, Hebelarme, Kniehebel oder Senkrecht- und Waagrechtspanner mit Handkraft betätigt. Entsprechend den folgenden Bearbeitungsvorgängen werden die Werkstücke in Aufnahmevorrichtungen gelegt, fixiert und festgespannt. Viele dieser Spanner oder Halter können auch an Druckluft angeschlossen werden.



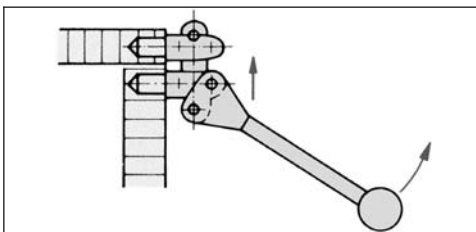
**Bild 4.75** Umlenkung größerer Kräfte mit Hebel

Messlehren, die teilweise selbst angefertigt werden, dienen beim wiederholten Überprüfen gleich bleibender, aber auch veränderlicher Werkstückabmessungen (Toleranzen).

Damit die Werkstücke in Serienfertigung ihre Genauigkeit, auch bei großen Stückzahlen, behalten, werden Vorrichtungen oder Schablonen zum Zuführen und Bearbeiten so ausgebildet, dass sie als verdeckte Anschlagkante für Kopierstifte (Fräsarbeiten) oder entlang einem Anschlag (Winkel, Anlaufringe) als Führung dienen.



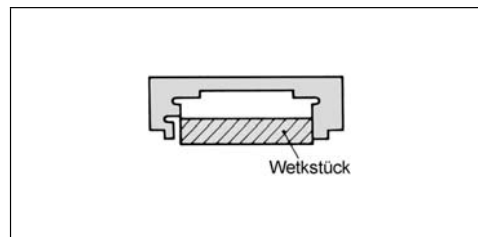
**Bild 4.76** Werkstückfixierung mit einseitigen Keilen



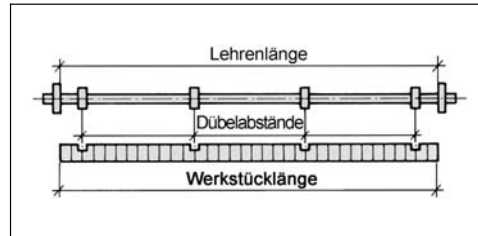
**Bild 4.77** Knieheberschluss



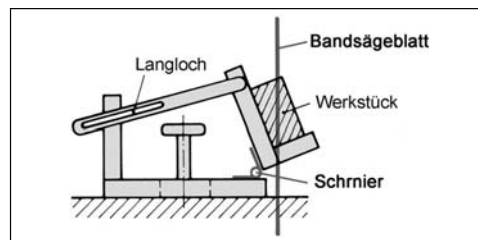
**Bild 4.78** Senkrechtspanner



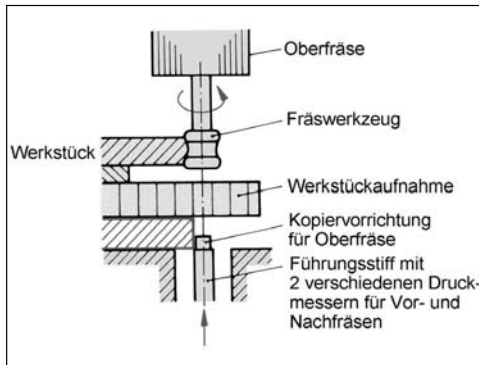
**Bild 4.79** Grenzlehre für Außenmaße



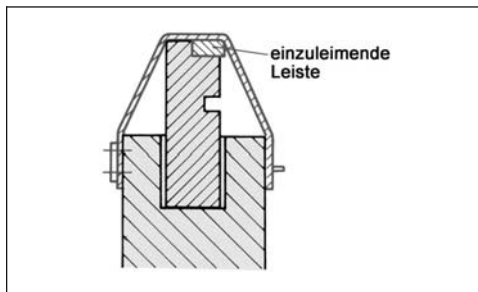
**Bild 4.80** Dübelbohr-Schablone



**Bild 4.81** Schrägaufrennvorrichtung für Bandsäge



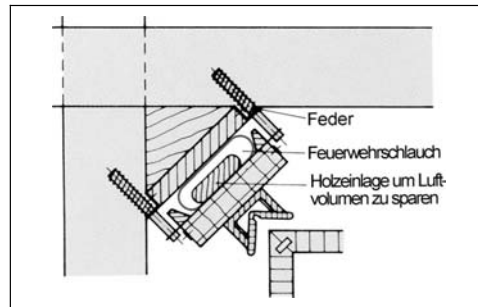
**Bild 4.82** Kopiervorrichtung für Oberfräse



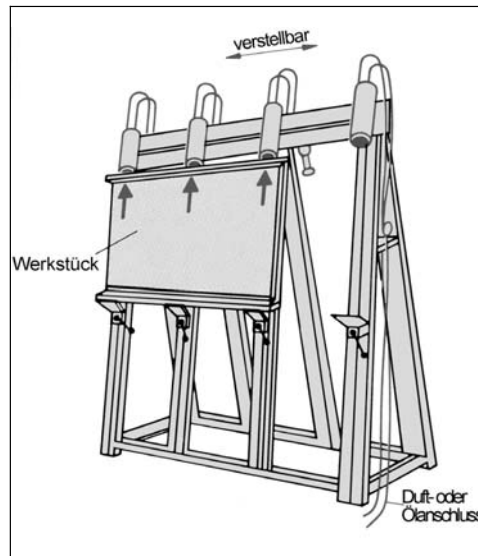
**Bild 4.83** Spannen mit Gummiband oder Gurten

Selbst konstruierte Vorrichtungen erlauben einfache, aber auch schwierige sich wiederholende Verleimvorgänge rationell durchzuführen (4.83/4.84). *Pneumatisch* oder *hydraulisch* arbeitende Verleimständer sind auch im Kleinbetrieb flexibel einsetzbar, um Rahmen, Böden oder Kanten unterschiedlicher Länge, Dicke und Breite schnell und sicher zu verleimen (4.84/4.85).

**Bohrvorrichtungen** zum Bohren von Dübel und Beschlägen wird sich der Praktiker im Lauf der Zeit selbst anfertigen. Bei der Werkstoffwahl für diese Hilfswerkzeuge muss er die erforderliche Arbeitsgenauigkeit und die Fertigungsstückzahl berücksichtigen. Früher wurde häufig Buchenholz verwendet, heute bevorzugt man schichtverleimte Plattenwerkstoffe. Alle Vorrichtungen sind so aufzubewahren, dass sie jederzeit greifbar sind.



**Bild 4.84** Vorrichtung für Gehrungseckverleimung mit Druckluft



**Bild 4.85** Doppelseitiger Verleimständer für Rahmen und Kantenverleimung



**Bild 4.86** Vakuum-Arbeitstisch

## 5 Maschinelle Holzbearbeitung

### Arbeitsauftrag Nr. 30 Lernfeld LF 1,4,12

Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom werden häufig in Folge von Unkenntnis und Leichtsinne verursacht.

Um Unfälle zu vermeiden und sich der Gefahr bewusst zu werden, sind Grundkenntnisse der Elektrotechnik unumgänglich.

- Folgende Fragen dienen Ihnen als Strukturierungshilfe, um sich diesem schwierigen Thema zu nähern und es zu erschließen.
  1. Was ist Voraussetzung, damit ein Strom fließen kann?
  2. Wovon hängt die elektrische Leitfähigkeit des Holzes ab?
  3. Wobei nutzt man die Leitfähigkeit des feuchten Holzes?
  4. Nennen Sie Leiter und Isolatoren.
  5. Welche Einheiten haben Strom, Spannung und Widerstand?
  6. In welchem Verhältnis stehen diese drei elektrischen Grundgrößen zueinander? (Ohmsches Gesetz)
  7. Erläutern Sie Gleich- und Wechselstrom.
  8. Erklären Sie das Zustandekommen eines Drehstroms.
  9. Welche Vorteile bietet der Drehstrom?
  10. Wie berechnet man die elektrische Leistung und Arbeit?
  11. Was versteht man unter dem Wirkungsgrad eines Elektromotors?
  12. Welche Aufgabe hat der Stern-Dreieckschalter beim Elektromotor?
  13. Warum dürfen Sie den Asynchronmotor nicht sofort auf Dreieck schalten?
  14. Wodurch entsteht ein Kurzschluss?
  15. Welchen Vorteil hat der LS-Schalter gegenüber der Schmelzsicherung?
  16. Warum verwendet man bei Elektromotoren träge Sicherungen?
  17. Warum erhöhen Feuchtigkeit und Nässe die Unfallgefahren mit elektrischem Strom?
  18. Nennen Sie Schutzmaßnahmen gegen Berührungsspannungen.
  19. Was tun Sie, wenn ein Kollege einen Elektrounfall erlitten hat?
- Erstellen Sie eine Kollage zum Thema „Elektrounfallgefahren und Unfallverhütung“ unter zu Hilfenahme von Zeitungen und Merkblättern der Berufsgenossenschaft.

Hauptmotive für den technischen Fortschritt sind das Streben nach besseren Lebens- und Arbeitsbedingungen sowie der Zwang zu kostensparender Produktion. Die Erfindung der Dampfmaschine und die Nutzung der elektrischen Energie waren wichtige Stationen auf diesem Weg.

Betrachten wir eine Holzbearbeitungsmaschine, etwa eine Bandsäge. Ein Elektromotor entnimmt dem Stromnetz elektrische Energie und wandelt sie in kreisförmige Bewegung um. Riemenscheiben und ein umlaufender Riemen verbinden den Motor mit einer Bandsägerolle. Zwischen den Bandsägerollen ist das Sägeblatt eingespannt. Die Kraft des Elektromotors treibt über den Riemen die Bandsägerollen und damit das Sägeblatt an. Diese Kraft ist um vieles größer als unsere Muskelkraft. Sie wirkt schneller, „pausenloser“ und genauer als die menschliche Kraft.

Die Antriebskraft für unsere Geräte und Maschinen liefert der elektrische Strom. Deshalb müssen wir uns mit der Elektrotechnik beschäftigen, bevor wir die Geräte und Maschinen behandeln.

### 5.1 Elektrotechnik

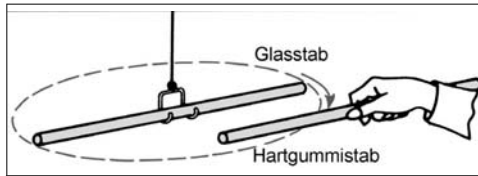
#### 5.1.1 Elektrotechnische Grundlagen

Zählen Sie die Vorgänge in Ihrem Tagesverlauf auf, zu denen Sie elektrischen Strom brauchen. Wie sähe unsere Welt ohne elektrische Energie aus? Denken Sie dabei an die Industrie, den Verkehr, die Versorgungseinrichtungen. Was ist überhaupt Elektrizität? Wie entsteht sie? Wo begegnet sie uns in der Natur?

**Elektrizität.** Um diese Fragen zu beantworten, kommen wir auf den in Abschn. 2.4.3 besprochenen Aufbau des Atoms zurück. Um den Atomkern bewegen sich Elektronen. Die Anziehungskraft zwischen Atomkern und Elektronen verhindert, dass die Elektronen durch die Fliehkraft aus der Bahn geschleudert werden – Anziehungs- und Abstoßungskräfte sind gleich stark.

- **Laborversuch 1** Wir reiben einen Hartgummistab mit einem Wolltuch und hängen ihn in der Mitte an einem Faden auf. Dann behandeln wir einen zweiten Hartgummistab mit dem Wolltuch und nähern ihn einem Ende des aufgehängten Stabs. Was geschieht?
- **Laborversuch 2** Wir nehmen einen mit Wolltuch geriebenen Hartgummistab und einen mit Seide geriebenen Glasstab in gleicher Versuchsanordnung (5.1). Was beobachten Sie?

In Versuch 1 herrscht Ladungsgleichgewicht – die Körper stoßen sich ab. Doch wie Versuch 2 zeigt, sind die Elektronen nicht immer im Gleichgewicht.



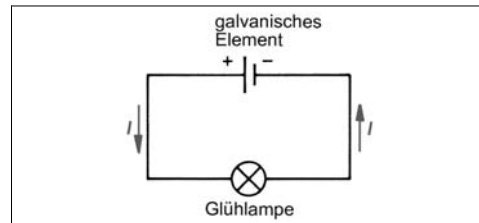
**Bild 5.1** Kraftwirkung zwischen elektrisch geladenen Körpern

Hier hat ein Körper Elektronenüberschuss, der andere dagegen Elektronenmangel. Die überschüssigen Elektronen streben zu einem Körper mit Elektronenmangel. Dieses Streben nach Ladungsausgleich nennt man elektrische Spannung (Formelzeichen  $U$ ). Ursache der Elektrizität ist also die zwischen ungleichartig geladenen Körpern bestehende Spannung – durch Ladungsunterschiede entsteht eine Spannung.

Gleichartig elektrisch geladene Körper stoßen sich ab, ungleichartig geladene ziehen sich an.

Ein Körper mit Elektronenmangel ist elektrisch positiv (+), einer mit Elektronenüberschuss negativ (–) geladen. Das Ausgleichsbestreben heißt elektrische Spannung.

In unseren Versuchen haben wir die Spannung durch Reiben erzeugt. In der Elektrotechnik reicht die Reibungselektrizität jedoch nicht aus. Hier erzeugt man die Spannung in Generatoren durch Induktion (Umwandlung mechanischer in elektrische Energie mit Hilfe eines Magnetfelds) oder im galvanischen Element und in Akkumulatoren durch chemische Vorgänge.



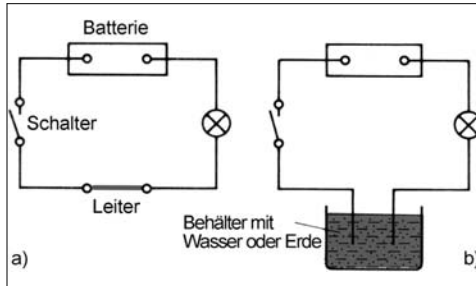
**Bild 5.2** Stromkreis

**Strom, Stromkreis.** Ein einfacher elektrischer Stromkreis besteht aus der Spannungsquelle, einer Glühlampe sowie den Verbindungsleitungen (Hin- und Rückleitung) zwischen Spannungsquelle und Glühlampe. Bei geschlossenem Stromkreis fließt der Elektronenstrom von der negativen zur positiven Klemme. Leider hat man früher die Rolle der Elektronen als „Ladungsträger“ nicht richtig erkannt und hatte daher international die technische Stromrichtung von Plus nach Minus vereinbart. Sie wurde beibehalten. Stromstärke, Spannung und Widerstand sind die Grundgrößen in einem elektrischen Stromkreis. Ein Stromkreis lässt sich durch einen Schalter ein- und ausschalten, eine Sicherung schützt die Leitungen vor Überlastung und Brand. Die Bauelemente werden durch Schaltzeichen dargestellt.

Warum ist ein Stromschlag im Wasser viel gefährlicher als auf trockenem Boden? Warum ist man auf trockene m Gummiboden bei Stromschlägen weniger gefährdet? Antwort geben uns zwei Versuche.

- **Laborversuch 1** In die Versuchsanordnung 5.3a mit Spannungsquelle (Batterie), Schalter und Glühlampe als Verbraucher spannen wir nacheinander ein Stück Eisendraht, Kupferdraht, Glas, Kohle, trockenes und feuchtes Holz, Gummi und Papier.
- **Laborversuch 2** Nach der Versuchsanordnung 5.3b leiten wir den elektrischen Strom nacheinander durch feuchte Erde, Öl, destilliertes Wasser und die wässrige Lösung einer Säure oder

eines Salzes. Ergebnis Die Lampe leuchtet mal hell, mal weniger hell, mal gar nicht auf, wenn der Stromkreis durch den Schalter geschlossen wird. Hell wird sie bei den Metallen. Weniger hell leuchtet sie bei Kohle und Erde sowie den wässrigen Säure- und Salzlösungen. Bei Glas, trockenem Holz, Gummi, Papier, destilliertem Wasser und Öl leuchtet die Lampe nicht auf.



**Bild 5.3** Elektrische Leitfähigkeit  
a) zum Versuch 1, b) zum Versuch 2

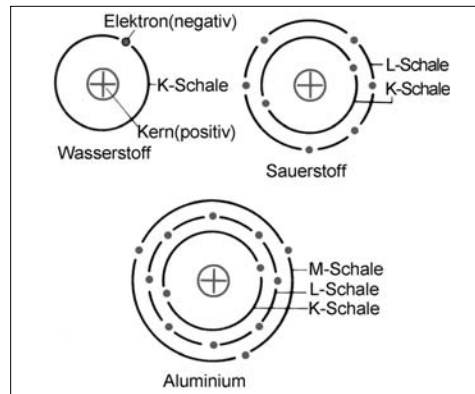
**Leiter und Nichtleiter.** Aus den Versuchen schließen wir, dass die Stoffe den elektrischen Strom unterschiedlich gut leiten: am besten die Metalle (helle Lampe), Kohle und feuchtes Holz weniger – Glas, trockenes Holz, Gummi und Papier gar nicht. Auch destilliertes Wasser und Öl leiten den Strom nicht – feuchte Erde und wässrige Lösungen von Salzen, Laugen und Säuren dagegen sehr gut.

Metalle, Kohle und wässrige Lösungen von Säuren, Basen und Salzen sind Leiter. Glas, Gummi, trockenes Holz und Papier, Kunststoffe, destilliertes Wasser und Öl sind Nichtleiter (Isolatoren).

**Achtung!** Auch der Erdboden und der menschliche Körper enthalten Lösungen von Säuren, Basen und Salzen in Wasser und sind daher Leiter!

Ursache für das unterschiedliche elektrische Verhalten der Stoffe sind die *freien Elektronen* bei Metallen (Atombindung). Jede Elektronenschale eines Atoms nimmt nur eine bestimmte Anzahl Elektronen auf, wie das Bild 5.4 zeigt: die kernnächste Schale 2, die folgende höchstens 8, die dritte 18, die vierte 32 usw. bis zur 7. Schale. Keine Außenschale kann aber mehr als 8 Elektronen aufnehmen. Meist hat sie weniger, ist also nicht voll besetzt und strebt

daher den stabilen Zustand der Vollbesetzung an. Volle Besetzung erreicht sie, indem sie ihre „freien“ Elektronen an aridere Atome abgibt oder – wenn nur wenige zur Vollbesetzung fehlen – freie Elektronen von anderen Atomen aufnimmt. Leiter haben viele freie Elektronen, Nichtleiter oder Isolatoren dagegen nur sehr wenige. Nichtleiter können praktisch keinen Ladungstransport durchführen. Nicht chemisch reines Wasser enthält Salze und andere Stoffe, auch Säuren und Laugen, deshalb leitet es den elektrischen Strom. Es gelangen negative und positive *Ionen* ins Wasser. Geladene Atome oder Moleküle nennt man Ionen. Eine Flüssigkeit in der sich Ionen befinden, nennt man einen Elektrolyten.



**Bild 5.4** Atom mit Elektronenschalen

**Widerstand.** Leiter lassen den Strom nicht ohne Reibungswiderstand durchfließen. Wir spüren diesen Widerstand daran, dass sich der Leiter erwärmt. Widerstandsmessungen zeigen, dass der Widerstand (Formelzeichen  $R$ ) vor allem vom *Leiterwerkstoff* abhängt. Man spricht deshalb von einem „spezifischen Widerstand“. Kupfer z.B. hat einen geringen spezifischen Widerstand und eignet sich darum besonders gut als Leiter. Eisen hat einen größeren Widerstand, und bei Nichtleitern ist er so hoch, dass bei üblicher Spannung kein Strom mehr fließt.

Der Widerstand eines Leiters wird außerdem von seinem *Querschnitt*, seiner Länge und *Temperatur* bestimmt. Mit zunehmendem Querschnitt verringert sich der Widerstand, mit zunehmender Länge steigt er. Temperaturänderungen wirken sich bei den einzelnen Stoffen unterschiedlich aus.



Der spezifische Widerstand eines Leiters wird nach dem Gesetz

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

errechnet.

- $\rho$  Dichte des Leitermaterials
- $l$  Länge des Leitermaterials
- $A$  Querschnittsfläche des Leiters

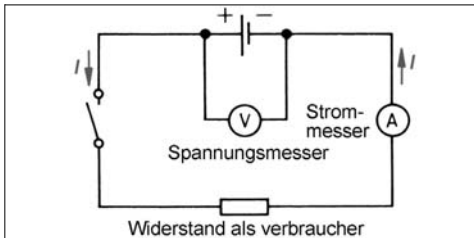
heißt nach dem deutschen Naturforscher Ohm das Ohmsche Gesetz.

**Ohmsche Gesetz**

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}} \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Einheit: } 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ V}}{1 \Omega}$$

**Strom- und Spannungsmesser.** Ein Spannungsmesser wird stets an den Stromkreis (parallel zu Spannungsquelle und Verbraucher), ein Strommesser dagegen in den Stromkreis geschaltet (5.5). Die Einheiten für die drei elektrischen Grundgrößen zeigt Tabelle 5.6.



**Bild 5.5** Schaltung von Strom- und Spannungsmesser

**Ohmsches Gesetz.** Spannung und Widerstand beeinflussen die Stromstärke. Bei gleich bleibendem Widerstand steigt die Stromstärke im gleichen Verhältnis wie die Spannung. Bei gleich bleibender Spannung verringert sich die Stromstärke im umgekehrten Verhältnis zum steigenden Widerstand. Dieses Verhältnis

Durch Umstellen der Formel erhalten wir

$$U = R \cdot I \quad \text{und} \quad R = \frac{U}{I}$$

Sind uns zwei Größen bekannt, können wir nun die fehlende berechnen.

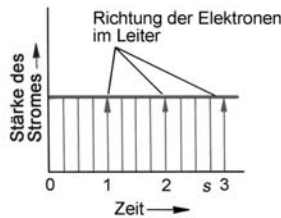
**Beispiel**

Wie groß ist der Widerstand einer Glühlampe mit dem Aufdruck 3,5V/0,2 A?

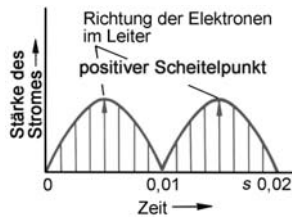
$$R = \frac{U}{I} = \frac{3,5 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 17,5 \Omega$$

**Tabelle 5.6** Stromstärke Spannung, Widerstand

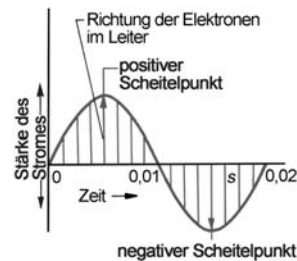
	Formelzeichen	Einheit	Umrechnungen
Stromstärke	$I$	Ampere A	1 A = 1000 mA (Milliampere)
Spannung	$U$	Volt V	1000 V = 1 kV (Kilovolt)
Widerstand	$R$	Ohm $\Omega$ (omega, griech. Buchstabe o)	



**Bild 5.7** Gleichstrom



**Bild 5.8** Pulsierender Gleichstrom



**Bild 5.9** Sinusförmiger Wechselstrom (dargestellt eine Schwingung = Periode)

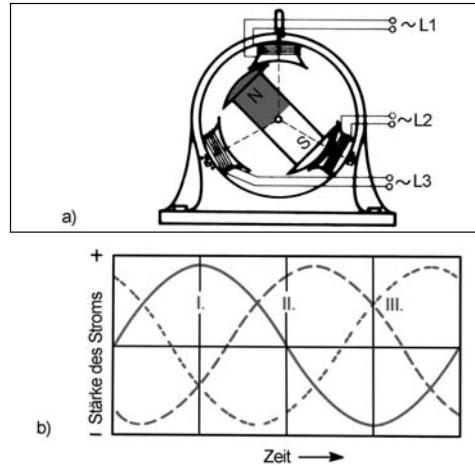
**Spannungsarten.** Wenn die Polung der Spannung unverändert bleibt, ändert sich auch die Stromrichtung nicht sodass sich ein Gleichstrom ergibt (5.7). Die Werte von Gleichspannungen und Gleichstrom bleiben in der Regel gleich (konstant). Wenn sich das durch die Spannung entstehende elektrische Feld in einem bestimmten Takt ändert, sprechen wir von einem pulsierenden Gleichstrom (5.8). Ändert aber die Spannung in einem bestimmten Takt die Polung, ändert sich auch die Stromrichtung, und wir erhalten *Wechselstrom*.

Beim Wechselstrom haben die Klemmen (Pole) abwechselnd Elektronenüberschuss und Elektronenmangel: Wechselspannung und Wechselstrom haben einen sinusförmigen Stromverlauf mit einmal positivem, einmal negativem Scheitelpunkt (5.9). Eine Schwingung entspricht einer Periode des Wechselstroms.

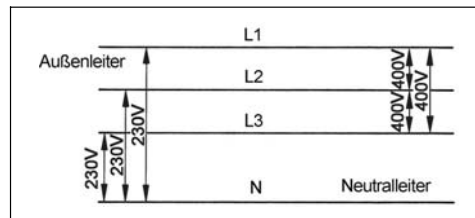
Den Verlauf beider Spannungsarten zeigen die Diagramme 5.8 und 5.9. Die Anzahl der Schwingungen (Perioden) in der Sekunde heißt *Frequenz* und wird nach dem deutschen Naturforscher *Heinrich Hertz* in Hertz (Hz) angegeben.

**Drehstrom.** Um in einem Generator eine Wechselspannung von 1 Hz zu erzeugen, muss das Polrad in 1 Sekunde eine Umdrehung machen (in 1 Minute also 60 Umdrehungen, bei 50 Hz mithin 3000 U/min). Bei 3 räumlich gegeneinander versetzten Spulen entstehen drei Wechselspannungen (5.10a), deren Verlauf zeitlich gegeneinander verschoben ist, wie das Diagramm 5.10b zeigt. ein sich drehendes Magnetfeld (Drehfeld) bildet. Drehstrom ist heute die Regel, weil er sich mit 3 oder 4 Leitern übertragen lässt (3 Außen-, 1 Neutraleiter, 5.11). In einem Drehstrom-Vierleiternetz stehen so zwei verschiedene Spannungen (meist 230V und 400V) zur Verfügung.

Statt eines einfachen Wechselstroms (Einphasenstrom) erhalten wir einen Dreiphasenstrom. Man nennt ihn Drehstrom, weil sich zwischen den drei versetzt angeordneten Magnetspulen



**Bild 5.10** a) Drehstromgenerator, b) die 3 zeitlich gegeneinander verschobenen Ströme des Drehstromsystems



**Bild 5.11** Drehstromübertragung (Vierleiternetz)

Bei Gleichstrom ist die Stromrichtung konstant, bei Wechselstrom ändert sie sich in einem bestimmten Takt (Frequenz). Drehstrom ist ein dreiphasiger Wechselstrom. Drehstromnetze sind heute für die Verteilung elektrischer Energie üblich.

## 5.1.2 Elektromotoren

**Elektrische Leistung und Arbeit.** Elektromotoren setzen die dem Netz entnommene elektrische Energie in mechanische Energie um. Die Leistung  $P$  eines Motors ist seine wichtigste technische Angabe. Sie steht als *Bemesungsleistung* auf dem Leistungsschild (5.12).

Die elektrische Leistung  $P$  ergibt sich aus dem Produkt von Spannung und Stromstärke und hat die Einheit Watt (W). Wird die elektrische Leistung  $P$  eines Motors über eine bestimmte Zeit in Anspruch genommen, wird Arbeit verrichtet. Die elektrische Arbeit  $W$  ist das Produkt von elektrischer Leistung und Zeit. Ihre Einheit ist die Wattsekunde (Ws) oder das Joule (J). Gemessen wird die Arbeit durch den Elektrizitätszähler in Kilowattstunden (kWh).

#### Elektrische Leistung

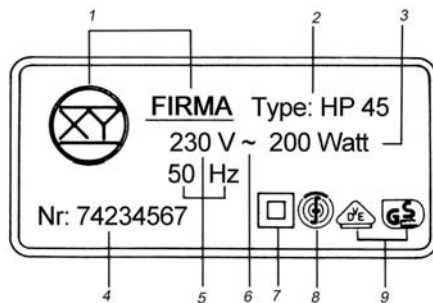
= Spannung · Stromstärke  $P = U \cdot I$

Einheit W (1 kW = 1000 W) 1 W = 1 V · 1 A

#### Elektrische Arbeit

= elektrische Leistung · Zeit  $W = P \cdot t$

Einheit Ws = J (1 Kilowattstunde kWh =  
3600000 Ws oder J) 1 Ws = 1 W · 1 s



**Bild 5.12** Leistungsschild

- 1 Hersteller
- 2 Typ
- 3 Bemessungsleistung
- 4 Geräte- oder Seriennummer
- 5 Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz
- 6 Betriebsmöglichkeit
- 7 Schutzklasse
- 8 Funkstörschutz
- 9 Sicherheitsprüfzeichen

**Wirkungsgrad.** Ein Teil der aufgenommenen elektrischen Leistung wird durch Reibungswiderstände in den Lagern und die Wärmeentwicklung des Elektromotors verbraucht. Die an der Motorwelle zur Verfügung stehende Leistung ist daher um diese Reibungs- und Wärmeverluste verringert. Das Verhältnis der abgegebenen zur aufgenommenen Leistung drückt man durch den Wirkungsgrad  $\eta$  aus (Eta, griech. Buchstabe e). Er ist stets kleiner

als 1 und liegt bei Elektromotoren zwischen 0,7 und 0,9.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{auf}}} \leq 1$$

Um die Wirkungsweise von Gleichstrom-, Wechselstrom- und Drehstrommaschinen zu verstehen, müssen wir vom elektromagnetischen Feld ausgehen.

**Elektromagnetisches Feld.** Ein einfacher Versuch zeigt, dass die Magnetnadel eines Kompasses durch elektrischen Strom aus ihrer Nord-Süd-Richtung abgelenkt wird. Strom hat also eine magnetische Wirkung. Von Dauermagneten (Stabmagneten) wissen wir, dass sie Eisen anziehen, dass sich ihre gleichnamigen Pole abstoßen und die ungleichnamigen anziehen. Ein Versuch bestätigt dies.

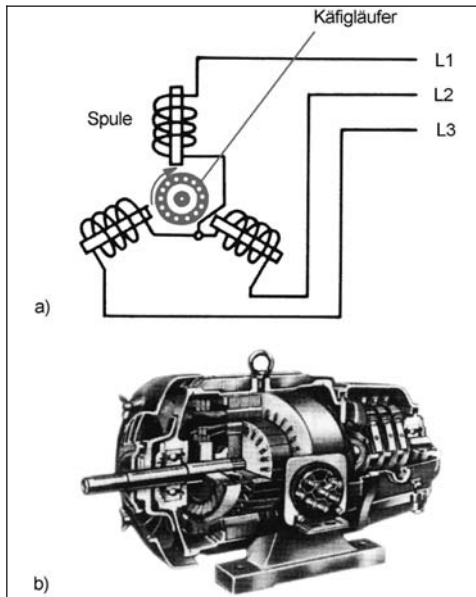
- **Laborversuch** Auf einen mittig durchbohrten, ebenen Karton streuen wir Eisenfeilspäne. Durch das Loch führen wir einen Stromleiter. Was passiert, wenn im Leiter ein Strom fließt?

Die Eisenfeilspäne ordnen sich zu zusammenhängenden konzentrischen Kreisen um den Leiter, und zeigen damit deutlich ein magnetisches Feld an. Dieselbe Wirkung erzielen wir bei einer stromdurchflossenen Spule. Ihre magnetische Wirkung verstärkt sich noch, wenn wir einen Eisenkern in die Spule legen. Bewegen wir in diesem Magnetfeld eine Leiterschleife, entsteht ein Strom.

Stromdurchflossene Leiter sind von einem Magnetfeld umgeben.

**Ein Elektromotor** besteht aus dem fest mit dem Gehäuse verbundenen Ständer und dem sich drehenden Läufer. Durch das vom Drehstrom in der Ständerwicklung erzeugte Drehfeld entsteht ein Strom im Läufer. Sein Magnetfeld erzeugt ein Drehmoment und versetzt so den Läufer in Bewegung. Die entstandene mechanische Energie kann an der Überträgerwelle abgenommen werden. Die Drehfeld-drehzahl des Ständers und die Läuferdrehzahl sind ungleich, deshalb nennt man diesen Motor Asynchronmotor.

**Asynchronmotoren** werden wegen ihres einfachen Aufbaus am häufigsten verwendet (5.13). Sie eignen sich für Geräte und Maschinen mit größeren Leistungen, besonders für Holzbearbeitungsmaschinen. Der unempfindliche, fast wartungsfreie Motor braucht allerdings einen hohen Anlaufstrom beim Einschalten. Deshalb setzt man ihn durch eine Stern-Dreieckschaltung herab ( $\Delta$ ): Der Motor läuft auf der Schaltstufe Stern ( $\star$ ) mit einer Spannung von 230 V an jeder Wicklung an (etwa  $\frac{1}{3}$  Volleistung) und wird bei Erreichen der Bemessungsdrehzahl (gleich bleibendes Motorengeräusch) auf Dreieck ( $\Delta$ ) weitergeschaltet. Dann liegt an jeder Wicklung die volle Bemessungsspannung von 400 V, und der Motor kann seine volle Leistung abgeben.

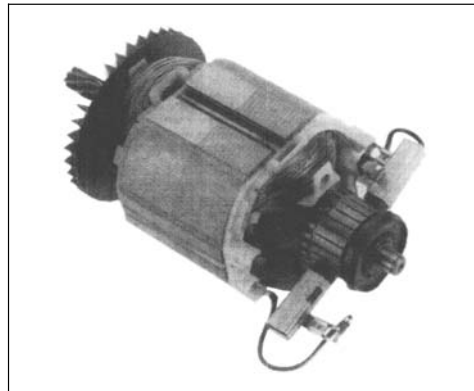


**Bild 5.13** Drehstrom-Asynchronmotor im  
a) Prinzip, b) Schnitt

**Gleichstrommotoren** kommen in unseren Betrieben kaum vor.

**Der Universalmotor** ist für Gleich- und Wechselspannung geeignet und leistet 0,3 bis 1,5 kW. Er wird für Küchengeräte, Staubsauger und Handmaschinen (Bohrmaschine, Handkreissäge) verwendet. Der Läufer besteht meist aus geschichtetem Blech, die Leiterwicklung aus Kupfer (5.14). Über Bürsten, die auf

einem Kollektor schleifen, nimmt der Läufer den Strom auf. Die Drehzahl ist lastabhängig: Beim Einschalten und bei geringer Belastung läuft der Universalmotor mit hoher Drehzahl, bei stärkerer Belastung mit geringerer. Kollektor und Kohlenbürsten sind empfindlich und nutzen sich ab. Ihre Reinigung und Auswechslung sind dem Fachmann vorbehalten. Der Tischler muss aber den Lüftungsschlitz sauber halten.



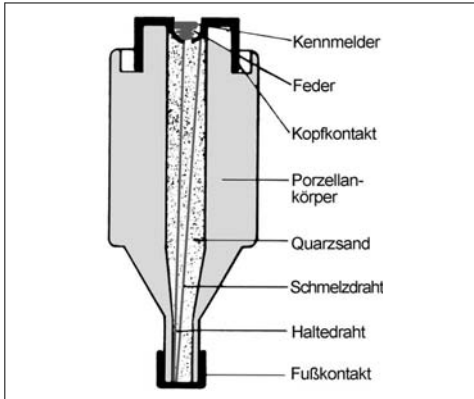
**Bild 5.14** Universalmotor

**Motorschutz.** Bei Überlastung können an den Wicklungen Schäden durch zu starke Erwärmung entstehen. Dagegen sichert man die Motoren durch Motorschutzschalter und Schmelzsicherungen. Die Wärmebeanspruchung wird indirekt über die Stromaufnahme festgestellt.

**Überstromschutz vor Überlastung und Kurzschluss.** Ein Kurzschluss entsteht, wenn man die Pole einer Spannungsquelle nicht über einen Verbraucher, sondern direkt verbindet. Dabei ergeben sich u.U. sehr hohe Stromstärken. Eingebaute „Schwachstellen“ im Stromkreis, wie Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter, unterbrechen in solchen Fällen sofort den Stromkreis.

**Die Schmelzsicherung** besteht aus einer Porzellanpatrone mit Sand und einem dünnen Schmelzleiter aus leicht schmelzbarem Metall (z.B. einer Widerstandslegierung, 5.15). Die Dicke des Schmelzdrahts richtet sich nach dem Querschnitt der zu schützenden Leitung und der für sie zugelassenen Stromstärke. Die

entsprechenden Angaben finden wir auf dem Sicherungseinsatz und zusätzlich durch Farbe gekennzeichnet. Zu unterscheiden sind *flinke* und *träge* Sicherungen. Träge Sicherungen sind weniger wärmeempfindlich als flinke und vertragen kurzzeitig höhere Belastungen. Deshalb eignen sie sich besser für die hohen Anlaufströme der Motoren.



**Bild 5.15** Aufbau einer Schmelzsicherung

**Durchgebrannte Schmelzsicherungen nicht flicken, sondern auswechseln!**

Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) sind Sicherungsautomaten, die den Stromkreis bei Überlastung durch ein Bimetall abschalten. Bei Kurzschluss unterbrechen Auslöser elektromagnetisch sofort den Stromkreis. Wenn der Schaden behoben ist, kann man den Stromkreis wieder einschalten. Reparaturen an LS-Schaltern dürfen nicht vorgenommen werden!

**Tabelle 5.17** Maßnahmen zur Vermeidung und gegen das Bestehen bleiben zu hoher Berührungsspannungen (Auswahl)

Schutz gegen direktes Berühren	Schutzmaßnahmen	
Isolierung aktiver Teile Gitterschutz (z.B. Heizstrahler, Bohrmaschinenkollektor) Abstand (z.B. Freileitung) Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstromschutzeinrichtungen	<b>ohne Schutzleiter</b> Schutzisolierung (5.19a) Schutzkleinspannung Schutztrennung	<b>mit Schutzleiter</b> Schutz durch Abschaltung (im TN-Netz) Fehlerstromschutzschaltung (5.19b)
<b>Schutz bei indirektem Berühren</b> Schutz durch Abschaltung oder Meldung Schutzisolierung Schutztrennung		

### 5.1.3 Unfallschutz

Der menschliche Körper ist, wie wir erfahren haben ein guter Stromleiter. Schon Stromstärken über 0,05 A können lebensgefährlich sein. Sie können bei Spannungen über 50V auftreten. Herzkammerflimmern, Verbrennungen, Zerstörung von Körperzellen, Schocks und Tod sind die Folgen solcher Unfälle.

**Spannung und Strom sind nicht direkt erkennbar und darum besonders gefährlich!**

**VDE-Schutzmaßnahmen.** Für die Installation elektrischer Anlagen sind Schutzmaßnahmen vorgeschrieben und unbedingt einzuhalten. Erarbeitet wurden sie vom Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE). Das VDE-Zeichen auf dem Leistungsschild gewährleistet, dass dieses Gerät oder diese Maschine den Vorschriften entsprechen (5.16). Der Zusatz GS bedeutet, dass auch das „Gesetz über technische Arbeitsmittel“ (Gerätesicherheitsgesetz) erfüllt ist. Tabelle 5.17 nennt die Schutzmaßnahmen.



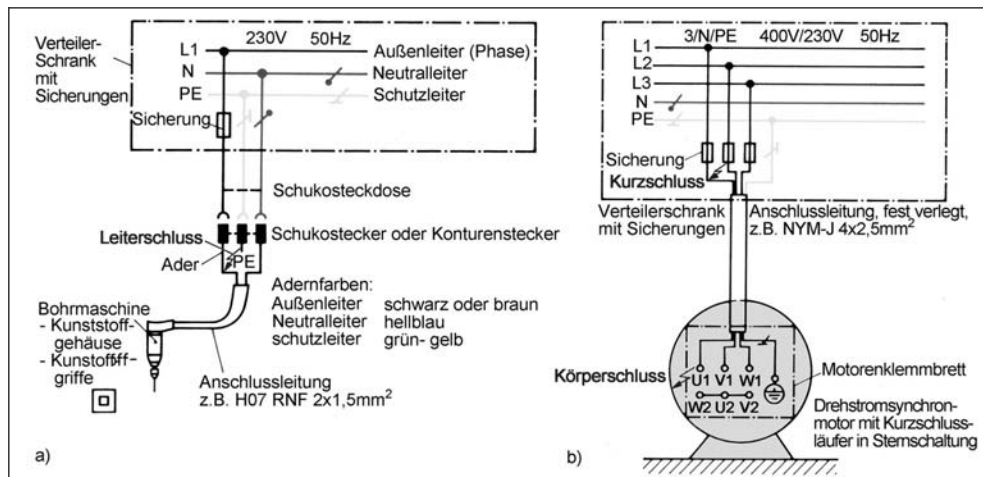
**Bild 5.16** Sicherheitsprüfzeichen

**Feuchtigkeit und Nässe erhöhen die Gefahr bei Berührungsspannung!**

**Isolierung.** Alle spannungsführenden Teile von elektrischen Anlagen und Geräten sind betriebsmäßig so isoliert, dass weder Mensch noch Tier gefährdet werden.

**Die Schutzisolierung (5.18a)** trennt alle spannungsführenden Teile durch eine vollständige und dauerhafte Isolierung von berührbaren Metallteilen. Schutzisolierte Geräte haben meistens eingegossene Stecker, sogenannte Konturenstecker. Die leitfähigen Gehäuse der

elektrischen Betriebsmittel sind an den (grün-gelben) Schutzleiter angeschlossen. Fließt in einem Fehlerfall Strom über das Gehäuse, dann trennt die vorgeschaltete Sicherung das Gerät vom elektrischen Stromnetz (*Schutz durch Abschaltung*).



**Bild 5.18** a) Schutzisolation □, b) Schutzmaßnahme mit Schutzleiter

#### Unfallgefahren und Unfallverhütung

- nur einwandfreie Kabel und Stecker verwenden.
- Reparaturen darf grundsätzlich nur der Fachmann ausführen.
- Heizgeräte nicht unbeaufsichtigt eingeschaltet lassen. Keine leicht brennbaren Stoffe in der Nähe lagern.
- Elektrische Geräte bei Störungen (z.B. schmorende Leitung, Rauch oder Geruch) sofort abschalten.
- Absicherungen nicht verändern.
- Motoren regelmäßig von Schmutz und Staub befreien.

#### Erste Hilfe bei elektrischen Unfällen

- Stromkreis unterbrechen, Strom abschalten.
- Sind Schalter, Sicherungen oder Steckverbindungen nicht erreichbar, muss der Verunglückte aus dem Stromkreis befreit werden. Dazu sich selbst isoliert aufstellen, Hände mit trockenen Tüchern umwickeln.
- An Ort und Stelle künstliche Atmung durchführen- und zwar so lange, bis die Atmung wieder einsetzt oder der sofort herbeigerufene Arzt den Tod feststellt. Wiederbelebungsversuche führen manchmal erst nach mehreren Stunden zum Erfolg.

## 5.2 Arbeitsmaschinen

### Arbeitsauftrag Nr. 31 Lernfeld 2,4,12

Erarbeiten Sie sich die Kenntnisse von Antrieb, Geschwindigkeit und Übersetzungen an Holzbearbeitungsmaschinen einschließlich Kapitel 5.2.2.

Arbeiten Sie nach der „Zweischritt-Methode“.

Arbeiten Sie mit Ihrem Tischnachbarn zusammen.

Unabhängig voneinander beantworten Sie jeweils die Fragen mit geraden Zahlen und ungeraden Zahlen.

Durch Austausch Ihrer Ergebnisse vervollständigen Sie die Lösungen zum Fragenkatalog.

1. Warum werden ortsfeste Holzbearbeitungsmaschinen meist indirekt angetrieben?
2. Welche Vor- und Nachteile haben Flach- und Keilriemen?
3. Was versteht man unter Riemenschlupf?
4. Was versteht man unter dem Umschlingungswinkel?
5. Welcher Geschwindigkeit in km/h entspricht eine Schnittgeschwindigkeit von 63 m/s?
6. Welche Geschwindigkeiten werden bei der Vorschub- und der Schneidbewegung wirksam?
7. Ein Vorschubapparat arbeitet mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 12 m/min. Wie viel lfm Werkstücklänge können in 1 Stunde gesägt werden?
8. Durch welche 3 Maßnahmen kann die Messerschlagbogenlänge  $e$  verändert werden?
9. Erläutern Sie den Begriff Übersetzungsverhältnis.
10. Wie verhindern Sie Unfälle mit Riemenantrieben?

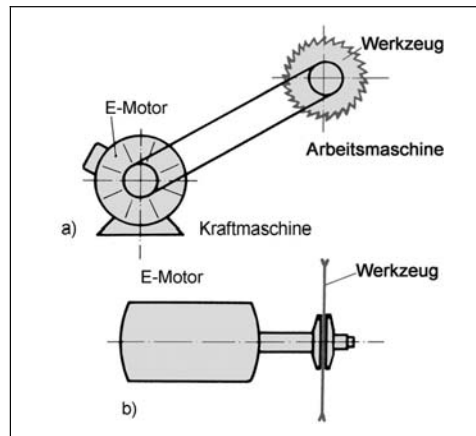
### 5.2.1 Antrieb, Geschwindigkeit, Übersetzung

Arbeitsmaschinen werden von Kraftmaschinen angetrieben. Die Antriebskraft der im Abschn. 5.1.2 behandelten Elektromotoren (Kraftmaschinen) wird direkt oder indirekt über Riemen auf die Arbeitswelle der -maschine übertragen (5.19). Bei Handmaschinen nutzt man wegen der Handlichkeit vor allem den Direktantrieb (Handkreissäge), bei den ortsfesten Holzbearbeitungsmaschinen dagegen den indirekten Antrieb über kurze Riemen,

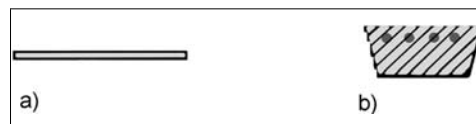
- weil Überlastungen der Arbeitsseite nicht direkt auf den Motor zurückwirken, sondern den Riemen schleifen oder abspringen lassen (Motorschutz);
- weil durch verschiedene Riemenscheibendurchmesser höhere Drehfrequenzen möglich sind.

Zahnrad- und Stirnradantriebe gibt es an unseren Maschinen kaum.

**Riemen** unterscheiden wir nach dem Querschnitt in Flach- und Keilriemen (5.21). *Flachriemen* bestehen aus Leder oder Gummi mit Nylonfaserverstärkung. Sie sind geschichtet aufgebaut und überlappend verklebt. Flachriemen haben einen größeren Schlupf als *Keilriemen*, d.h. höhere Gleitverluste und damit einen geringeren Wirkungsgrad. Der Keilriemen aus Gummi und eingelegten Zugverstärkungen sitzt beim Lauf nicht auf dem Grund der ein- oder mehrrilligen Riemenscheibe auf (5.21).



**Bild 5.19** Antrieb  
a) indirekter Antrieb, b) Direktantrieb



**Bild 5.20** Riemenarten  
a) Flachriemen, b) Keilriemen

Bei Schlupf gleitet der Riemen ohne Haftreibung über die Riemenscheibe. Flachriemen haben einen größeren Schlupf als Keilriemen.

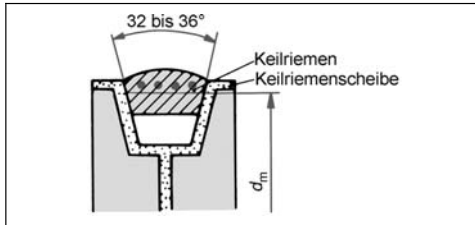
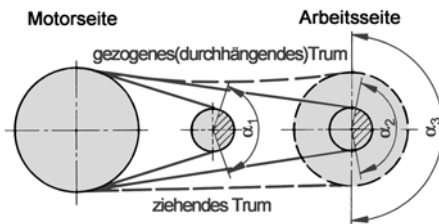


Bild 5.21 Keilriemen mit Scheibe

**Riemenscheibe.** Der Riemen muss beim Lauf eine bestimmte Spannung haben, um die Drehbewegung der (treibenden) Motor-Riemenscheibe durch Reibung auf die (getriebene) Arbeitswelle zu übertragen. Hat ein Riemen nicht genügend Spannung, gleitet er über die Scheibe, hat *Schlupf*. Durch die Motorwippe oder durch Spannrollen kann man die Riemenspannung beeinflussen. Die freilaufenden Riementeile heißen je nach der Drehrichtung ziehendes oder gezogenes Trum, bei der angetriebenen Riemenscheibe entsteht der *Umschlingungswinkel* (Umfassungswinkel, 5.22). Je größer dieser Winkel ist, desto größer ist auch die kraftübertragende Reibfläche, desto kleiner ist andererseits der Schlupf. Abhängig ist der Umschlingungswinkel von den unterschiedlichen Durchmessern und von den Abständen der Riemenscheiben. Bei waagrecht angeordneten Riemenscheibenachsen vergrößert man daher den Umschlingungswinkel zusätzlich, indem man das (durchhängende) gezogene Trum nach oben legt. Auswahl und Anordnung der Riemenscheibendurchmesser beider Wellen richten sich nach der gewünschten Schnittgeschwindigkeit.

Bild 5.22 Umschlingungswinkel ( $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3$ )

Was ist Schnittgeschwindigkeit? Wie kann man sie messen?

**Geschwindigkeit.** Vom Mofa, Moped und Auto her kennen wir alle den Tachometer, der

die Fahrgeschwindigkeit anzeigt. Wenn wir den Geschwindigkeitsmesser kontrollieren wollen, müssen wir eine genau abgemessene Strecke durchfahren und die Zeit stoppen.

#### Beispiel

In 1 min werden 1000 m zurückgelegt = 1 km in 60 min werden  $60 \cdot 1000$  m zurückgelegt = **60 km**

**Fahrgeschwindigkeit also 60 km/h**

Am Anfang und Ende dieser „Geschwindigkeitskontrolle“ stand das Fahrzeug. Also kann die Fahrgeschwindigkeit nicht ständig 60 km/h betragen haben. Nach dem Start muss das Fahrzeug erst beschleunigt und vor dem Ziel wieder gebremst werden. Zeichnen wir den Fahrtverlauf auf, ergibt sich das Bild 5.23. Daraus folgt:

- Die berechnete Geschwindigkeit von 60 km/h ist die Durchschnittsgeschwindigkeit.
- Die Geschwindigkeit lässt sich nur genau berechnen, wenn sie gleichförmig verläuft.

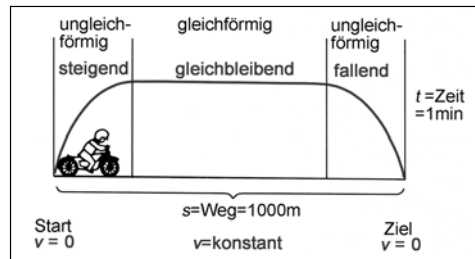


Bild 5.23 Geschwindigkeitstest

Die Formel dafür lautet:

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$$

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{in km/h, m/min oder m/s}$$

Beim Dickenhobeln wird das Brett geradlinig durch die Maschine vorgeschoben, während sich die Hobelmesser kreisförmig bewegen (Messerflugkreis). Auch die Handkreissäge wird geradlinig an das Werkstück herangeschoben, während die Schneiden eine Kreisbewegung machen. Diese Regel gilt für die meisten Holzbearbeitungsmaschinen:

Vorschubbewegung – Vorschubgeschwindigkeit – geradlinig

Schneidebewegung – Umfangs- oder Schnittgeschwindigkeit – kreisförmig



Die Vorschubgeschwindigkeit  $V_f$  berechnet man nach der Grundformel in m je min.

#### Vorschubgeschwindigkeit

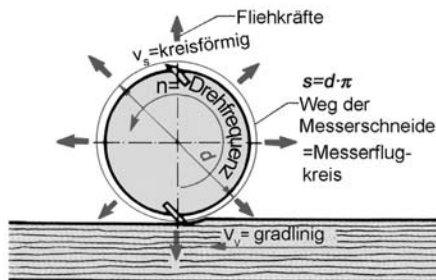
$$V_f = \frac{s}{t} \text{ in m/min}$$

**Die Schnitt- oder Umfangsgeschwindigkeit** der Werkzeugschneiden wird ebenfalls nach der Grundformel berechnet. Wie groß ist dabei der Weg? Nach Bild 5.24 liegt die Schneidenspitze auf dem Messer- oder Schneidenflugkreis. Macht die Hobelmesserwelle eine Umdrehung, hat sie den Umfang des Messerflugkreises zurückgelegt ( $s = d \cdot \pi$ ). Tatsächlich macht die Welle aber in einer Minute nicht nur eine Umdrehung, sondern (beim Direktantrieb) so viel wie die Umdrehungszahl  $n$  des Motors, die auf dem Leistungsschild in 1/min angegeben ist. So bekommen wir die Formel  $s = d \cdot \pi \cdot n$ . In der maschinellen Holzbearbeitung gibt man die Schnitt-/Umfangsgeschwindigkeit nicht wie bei der Metallbearbeitung in m je min, sondern in m je s an. Darum müssen wir das Produkt unserer Formel durch 60 dividieren und erhalten so die vollständige Formel für Holzbearbeitungsmaschinen:

#### Schnitt-/Umfangsgeschwindigkeit

$$V_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ in m/s}$$

$$\text{Faustformel: } V_c \approx \frac{r \cdot n}{1000} \text{ in m/s}$$

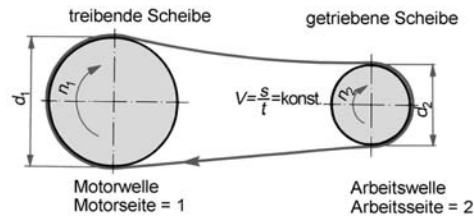


**Bild 5.24** Schnitt-/Umfangsgeschwindigkeit ( $v_c$ ) und Vorschubgeschwindigkeit ( $v_f$ )

**Fliehkräfte.** Fährt man zu schnell in eine Kurve, treiben die Fliehkräfte das Fahrzeug nach außen. Auch bei der kreisförmigen Be-

wegung der Maschinenwerkzeuge wirken die Fliehkräfte radial nach außen, wie Bild 5.24 zeigt. Abhängig sind die Fliehkräfte von der Werkzeumdrehzahl, der Werkzeugmasse und dem Durchmesser des Werkzeugs oder Werkzeugträgers. Je höher diese Werte liegen, desto stärker wirken die Fliehkräfte. Sie belasten vor allem die Schneiden und den Werkzeugträger (Welle). Die nach allen Seiten wirkenden Fliehkräfte müssen gleich groß sein, sonst ist das Werkzeug unwuchtig. Dies ist beim Schärfen und Einbau der Werkzeuge auf den Werkzeugträger zu beachten.

**Übersetzungsverhältnis.** Betrachten wir die Umdrehungen der beiden Riemenscheiben in Bild 5.25 genau, stellen wir fest, dass sich die Scheibe mit kleinerem Durchmesser häufiger um ihre Achse dreht als die Scheibe mit größerem Durchmesser. Sie hat einen kleineren Umfang und legt darum bei einer Umdrehung einen kleineren Weg zurück als die große Scheibe. Folglich muss sie sich häufiger drehen. Da die Zahl  $\pi$  konstant ist, hängt die Umdrehungszahl nur vom Durchmesser der Riemenscheibe ab. Nach Bild 5.25 ergibt sich daraus die Beziehung



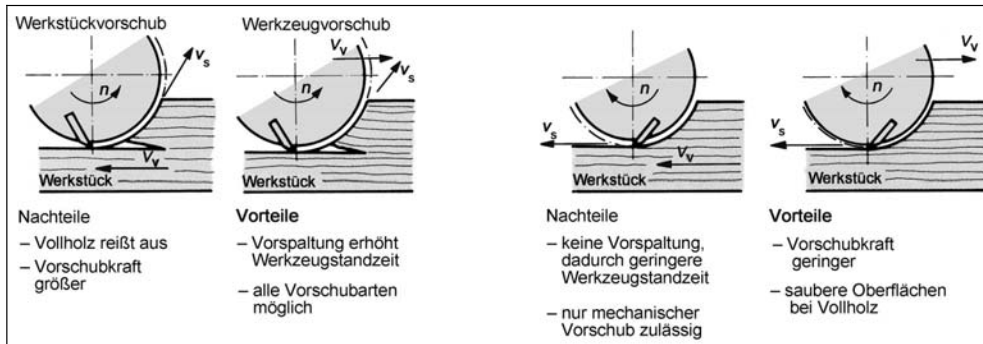
**Bild 5.25** Übersetzungsverhältnis  $d_1 > d_2$   
 $n_1 < n_2$

$$v_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60}; \quad v_2 = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{60}$$

$$v_1 = v_2 = v \quad \text{daher}$$

$$\frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{60}; \quad = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{60}; \quad \frac{\pi}{60}$$

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2 \quad \text{oder} \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$



**Bild 5.26** Schnittbewegung a) im Gegenlauf (gegen die Faser), b) im Gleichlauf (mit der Faser)

Die Durchmesser verhalten sich also umgekehrt wie die Drehzahlen. Setzt man die Drehzahlen beider Scheiben ins Verhältnis ergibt sich das Übersetzungsverhältnis  $i$ .

#### Übersetzungsverhältnis

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{oder} \quad i = \frac{d_2}{d_1}$$

Riemenantriebe sind eine Gefahrenquelle, besonders für den Lernenden. Deshalb prägen wir uns diese Regeln ein:

#### Unfallverhütung

- Riemenantriebe möglichst verkleiden, Verkleidungen nicht entfernen!
- Riemen nur im Stillstand auflegen oder abnehmen!
- Riemen ausreichend spannen, Laufflächen sauber halten!

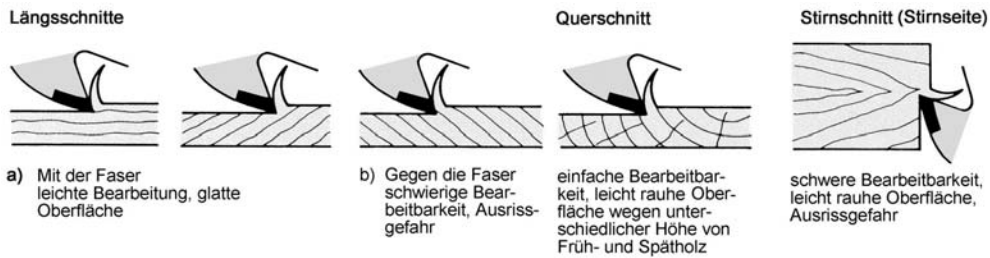
### 5.2.2 Schnittbewegung und Schnittgüte

**Schnittbewegung.** Bei der maschinellen Holzbearbeitung wird der Werkstoff im Gleichlauf oder Gegenlauf zerspant (5.26). Die Maschinenwerkzeuge können sich kreisförmig (rotierend), geradlinig umlaufend oder hin und her bewegen.

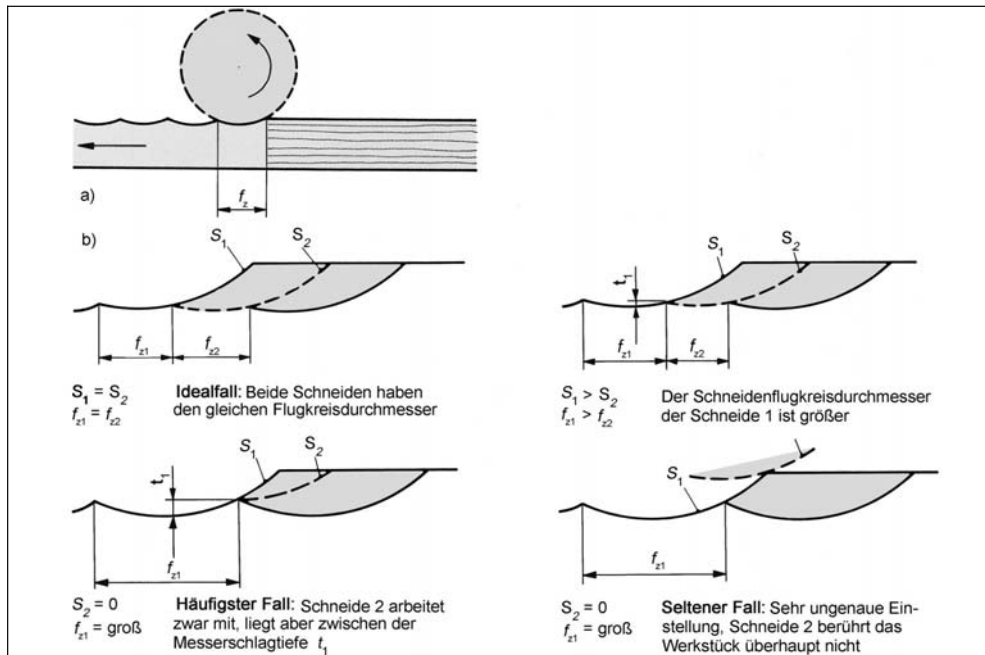
#### Beispiele

Kreissäge – kreisförmig, Bandsäge – geradlinig umlaufend, Stichsäge – geradlinig hin und her

**Schnittgüte.** Nach der Bearbeitung soll die Oberfläche des Werkstücks glatt und eben sein, sodass weitere Bearbeitungen überflüssig sind. Die geradlinig hin und her gehenden Werkzeuge verursachen meist gerissene Späne und darum eine rauhe, nachzubearbeitende Oberfläche. Glatter arbeiten die kreisförmigen Maschinenwerkzeuge. Die Schneidwirkung kann verbessert werden, wenn die Schneiden einseitig oder wechselseitig schräg angeordnet sind (Achswinkel, ziehender Schnitt). Durch die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit kann der Einfluss des Faserverlaufes vermindert und eine bessere Oberflächengüte erreicht werden (Tab. 5.27). Um die Mulden, die durch den Messerschlag der Hobel- und Fräswerkzeuge verursacht werden, möglichst klein zu halten, kann man die Vorschubgeschwindigkeit, die Schnittgeschwindigkeit oder die Schneidenzahl verändern. Die Schneidenzahl ist durch die Bauform des Werkzeugs = Messerwelle mit 2 oder 4 Messern festgelegt. Stellt man die Vorschubgeschwindigkeit zu schnell ein, werden die Abstände der Messerschlagbögen zu groß, und die Oberfläche wird nicht glatt genug (5.28a). Wird sie zu langsam eingestellt, wird die Oberfläche zwar glatt, weil die Messerschlagabstände kaum noch zu erkennen sind – aber die Schneiden arbeiten zu wenig. Sie schaben teilweise nur die Oberfläche. Bei mehreren Schneiden ist es in der Praxis ohnehin schwierig, alle genau auf *einen* Messerflugkreis-Durchmesser einzustellen (5.29b). Maßgebend für die Einstellung sind Werkstückmaterial, geforderte Oberflächengüte sowie Schneidenmaterial und -scharfe.

**Tabelle 5.27** Schnittrichtungen eines rotierenden Werkzeuges bei der Holzbearbeitung

5

**Bild 5.28** Zerspanung

a) Schema, b) unterschiedliche Messerschlagbreiten (Muldenbreiten)  $f$  und -tiefen  $t$  in Abhängigkeit von der Einstellgenauigkeit der Schneidenflugkreise (Schneiden  $S_1$  und  $S_2$ )

## 5.2.3 Unfall- und Gesundheitsschutz

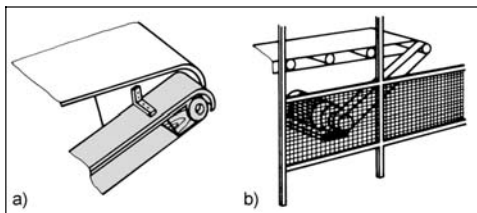
### Arbeitsauftrag Nr. 32 Lernfeld LF 2,4,12

- Erarbeiten Sie sich die Kenntnisse über Unfallschutz und Sägemaschinen einschließlich Kapitel 5.2.4.3. Arbeiten Sie nach der „Dreischritt-Methode“.  
Bilden Sie ein *drei Personen Team* und beantworten Sie jeweils die erste, zweite, dritte Frage usw.
- Vervollständigen Sie Ihren Lernkartei Ordner indem Sie die Arbeitsergebnisse austauschen und sichern.
  1. Wozu verwendet man Tischbandsägemaschinen?
  2. Erläutern Sie die Arbeitsweise der Tischbandsägemaschinen.

3. Wozu dient der Schiebestock?
4. Wozu dient die Tischkreissägemaschine?
5. Erläutern Sie den Aufbau der Tischkreissägemaschine.
6. Welche Sägezähne gibt es für Tischkreissägemaschinen?
7. Nennen Sie die Sicherheitseinrichtungen der Tischkreissägemaschine.
8. Welche unfallverhütende Vorrichtungen gibt es noch?
9. Was bedeuten RS und HM?
10. Wie muss die Schnitthöhe bei der Tischkreissägemaschine eingestellt werden?
11. Erläutern Sie das Besäumen und Auftrennen mit der Tischkreissägemaschine.
12. Wie sind schmale Werkstücke an der Tischkreissägemaschine zu bearbeiten?
13. Wie schneiden Sie auf der Tischkreissägemaschine kurze Werkstücke quer?
14. Welche Bedingungen muss der Spaltkeil erfüllen?
15. Wie groß darf die Durchtrittsöffnung für das Sägeblatt am Tisch höchstens sein?
16. Welche Vorschriften gelten für den Parallelanschlag?
17. Warum müssen Stahlsägeblätter regelmäßig geschärft und geschränkt werden?
18. Woran erkennen Sie ein überhitztes Sägeblatt? Warum dürfen Sie es nicht mehr verwenden?
19. Warum werden HM-bestückte Sägeblätter nicht geschränkt?
20. Welchen Vorteil haben HM-bestückte Sägeblätter gegenüber anderen Sägeblättern?
21. Nennen Sie spezielle Kreissägemaschinen und ihre Aufgaben.
22. Zu welchen Arbeiten setzen Sie die Handkreissägemaschine ein?
23. Was müssen Sie beim Arbeiten mit der Handkreissägemaschine beachten?
24. Welche Sägemaschine nehmen Sie, um Ausschnitte auszusägen?

5

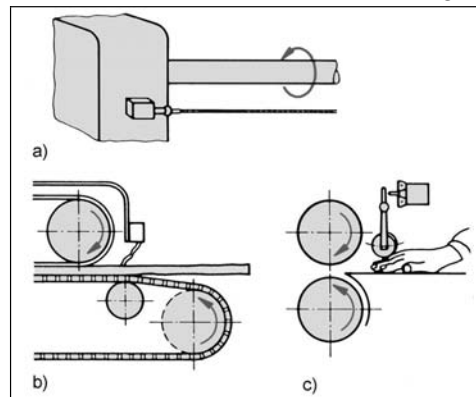
Nur 20 % der Unfälle bei der Holzbearbeitung werden durch Material, Transport oder Maschinen verursacht – 80 % verursacht der Mensch selbst! Besonders gefährdet sind die Hände.



**Bild 5.29** Schutzvorrichtungen an Holzbearbeitungsmaschinen  
a) Verdeckung eines Riemenantriebs,  
b) Umwahrung eines Riemenantriebs

**Vorbeugender Unfallschutz.** An kraftbewegten Maschinenteilen können böse Quetsch-, Scher-, Schneid-, Stich-, Stoß-, Fang-, Einzug- und Auflaufstellen entstehen. Die beabsichtigte oder unbeabsichtigte Berührung solcher Teile muss durch Verkleidung, Verdeckung (Bild 5.29a), Umwahrung (5.29b) oder Schaltfunktionen ausgeschlossen werden. Wichtigste Aufgabe des vorbeugenden Unfallschutzes ist es daher, Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen und Verkleidungen sicher, einfach in der

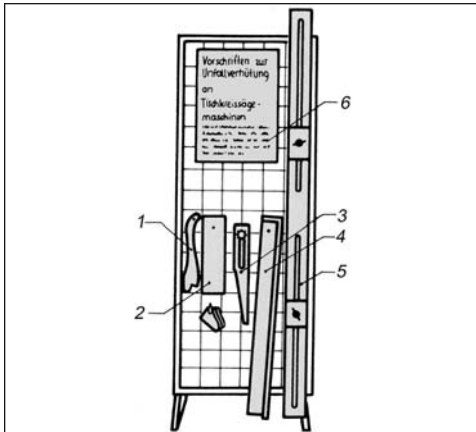
Handhabung und aufeinander abgestimmt zu konstruieren. Die Hersteller müssen die entsprechenden Vorschriften befolgen – aber auch der Tischler, Holzmechaniker und Fensterbauer die Unfallverhütungsvorschriften bei Maschinenarbeiten kennen und strikt befolgen!



**Bild 5.30** Sicherung an Holzbearbeitungsmaschinen  
a) Gefahrenschalter bei mechanischem Vorschub (z.B. am Doppelendprofiler)  
b) Tastschalter bei mechanischem Vorschub (z.B. an der Breitbandschleifmaschine)  
c) Kontaktleiste (z.B. an der Vierseitenhobelmaschine)

Dazu gehört, dass die Schalter (Sicherungsmöglichkeiten) abschalten bzw. abschaltbar sind, bevor die Gefahrenstelle erreicht wird (5.30). Schutz- und Arbeitsvorrichtungen müssen übersichtlich und rasch greifbar unmittelbar neben den Maschinen angeordnet werden. Nach Gebrauch werden sie sofort wieder an den vorgesehenen Platz gelegt (Umrisse markieren, 5.31).

Aber nicht nur durch Unfallgefahren der Maschinen wird der Mensch bedroht. Die zunehmende Automatisierung unseres Lebens, der wachsende Straßenverkehr – aber auch die übermäßig laute Unterhaltungsmusik in Diskotheken verursachen unerträglichen Lärm.



**Bild 5.31** Vorrichtungseinheit für Schutz- und Arbeitseinrichtungen (z.B. Tischkreissäge)

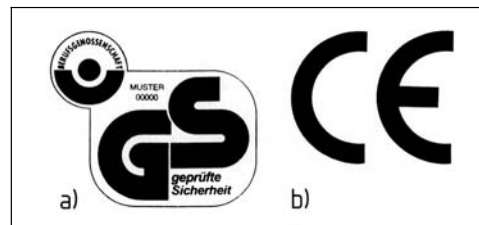
- 1 Schiebepfosten
- 2 Schiebepfosten für schmale Leisten
- 3 Abweisleiste für kleine abgeschnittene Stücke
- 4 Hilfsanschlag für schmale Werkstücke
- 5 Anschlag für Einsetzschnitte
- 6 Informationsplakat der Berufsgenossenschaft

„Berufskrankheit Lärm“ (s.a. Abschn. 10.2.4). Wer jahrelang täglich mehrere Stunden Lautstärken über 85 dB ertragen muss, hat mit unheilbaren Gehörschäden, ja Taubheit zu rechnen. Dieser Geräuschpegel wird von Holzbearbeitungsmaschinen in der Regel weit überschritten. Die Unfallverhütungsvorschrift „Lärm“ legt daher für alle Unternehmen ver-

bindliche Richtlinien fest. Danach hat der Unternehmer alle Lärmbereiche zu ermitteln und zu kennzeichnen, in denen der Geräuschpegel 90 dB oder mehr beträgt. Er muss den dort Beschäftigten persönliche Schallschutzmittel (Gehörschutzstöpsel oder -kapsel) zur Verfügung stellen, die jeder Mitarbeiter benutzen *muss*. Außerdem dürfen in Lärmbereichen nur Personen beschäftigt werden, die durch Vorsorgeuntersuchungen überwacht werden und gegen deren Tätigkeit keine ärztlichen Bedenken bestehen.

Die Zunahme der maschinellen Holzbearbeitung erhöhte auch die Staub- und Späneentwicklung und führte zu immer aufwendigeren Absauganlagen. Von Holzstaub und Holzspänen am Arbeitsplatz gehen verschiedene Gefahren aus (s. Abschn. 11).

Um die Gesundheit der Mitarbeiter im Betrieb zu erhalten, wurden Grenzwerte der Staubkonzentration in der Atemluft am Arbeitsplatz (MAK-Werte für verschiedene Stoffe) festgelegt, die im Jahresmittel nach dem heutigen Stand der Technik nicht überschritten werden dürfen. Außerdem gibt es Grenzwerte für den Reststaubgehalt der zurückgeführten Reinaluft bzw. bei der Abluft ins Freie, von Absauganlagen (s. Abschn. 11). Diese Grenzwerte werden immer wieder überprüft und dann gegebenenfalls dem neuesten Stand angepasst. Neugeplante Absauganlagen sollten deshalb so ausgelegt werden, dass sie diese Grenzwerte möglichst weit unterschreiten, um auch dann noch dem Stand der Technik zu entsprechen, wenn diese Werte abgesenkt oder sich durch zusätzlich angeschlossene Maschinen der Reststaubgehalt geringfügig erhöht. Die Holzbearbeitungsbetriebe werden regelmäßig beraten und kontrolliert durch den Technischen Aufsichtsdienst der Holz-Berufsgenossenschaft und durch die örtlichen Gewerbeaufsichtsämter.



**Bild 5.32** a) GS-Zeichen, b) CE-Zeichen

### Grundsätze des vorbeugenden Unfallschutzes

- Die Unfallverhütungsvorschriften der Holz-Berufsgenossenschaft (Plakate) sind unmittelbar neben den jeweiligen Maschinen auszuhängen.
- Die Anleitung zur Ersten Hilfe sollte zentral ausgehängt werden.
- Der Unternehmer hat die Versicherten über die Vorschriften zu unterrichten, sie einzuweisen und die Benutzung der Schutzvorrichtungen zu veranlassen. Er muss die Betriebseinrichtung (Maschinen und Werkzeuge) auf dem Stand der Technik (Vorschriften) einrichten und erhalten. Die Kennzeichnung geprüfter Maschinen mit GS-Zeichen (1) (geprüfte Sicherheit) bzw. CE-Zeichen (2) (auf europäischer Ebene) (5.32).
- Der Arbeitnehmer hat die Unfallverhütungsvorschriften und die Anweisungen des Unternehmers zu befolgen und damit für seine und seiner Kollegen Sicherheit zu sorgen.
- Die Feuer- und Brandschutzvorschriften sind zu beachten.
- Das Rauchverbot ist strikt einzuhalten, Alkoholgenuß zu unterlassen.
- Vorgeschrieben sind persönliche Schutzausrüstungen wie eng anliegende Arbeitskleidung, Schutzbrille bei Gefahr von Augenschädigungen, Gehörschutz im Lärmschutzbereich sowie Handschuhe beim Umgang mit ätzenden Stoffen.
- Erste Hilfe: In jedem Betrieb muss ein Verbandskasten vorhanden sein. Offene Wunden verbinden. Fremdkörper nur vom Arzt entfernen lassen. Bei stumpfen Bauchverletzungen sofort den Arzt rufen.

### Unfallschutz an Maschinen

- Maschinen und Geräte dürfen nur von Befugten benutzt werden. Jugendliche unter 16 Jahren dürfen nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz nicht an Maschinen beschäftigt werden. Jugendliche über 15 Jahren dürfen an einer Maschine arbeiten, wenn die Tätigkeit zur Erreichung des Ausbildungsziels erforder-

lich ist und unter Aufsicht eines fachkundigen Mitarbeiters geschieht.

- Werkstücke müssen sicher aufliegen und geführt werden oder fest eingespannt sein!
- Die vom Hersteller angegebene Drehzahl darf nicht überschritten bzw. unterschritten werden!
- Vor dem Beseitigen von Störungen, vor Wartungs- und Reinigungsarbeiten grundsätzlich Maschine stillsetzen und gegen unbefugtes Einschalten sichern!
- Umgang mit Druckluft: Größere Druckbehälter alle 4 Jahre durch den TÜV kontrollieren lassen, Behälter gegen unbeabsichtigtes Auslösen der Spannvorrichtungen sichern. Das Abblasen am Körper ist verboten.

5

## 5.2.4 Sägemaschinen

Die modernen Tischlereien und Industriebetriebe arbeiten mit Säge-, Hobel-, Fräs-, Schleif-, Bohr- und Sondermaschinen. Aufbau und Wirkungsweise dieser Maschinen müssen Sie kennen, um die Maschinen richtig einzusetzen.

**Arten.** In holzbearbeitenden Betrieben gibt es je nach Verwendungszweck sehr verschiedene Sägemaschinen. Ein Teil gehört zur Grundausstattung jedes Betriebs, andere sind auf ganz bestimmte Arbeiten spezialisiert.

### Grundausstattung

Tischband-, Tischkreissägemaschine  
Kapp-, Sticksägemaschine  
Handkreissägemaschine  
Schattenfugensägemaschine

### Spezialausstattung

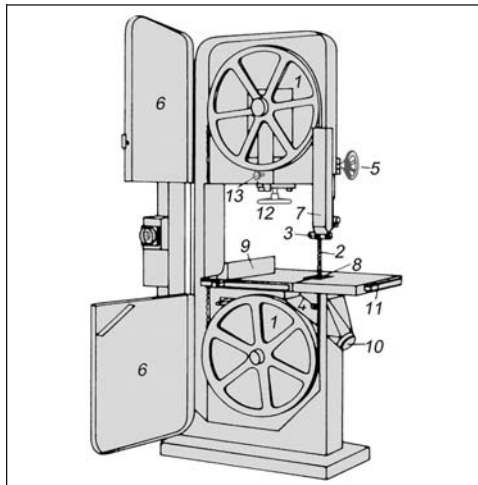
Besäumkreissägemaschine  
Vielblattkreissägemaschine  
Doppelabkürz-Kreissägemaschine  
Zapfenschneid- und Schlitzmaschine  
Plattenformat-Kreissägemaschine  
Pendelkreissägemaschine  
Füge-Feinschnittmaschine

### 5.2.4.1 Tischbandsägemaschine

Die Tischbandsägemaschine gibt es in ortsfester und fahrbarer Ausführung. Sie dient zum Zuschneiden, Ablängen, Besäumen, Auftrennen, Schlitzen und Schweißen.

**Aufbau.** Der Ständer trägt den gusseisernen Tisch, die Sägerollen, den Motor und die Schutzvorrichtungen (5.33). Der Säge Tisch ist bei einigen Ausführungen bis 45° abschwenkbar. Er hat einen verstellbaren Anschlagwinkel, manchmal auch eine Schwalbenschwanzführung für das Gehrungslinéal.

Die Laufrollen sind ausgewuchtet und haben 300 bis 1000 mm Durchmesser. Ihr Umfang ist mit einer Bandage aus Gummi oder Kork versehen, um die Sägezähne zu schonen und die Reibung zu erhöhen. Das Sägeblatt läuft in einem mit einer Einlage (Holz, Kunststoff, Aluminium) ausgekleideten Schlitz des Säge tisches.



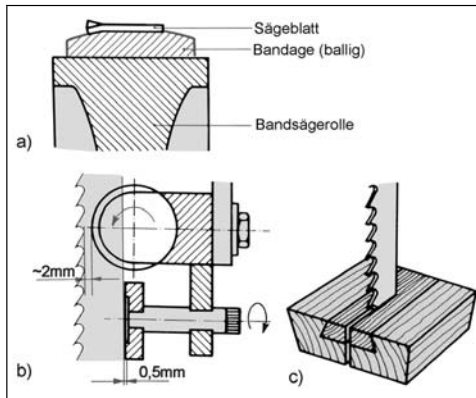
**Bild 5.33** Tischbandsägemaschine

- 1 Bandsägerollen
- 2 abwärtslaufender Teil des Sägeblattes
- 3 obere Sägeblattführung
- 4 untere Sägeblattführung
- 5 Verstellung der oberen Sägeblattführung
- 6 Verkleidung der Bandsägerollen
- 7 verstellbare Verdeckung des Sägeblattes
- 8 Tischeinlage
- 9 Parallelanschlag
- 10 Absaugstutzen
- 11 Befestigungsschiene für Tischvergrößerung
- 12 Spannvorrichtung für das Bandsägeblatt
- 13 Neigungsverstellung der oberen Bandsägerolle

Obere und untere Bandsägenrollen-Verkleidung müssen so ausgeführt sein, dass die Bandsägenrollen bei Stillstand der Maschine kontrolliert und gereinigt werden können.

**Arbeitsweise.** Angetrieben wird die Tischbandsäge direkt oder indirekt über Keilriemen auf der unteren, fest gelagerten Sägerolle. Die obere Rolle ist beweglich und elastisch gelagert, damit sich die Blattspannung mit einem Handrad regulieren lässt und Stöße aufgefangen werden. Die Bandgeschwindigkeit liegt zwischen 19 und 29 m/s. Die leicht ballige Form und das Material der Sägerollenbandage sichern einen ruhigen Lauf und ein selbsttätiges Ausrichten des laufenden Sägeblatts zur Bandagenmitte hin. Die geschränkten Sägezähne liegen frei auf der Bandage. Über und unter dem Säge Tisch wird das Sägeblatt geführt. Im Tisch sind Hartholzplättchen eingesetzt, die obere Führung ist wegen der unterschiedlichen Schnitthöhen verstellbar. Sie soll immer knapp über dem Werkstück sitzen. Dazu gibt es verschiedene Ausführungen. Sie haben eine rückwärtige und zwei seitliche Führungsrollen (5.34). Die rückwärtige Rolle (am Sägeblattrücken) läuft nur beim Sägen mit. Die seitlichen Rollen dürfen die Sägezähne auch beim Sägen nicht berühren. Durch die große Masse der beiden Bandsägenrollen dauert es etwas länger, bis das Bandsägeblatt nach dem Einschalten die Bemessungsdrehzahl erreicht.

**Das Bandsägeblatt** aus unlegiertem Werkzeugstahl (WS) richtet sich in den Abmessungen nach dem Rollendurchmesser und der Sägeaufgabe. Die Blattdicke soll  $\frac{1}{1000}$  des Rollendurchmessers nicht überschreiten, sonst besteht Bruchgefahr. Löt- oder Schweißstellen (Verbindungsstellen) sind Schwachstellen! Sie müssen sauber gearbeitet und dürfen kaum sichtbar sein. Die Zahnform hängt vom Werkstoff ab und ist meist auf Stoß geschärft. Der Zahngrund muss rund geschliffen sein, damit das Sägeblatt nicht einreißt und die Späne besser transportiert werden. Wegen der Lauf ruhe dürfen die Sägeblätter nicht schlagen und werden daher maschinell geschärft und geschränkt. Die Schränkweite beträgt in der Regel das Eineinhalbfache der Blattdicke. Für feuchtes, weiches Holz wählt man eine größere Schränkweite als für hartes und trockenes.



**Bild 5.34** Sägeblatt  
a) Bandage, b) obere Sägeblattführung, c) Hartholzplättchen im Tisch eingelassen

**Für Schweifarbeiten** verwendet man ein schmales, gut geschränktes und geschärftes Sägeblatt (5.35). Seine Breite wird vom kleinsten Krümmungsradius des vorgesehenen Schnittverlaufs bestimmt. Die obere Blattführung stellen wir so tief herab, wie es die Werkstückdicke zulässt. Beim Zurückziehen in der Schnittfuge besteht die Gefahr, dass das Bandsägeblatt abspringt und reißt. Einschnitte quer zur Schweifung erleichtern die Arbeit und verringern die Unfallgefahr.

**Beim Auftrennen am Anschlag** nehmen wir ein breites Sägeblatt. Den Parallelanschlag richten wir nach dem Sägeblatt aus. Zum sicheren Führen schmaler Werkstücke dient ein Zuführholz, zum sicheren Verschieben ein Schiebestock.

**Unfallverhütung.** Das Sägeblatt von Tischbandsägen ist bis auf die größtmögliche Schnitthöhe verkleidet und darf beim Reißen nicht herauschlagen. Bis auf den Schneidbereich muss es innerhalb der größtmöglichen Schnitthöhe verdeckt sein. Die Verdeckung reicht über die Zahnung und die äußere Blattseite und ist höhenverstellbar. Bei Bandsägemaschinen mit einem Rollendurchmesser über 315 mm ist die obere Blattführung mechanisch zu verstellen. Vorgeschrieben sind Bremseinrichtungen, die das Sägeblatt innerhalb von 10 Sekunden zum Stillstand bringen.



**Bild 5.35** Arbeiten an der Bandsägemaschine

Die Absenkung der Werkstatttemperatur während der Wintermonate, z.B. am Wochenende und in der Urlaubszeit kann, zu Spannung im Sägeblatt führen. Bandagen und lagen werden geschädigt.

#### Arbeitsregeln und Unfallverhütung

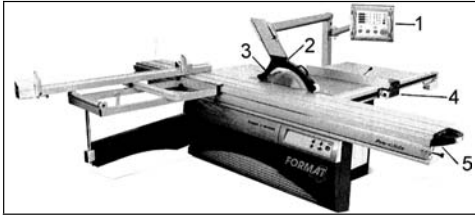
- Sägeblatt bis auf den Schneidbereich verdecken.
- Rundhölzer drehsicher einspannen.
- Finger beim Sägen stets geschlossen seitlich vom Sägeblatt halten!
- Kurze Werkstücke mit dem Schiebstock vorschieben, beim Hochkant-schneiden mit der Winkelstütze arbeiten!
- Späne und Holzsplitter absaugen.
- Bei langen Betriebspausen z.B. Urlaub Sägeblatt entspannen u. kennzeichnen.

**Andere Bandsägearten** sind die ebenso aufgebauten, aber schwereren und größeren Trennband- und Blockbandsägemaschinen. Sie sind mit breiten Spezialsägeblättern bestückt.

#### 5.2.4.2 Tischkreissägemaschine

Die Tischkreissäge ist eine der wichtigsten und leider auch unfallreichsten Maschinen in der Tischlerei. Jeder holzbearbeitende Betrieb braucht sie als Universalmaschine für alle vorkommenden Sägearbeiten wie Quer-, Längs- und Formatschnitte, zum Besäumen, Zuschneiden, Ablängen. Mit der Tischkreissägemaschine können wir auch Nuten, Fälzen, Schlitz und Zapfen herstellen.





**Bild 5.36** Formatkreissägemaschine

1. Bedienfeld
2. Schutzhaube mit Absaugung
3. Spaltkeil
4. Parallelanschlag
5. Rolltisch mit Teleskop-Queranschlag

### Tischkreissägemaschine

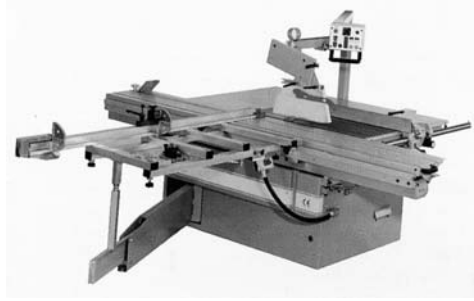
Typisch für die Tischkreissäge ist der über dem Maschinenständer angeordnete allseitig geschlossene Maschinentisch mit der Austrittsöffnung für das Sägeblatt in der Mitte. Da das Werkstück beim Bearbeiten über den Tisch bewegt wird, ist bei großen Formaten oft keine sichere Auflage gewährleistet, Besäumschnitte erfordern besondere Führungsvorrichtungen. An den kastenförmigen Maschinenständer lässt sich seitlich ein Rolltisch anbringen, der die Auflagefläche vergrößert.

### Formatkreissäge

In holzverarbeitenden Betrieben hat sich heute als Grundaustattung die Formatkreissäge wegen ihrer Vielseitigkeit, Eignung für Besäumschnitte sowie hohen Präzision bei Format- und Parallelschnitten weitgehend durchgesetzt.

**Aufbau.** Charakteristisch ist der neben dem Maschinentisch geführte Doppelrollwagen, auf dem das Werkstück während der Bearbeitung fest aufliegt. Die Antriebsaggregate und die Mechanik zur Höhen- und Schrägverstellung sind staubgeschützt im Maschinenständer angebracht. Seitenanschlag, Höhen- und Schrägverstellung sind heute weitgehend motorgetrieben. Die Bedienelemente sind in einem drehbaren Schaltkasten oberhalb der Arbeitsfläche übersichtlich und gut erreichbar angeordnet. Digitale Anzeigen ermöglichen hohe Präzision und Zeitersparnis. Für Parallelschnitte und zum Besäumen liegt das Werkstück fest auf dem Zuschneidewagen (Doppelrollwagen mit Aluprofilen), für Querschnitte auf einem

Querschlitten, der am Rollwagen eingehängt und durch einen Teleskoparm abgestützt wird. Mit ausziehbaren Längenanschlüssen bis 3200 mm sind auch großformatige Platten millimetergenau und sauber zuzuschneiden. Mit Hilfe eines Gehrungsanschlages kann man Gehrungsschnitte auf dem Querschlitten ausführen. Rechts vom Sägeblatt befindet sich der Parallelanschlag. Das gewünschte Maß für den Breitenzuschritt wird auf einer Tastatur eingegeben, nach Knopfdruck wird der Anschlag automatisch positioniert. Für Schrägschnitte und große Platten nimmt man den Anschlag ab. Für beschichtete Platten kann ein Vorritzaggregat eingebaut werden, das ein ausrissfreies Schneiden an der Unterseite beidseitig beschichteter Platten ermöglicht. Das Material wird vom Vorritzer nur ca. 2 mm eingeschnitten und dann vom Hauptblatt durchtrennt. Hauptblatt und Blatt des Vorritzers müssen dabei in genauer Flucht liegen.



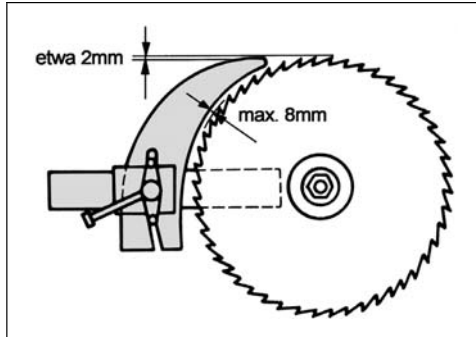
**Bild 5.37** Formatkreissägemaschine

Zur Kraftübertragung vom Motor zur Sägewelle dient ein Keilriemen. Durch manuelles Umliegen des Riemens oder Polumschaltung des Motors lässt sich die gewünschte Drehfrequenz einstellen (Berücksichtigung von Materialart und Sägeblatt).

### Zur sicherheitstechnischen Grundaustattung jeder Tischkreissägemaschine gehören

- ein Spaltkeil, gegen Kippen gesichert, senkrecht und waagrecht verstellbar (5.38). Er verhindert, dass das Werkstück verklemmt und zurückschlägt.
- die Schutzhaube, getrennt vom Spaltkeil befestigt (5.40), als Sicherung gegen Berühren des Sägeblatts und gegen herausfliegende Späne.
- das bis auf die Schnittstelle oben und unten vollständig verkleidete Sägeblatt.

- Absaugung von Spänen und Staub am Sägeblatt von oben und unten.
- Beträgt der Abstand zum Anschlag weniger als 12 cm, benutzen wir den Schiebestock zum Vorschieben. Eine Abweisleiste verhindert, dass kurze Werkstücke zurückschlagen. Für die sichere Führung sorgen Anschlag, Keilschneidbrett und Besäumniederhalter.



**Bild 5.38** Spaltkeil

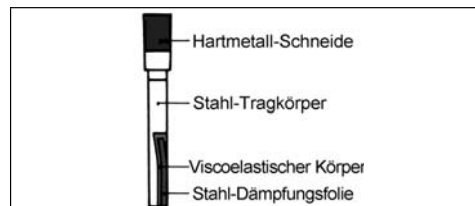
**Tabelle 5.39a** Schnittgeschwindigkeit (Richtwerte)

<b>Stahlsägeblätter (HSS)</b>	60 m/s
<b>Verbundsägeblätter (HM-bestückt)</b>	
Längsschnitt, Vollholz	80 bis 90 m/s
Querschnitt, Vollholz	70 bis 80 m/s
Span- und Sperrholzplatten	70 bis 80 m/s
Kunststoffbeschichtete Platten	70 m/s
Kunst- und Schichtstoffplatten	70 bis 80 m/s
Nichteisenmetalle (AL)	20 bis 50 m/s

**Sägeblatt.** Die Wahl des Sägeblatts richtet sich nach dem Werkstoff, der Schnittgeschwindigkeit und der Schnittgüte. Heutige Maschinen erlauben Blattdurchmesser bis zu 450 mm bei einem Bohrungsdurchmesser von 30 mm. Auch die Sägezahnform wird vom Werkstoff bestimmt. Man unterscheidet Tragkörper (Grundkörper) und das Schneidenmaterial. Sägeblätter aus *einem* Material bestehen aus legiertem und unlegiertem Werkzeugstahl („Einteilige Werkzeuge“, SP, HLS). Bei „Verbundwerkzeugen“ setzt man mit Hartmetall (HM) oder polykristallinem Diamant (PKD) bestückte Sägeblätter ein.

**Tabelle 5.39b** Verbundkreissägeblätter

Schneidplattenformen	Verwendung und Ausführungsbeispiele
FZ = Flachzahn 	Längs- und Querschnitte in Vollholz, Platten 
WZ = Wechselzahn 	Trenn- und Formatschnitte in Vollholz, Pressschichthölzer 
HZ = Hohlzahn 	Trenn- und Formatschnitte in Platten mit und ohne Belag 
TZ = Trapezzahn 	Trennschnitte in Platten mit Belag, Kunststoffprofile 
ES = einseitig spitz 	Trenn- und Formatschnitte in Vollholz, quer zur Faser 



**Bild 5.39c** Antischall-Sägeblatt

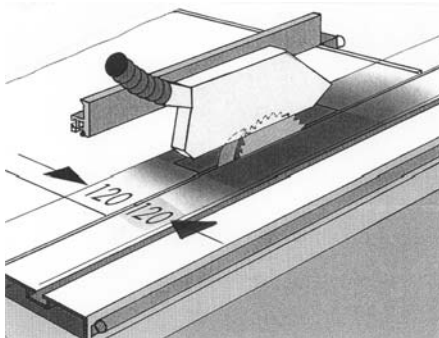
Hartmetall bestückte (HM-)Zahnformen können für fast alle Werkstoffe eingesetzt werden. Sie haben eine erheblich höhere Standzeit als Blätter aus Werkzeugstahl und gleichen dadurch die höheren Anschaffungskosten wieder

aus. Bis 4 mm Schnittbreite eignen sie sich für alle Vorschubarten. Die verschieden angeschliffenen Schneideplättchen können auf den Tragkörper des Sägeblatts aufgeklebt oder aufgelötet sein. Sie verjüngen sich zur Sägeblattmitte hin und sind immer breiter als die Sägeblattdicke. Deshalb müssen die Sägezähne nicht geschränkt werden. Als Zahnform dient der Wolfszahn. Das Antischall-Hartmetall-Kreissägeblatt reduziert den Lärm um ca. 10 dB. Dies wird erreicht durch eine einseitig in den Stahlgrundkörper des Sägeblattes versenkte viskoelast. Schicht abgedeckt mit einer Stahldämpfungsfolie (5.39c).

## 5

**Arbeitsregeln**

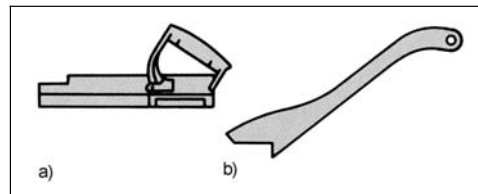
- Nur scharfe und gleichmäßig geschränkte Sägeblätter verwenden! Sägeblätter sorgfältig und nicht zu fest aufspannen.
- Spaltkeil auf das richtige Maß einstellen (maximal 8 mm Abstand zum Sägekranz).
- Schutzhaube entsprechend der Werkstückdicke einstellen (5.40).
- Schnitthöhe so einstellen, dass der Zahnkranz das Werkstück maximal 10 mm überragt. Günstigste Schnittgeschwindigkeit 70 bis 80 m/s, bei HM 100 m/s.
- Arbeitsstellung einnehmen, Körper außerhalb des Gefahrenbereichs. Für kurze und schmale Werkstücke Schiebstock benutzen (5.41b).
- Für Verdecktschnitte Spanhaube entfernen, Spaltkeil  $\approx$  2 mm unter der höchsten Sägezahnspitze festmachen.
- Abweisleiste für schmale Werkstücke auf dem Tisch befestigen.



**Bild 5.40** Schutzhaube, Gefahrenbereich

**Zum Besäumen und Auftrennen**

- Längsschnitt-Kreissägeblatt verwenden.
- Besümmiederhalter auf dem Rollwagen/ Schiebetisch festklemmen
- Werkstück ausrichten und unter den Besümmiederhalter drücken
- wenn möglich Besäumhilfe verwenden
- die rechte Hand (mit geschlossenen Fingern) übt den Vorschub aus
- die linke Hand wird an der Außenkante von Rollwagen/Schiebetisch geführt



**Bild 5.41** Schiebehandgriff (a) und Schiebstock (b)

Beim Schneiden von Leisten **unter 30 mm Breite** kommt es auch heute noch zu vielen Unfällen. Die Schutzhaube kann wegen der geringen Breite der Werkstücke nicht genügend abgesenkt werden. Der Einsatz eines Schiebstockes ist nicht möglich, weil er nicht zwischen Schutzhaube und Parallelanschlag geführt werden kann. Mit dem Einsatz von **Besümmiederhalter** und **Besäumhilfe** ist ein sicheres und rationelles Arbeiten an der Kreissäge auch bei diesem Arbeitsgang möglich.

Für den Zuschnitt wird das Werkstück zur Fixierung der gewünschten Breite am Parallelanschlag Angelegt und auf dem Schiebetisch zwischen **Besümmiederhalter** und **Besäumhilfe** festgeklemmt.

Damit das Werkstück nicht zwischen Parallelanschlag und Sägeblatt einklemmt und zurückgeschleudert wird, muss das Anschlaglineal bis vor das Sägeblatt zurückgezogen werden. Ein „Verlaufen“ des Werkstückes ist nicht möglich, da es bei der Bearbeitung zwischen Besümmiederhalter und Besäumhilfe geführt wird.

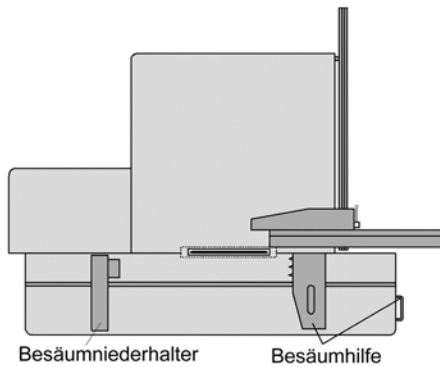


Bild 5.42 Besäumniederhalter und Besäumhilfe

- **Zum Querschneiden kurzer Werkstücke** ein feinzahniges Kreissägeblatt verwenden. Parallelanschlag oder Hilfsanschlag so einstellen, dass das Werkstück nur bis zum Beginn des Schnitts anliegt. Werkstück nur mit einem Querschieber oder Queranschlag zuführen (5.43b). Der aufsteigende Teil des Zahnkranzes muss durch eine Abweisleiste gesichert sein.

#### Unfallverhütung

**Spaltkeil.** Der gegen Kippen gesicherte, zwangsgeführte Spaltkeil muss senkrecht und waagrecht verstellbar sein. Maximalabstand zum Sägeblattzahnkranz 8 mm. Spaltkeilspitze nicht höher als die Zahnspitze des obersten Sägezahns – etwa 2 mm darunter und nie tiefer als die Zahngrundhöhe des obersten Sägezahns einstellen. Der Spaltkeil soll dicker als das Sägeblatt, aber dünner als die Schnittfuge sein.

**Schutzhaube** getrennt vom Spaltkeil befestigen. Dies gilt für alle Maschinen, auf denen Sägeblätter von mehr als 250 mm Durchmesser verwendet werden können (ab Baujahr 1980).

**Durchtrittsöffnung für das Sägeblatt** im Tisch so schmal wie möglich halten – beiderseits des Werkzeugs nicht mehr als 3 mm! Die den Werkzeugschneiden zugewandten Seiten der Öffnung müssen aus einem leicht zerspanbaren Werkstoff bestehen und auswechselbar sein.

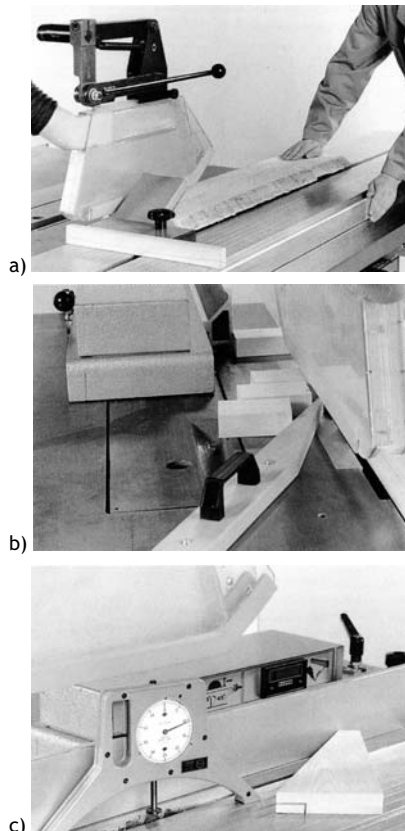


Bild 5.43 Arbeiten an der Tischkreissägemaschine

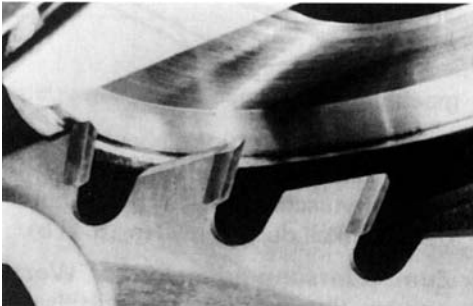
- Längsschneiden – Besäumen**  
Den Besäumniederhalter auf dem Schiebetisch einsetzen und festklemmen. Das Werkstück ausrichten und unter den Besäumniederhalter schieben. Beim Vorschieben, die Hände liegen mit geschlossenen Fingern flach auf dem Werkstück, das Werkstück gegen den Niederhalter drücken.
- Querschneiden – Herstellen kurzer Werkstücke**  
Den Parallelanschlag oder Hilfsanschlag so weit zurückziehen, dass sich das hintere Ende vor dem Zahnkranz des Kreissägeblattes befindet – vermeidet ein Verkanten des Werkstückes. Eine Abweisleiste anbringen und die Werkstücke mit dem Schiebstock aus dem Gefahrenbereich entfernen.
- Verdecktschneiden – Nuten, Falzen, Absetzen**  
Auch beim Verdecktschneiden den Spaltkeil benutzen – Maßeinstellung im Stillstand vornehmen.

Das Sägeblatt muss unter dem Tisch vollständig verkleidet sein.

- Begrenzung der Auslaufzeit des Sägeblattes auf max. 10 Sekunden.

**Der Parallelanschlag** wird so positioniert, dass das hintere Ende an eine gedachte Linie stöße, die im 45° Winkel vom Anfang des Sägeblattes nach hinten verläuft. Diese Einstellung verhindert ein Verklemmen der Werkstücke bei Trennschnitten.

**Wartung und Pflege.** Stumpfe Werkzeuge erfordern erheblich mehr Antriebskraft, haben eine größere Rückschlagskraft und sind deshalb gefährlicher als scharfe Werkzeuge. Kreissägeblätter müssen darum regelmäßig geschärft und geschränkt werden. Bei den hohen Geschwindigkeiten ergeben sich starke Fliehkräfte. Schon eine kleine Unwucht kann das Sägeblatt zerspringen lassen. Darum muss es *maschinell* mit dem Schärfautomat geschärft werden (5.44). Dazu gibt es speziell eingerichtete Schärfereien. Als Richtwert für die Schränkweite gelten  $\frac{1}{3}$  Blattdicke oder  $\frac{1}{1000}$  Blattdurchmesser. Hinterschliffene Sägeblätter werden nicht geschränkt.



**Bild 5.44** Schärfen eines hartmetallbestückten Sägeblattes

**Überhitzung.** Beim Lauf erhitzen sich die Sägeblätter (besonders stumpfe) durch die Reibung. Überhitzungen erkennen wir am ruhenden Sägeblatt durch kreisrunde Brandflecken oder Beulen. Bei örtlicher Überhitzung dehnen sich die Blattzonen unterschiedlich stark aus, das Sägeblatt verliert seine Span-

nung, wird wellig und flattert beim Sägen. Bei der Arbeit mit solchen Sägeblättern können lebensgefährliche Risse entstehen. Kreissägeblätter können vom Hersteller nachgespannt oder von vornherein mit Dehnungsfugen im Zahnkranz versehen werden. Beträgt die Resthöhe oder Restdicke der HM-Schneidplatten weniger als 1 mm, sollte das Sägeblatt nicht mehr verwendet werden.

**HM-bestückte Sägeblätter** erfordern besondere Sorgfalt. Die aufgelöteten oder aufgeklebten Schneideplättchen können in der Fuge Haarrisse bekommen und die spröden Spitzen absplittern, wenn man das Sägeblatt beim Rüsten unvorsichtig auf den Tisch legt. Auch durch die Fliehkräfte oder einen harten Ast können sie sich lösen. Bei der Wartung werden HM-bestückte Sägeblätter zunächst durch Lösungsmittel von Harz- und Leimflecken befreit, bevor man die Zahnrücken freischleift und die Spanflächen schleift. Zum maschinellen Schleifen verwendet man z.B. Doppelbelag-Diamant-Schleifscheiben (5.44).

Rissige oder formveränderte Sägeblätter nicht mehr verwenden, sondern aus den Betriebsräumen entfernen! Sägeblätter mit beschädigten HM-Schneideplättchen nicht mehr verwenden! Kreissägeblätter nach dem Ausschalten nicht durch seitliches Gegendrücken bremsen!

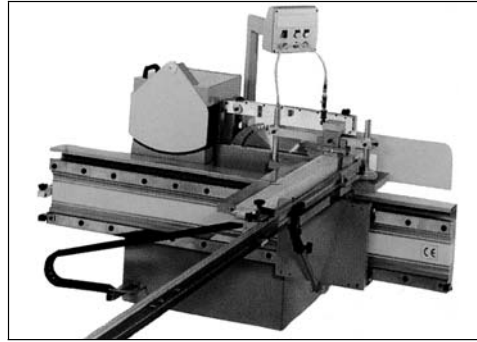
### 5.2.4.3 Andere Kreissägemaschinen

**Die Ein- und Vielblattkreissägemaschine** dient zum Auftrennen von Schnittholz in Leistenmaterial (z.B. bei der Herstellung von Sperrholzmittellagen). Die Sägewelle liegt über dem Werkstück und kann bis zu 5 Sägeblätter mit Distanzscheiben aufnehmen. Der mechanische Vorschub erfolgt über eine Transportkette mit Gliederrückschlag-Sicherung wie bei der Dickenhobelmaschine. Neuere Maschinen haben eine zweite, im Tisch eingelassene Rückschlagsicherung.

**Mit der Doppelabkürz-Kreissägemaschine** können wir Fensterrahmen-, Schnitthölzer und Plattenwerkstoffe in einem Arbeitsgang beidseitig auf Länge oder Breite schneiden. Die Werkstücke werden auf die Auslegerarme

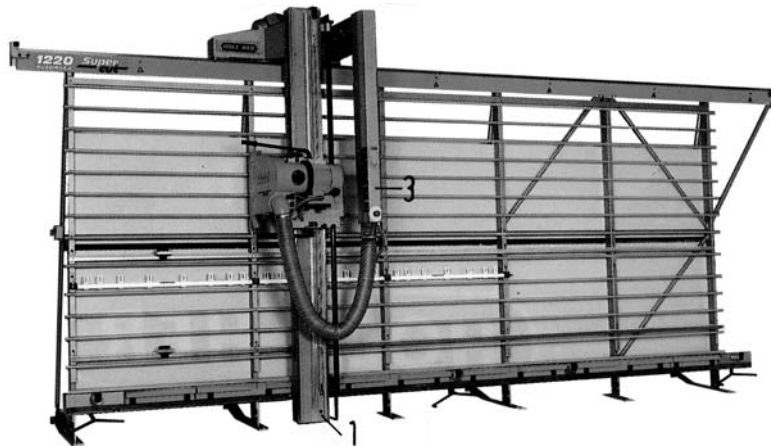
gelegt oder gespannt und durch Verschieben der Ausleger von Hand bearbeitet. Beim Zurückfahren rücken bei einigen Ausführungen die Sägen automatisch 1 oder 2 mm zurück. Für Schrägschnitte sind sie bis 180° schwenkbar. Bei beschichteten Platten setzt man Ritzsägen ein, die beim Zurückfahren automatisch abgesenkt werden. Die Breite lässt sich auch elektrisch verstellen.

**Die Zapfenschneid- und Schlitzmaschine** ist eine Weiterentwicklung dieses Typs. Sie wird in der Fensterfertigung eingesetzt (5.45).



**Bild 5.45** Zapfenschneid- und Schlitzmaschine

5



**Bild 5.46** Plattenformat-Kreissägemaschine

**Plattenformat-Kreissägemaschinen** trennen in vertikaler und horizontaler Arbeitsweise großformatige Platten auf. Der handwerkliche Betrieb bevorzugt die „stehende Maschine“ (5.46). Auf dem etwas nach hinten geneigten Ständer lassen sich die Platten direkt aus dem stehenden Plattenlager ziehen und auf Rollen leicht verschieben. Das Sägenaggregat sitzt auf einem oben und unten geführten, vertikal verschiebbaren Sägewagen. Es lässt sich um 90° schwenken, sodass wir auch waagerechte Schnitte ausführen können. Die Schnitttiefe geht bis 45 mm. Bei den neuesten Maschinen sind Sägeschnitte programmierbar. Die Zugschnitte erfolgen nach Programmen, die den geringsten Verschnitt ermöglichen. Horizontal arbeitende Plattenformat-Kreissägemaschinen

gibt es vorwiegend in der Industrie. Die längs laufende Säge sägt (je nach Dicke) bis zu 5 Platten übereinander in einem Durchgang. Der Auflagetisch kann zum Beschieben und Drehen der Plattenstapel mit einer Luftkissen-Einrichtung versehen werden.

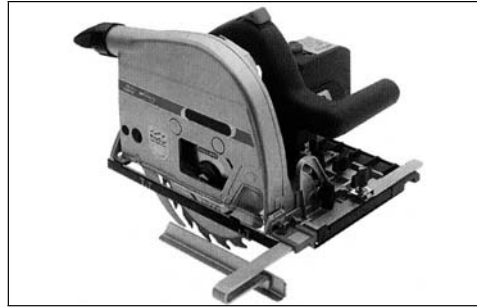
**Spezielle Ablängsägemaschinen** gibt es für Betriebe, in denen viel Schnittholz abgelängt wird. Dazu gehören die Pendelkreissäge und die Gehrungskappsäge für Winkel- und Schrägschnitte mit obenliegender Sägewelle sowie die Untertischkappsäge mit untenliegender Welle. Wird die laufende Säge mechanisch (elektrisch oder pneumatisch) durch Hand- oder Fußauslösung bewegt, während das Werkstück aufliegt, sprechen wir von kraftbe-

triebener Schnittausführung. Für diese Maschinen gelten besondere Sicherheitsvorkehrungen der Holz-Berufgenossenschaft.

**Die Füge- und Feinschnittmaschine** hat ein von Hand geführtes oder kraftbetriebenes Sägenaggregat. Die Werkstücke, Platten oder Furnierpakete werden fixiert und pneumatisch mit einem Spannbalken festgespannt, bevor man das untenliegende Sägeblatt auf einer Längsschiene daran entlang führt. Der Drehstrommotor (Direktantrieb) arbeitet mit einer Drehfrequenz von 9000 U/min, sodass eine saubere Schnittoberfläche entsteht, die nicht nachbearbeitet werden muss. Die Furniere lassen sich anschließend sofort fügen. Die Schnitthöhe reicht bis 45 mm. Außer den

5

besprochenen Sägen gibt es Handmaschinen: die Handkreissäge-, die Schattenfugen- und die Stichsägemaschine.



**Bild 5.47** Handkreissägemaschine



a)

**Bild 5.48** a) Vorritzen, b) Trennen



b)

**Die Handkreissägemaschine** ist handlich und leicht. Gern wird sie zum Aufteilen von Plattenwerkstoffen nach Riss verwendet. Bei Vollholz eignet sie sich besonders zum Ablängen von Bohlen und Brettern. Auf der Baustelle ist sie unentbehrlich zum Ablängen von Latten, Profilbrettern und Abdeckleisten. Bei Montagearbeiten kann man sie mit einem Zusatzgerät in eine ortsfeste kleine Tischkreissägemaschine umrüsten und damit Winkel- und Schrägschnitt durchführen. Das Sägeblatt lässt sich bei einigen Typen bis zu 60° schrägstellen (5.47), die Schnitttiefe mit einem Tiefenschlag von 0 bis 80 mm einstellen. Schutzhauben verhindern unbeabsichtigtes Berühren der Sägeblattzähne. Nach dem Schnitt kann die Maschine sofort abgelegt werden. Der Spaltkeil sitzt verdeckt hinter der Schutzhaube

(maximal 5 mm hinter dem Sägekranz) und ist für Einsatzschnitte abschraubbar. Für beschichtete Plattenmaterialien wird die Maschine auf einer Führungsschiene, entgegen der üblichen Sägerichtung *gezogen* und vorgeritzt, anschließend nach Einstellung der Schnitttiefe wieder *geschoben* (5.48a, b).

**Mit der Schattenfugensägemaschine** lassen sich eingebaute Wand- oder Deckenverkleidungen parallel zur Wand bzw. Decke absägen (5.49).

**Die Stichsägemaschine** hat ein hin und hergehendes Sägeblatt. Sie dient zum Aussägen von Ausschnitten in verschiedenen Formen (5.50): Mit entsprechenden Sägeblättern oder Raspeln bestückt, bearbeitet sie auch Metalle und Kunststoffe. Vor dem Ausschnitt bohrt

man vor. Beim Aussägen hält ein Spänebläser die Schneidspur sauber. Mit einigen Typen sind auch Schrägschnitte bis 45° möglich. Die Schnitttiefe reicht bei Holzwerkstoffen bis 60 mm.



**Bild 5.49** Schattenfugensägemaschine

#### Arbeitsregeln

- Immer darauf achten, dass unter dem Werkstück noch genügend Luft ist.
- Bei Ablängschnitten das Werkstück so unterlegen, dass das Sägeblatt nicht festklemmt.
- Möglichst stets am Anschlag sägen. Mit einem Parallelanschlag lassen sich planparallele Längsschnitte ausführen.

#### Gesundheitsschutz

Alle Handmaschinen ohne integrierte Absaugung sind an eine geeignete Absaugung anzuschließen (Ausnahme: Bohrmaschinen)



**Bild 5.50** Stichsägemaschine

### 5.2.5 Hobelmaschinen

#### Arbeitsauftrag Nr. 33 Lernfeld LF 2,4,12

- Erarbeiten Sie sich die Kenntnisse über Hobelmaschinen einschließlich Kapitel 5.2.5.2 mit der „Zweischritt-Methode“. Arbeiten Sie mit Ihrem Tischnachbarn zusammen. Unabhängig voneinander beantworten Sie jeweils die Fragen mit geraden und ungeraden Zahlen.
- Durch Austausch Ihrer Ergebnisse vervollständigen Sie die Lösungen zum Fragenkatalog.
  1. Welchen maximalen Schneidenüberstand dürfen die Messer der Abricht-hobelmaschine haben?
  2. Warum gibt es keine Einmesserwelle?
  3. Wie stellen Sie bei der Abrichte die Spandicke ein?
  4. Was versteht man bei der Abrichte unter Spitz- und Hohl-fuge?
  5. Welche Sicherheitsvorkehrungen müssen Sie beim Abrichten kurzer Werkstücke treffen?
  6. Wozu dienen die Tischlippen der Abrichte? Warum sind sie gelocht oder geschlitzt?
  7. Welchen Tisch der Abrichte müssen Sie höher einstellen? Warum?
  8. Was ist beim Einsetzen und Spannen der Streifenhobelmesser zu beachten?
  9. Wie können Streifenhobelmesser geschärft und abgezogen werden?
  10. Worin unterscheidet sich die Abrichte bei der Werkstückbearbeitung grundsätzlich von der Dickenhobelmaschine?
  11. Wie stellen Sie bei der Dickenhobelmaschine die Spandicke ein?
  12. Welche Aufgaben haben die Druckbalken der Dickenhobelmaschine?
  13. Warum ist die Einzugswalze der Dickenhobelmaschine untergliedert und federnd gelagert?
  14. Welchen Vorteil hat es, wenn Vorschub und Messerwelle der Dickenhobelmaschine von zwei Motoren angetrieben werden?
  15. Nennen Sie die Vor- und Nachteile der kombinierten Abricht- und Dickenhobelmaschine im Vergleich zu den Einzelmaschinen.
  16. Wie werden Wendemesser in die Messerwelle eingebaut?



Das Hobeln oder Glätten eines Werkstücks ist meist die letzte materialabtragende Bearbeitung im Fertigungsablauf. Sie hängt von der erreichbaren Oberflächengüte und der evtl. folgenden Oberflächenveredlung ab (z.B. Lackieren oder Beschichten mit Folien). Deshalb kommt ihr besondere Bedeutung zu. Wir kennen bereits die Handhobel. Dazu kommen folgende Hobelmaschinen:

#### Ortsfeste Hobelmaschinen

- Abrichthobelmaschine (Abrichte)
- Dickenhobelmaschine (Dicke)
- Kombinierte Abricht- und Dickenhobelmaschine
- Mehrseitenhobelmaschine (Kehlautomat)

#### Handmaschinen

- Handhobelmaschine

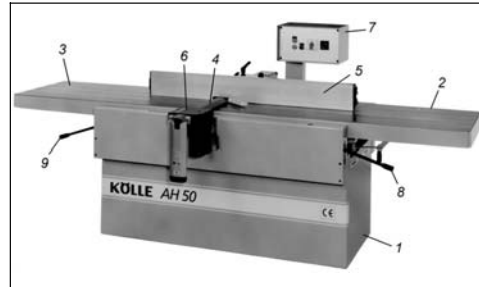
**Oberflächengüte.** Je feiner die Messerschläge, desto kleiner sind die Hobelmulden und desto glatter wird die Oberfläche. Die Messerschläge werden bestimmt von der Vorschubgeschwindigkeit der Drehzahl, der Messerzahl und -einstellung (s. Abschn. 5.2.2).

#### 5.2.5.1 Abrichthobelmaschine

Sie wird eingesetzt, um sägerauhe, nicht rechtwinklig zueinander stehende Kanten und Flächen zu hobeln, abzurichten und zu fügen. Vorzugsweise werden Bohlen, Bretter und Kanthölzer bearbeitet.

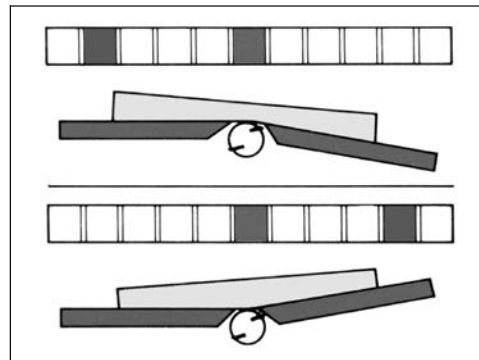
**Aufbau und Arbeitsweise (5.51).** Die Abrichte besteht aus dem gusseisernen *Ständer*, der die Laufruhe gewährleistet. Zugleich trägt er die schwere Zwei- oder Viermesserwelle, die zwischen den beiden Abrichttischen liegt. Der *Aufnahmetisch* (Aufgabetisch, Vordertisch) ist etwas länger als der *Abnahmetisch* (Hintertisch) hinter der Messerwelle. Beide Tische lassen sich mit einer Schnellverstellung über eine Keilführung horizontal und vertikal verstellen. Dabei bestimmt der Aufnahmetisch die Spanabnahme, während die Oberfläche des Abnahmetisches genau auf der Höhe des Messerflugkreises liegt – sonst ergibt es keine ebene Fläche. Deshalb vor dem Einschalten der Maschine mittels einer geraden Leiste prüfen, ob Messerflugkreis und Abnahmetisch in einer Linie sind. Der Abnahmetisch ist teilweise in seiner Längsrichtung (zur Horizontalen) zu neigen, sodass Hohl- oder Spitzfugen

entstehen (5.52). Das *Anschlagslineal* bildet einen verstellbaren Winkel, der auf den Tischen oder mit einer eigenen Führung befestigt ist.



**Bild 5.51** Abrichthobelmaschine

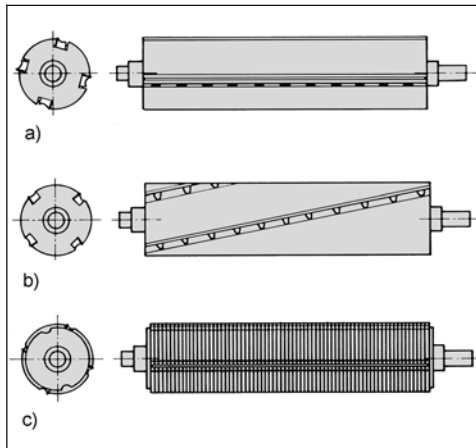
- 1 Ständer
- 2 Aufnahmetisch
- 3 Abnahmetisch
- 4 Messerwelle
- 5 Fügeanschlag (Anschlagslineal)
- 6 Messerwellenverdeckung vor dem Anschlag
- 7 Bedienelemente
- 8 Höhenverstellung Aufnahmetisch
- 9 Höhenverstellung Abnahmetisch



**Bild 5.52** Elektrische Hohlspitzfugenanzeige

Den Abschluss der Tische zur Messerwelle bilden die Tischlippen. Sie können zur Lärmdämmung gezahnt oder gelocht sein und sind möglichst dicht an den Messerflugkreis heranzuführen (max. Abstand 5 mm). Die runde Sicherheitsmesserwelle gibt es mit parallel zur Achse oder für geräuscharmen Betrieb mit spiralig über den Wellenumfang eingesetzten

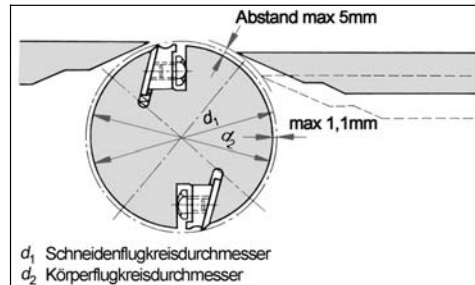
und mit Wendemessern (Tersa-Welle), für rasches Auswechseln (5.53). Angetrieben wird sie indirekt mit Keilriemen von einem im Ständer eingebauten Drehstrommotor (bis zu 5000 U/min). Das Werkstück wird beim Abrichten im Gegenlauf über die Messerwelle vorgeschoben. Einige Maschinen haben am äußeren Ende des Tisches einen Absatz, sodass mit der Stirnseite der Messerwelle Falze beschränkter Falztiefe gehobelt werden können.



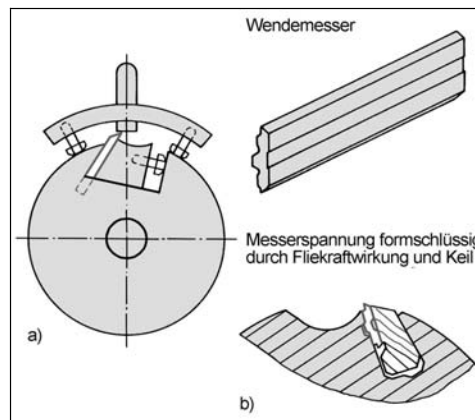
**Bild 5.53** Messerwellen für Abricht- und Dickenhobelmaschine  
 a) Messerwelle für Streifenhobelmaschine  
 b) Messerwelle für Spiralmesser  
 c) Messerwelle für Wendemesser (Tersa-Welle) – Centro-Fix-Welle

**Die Hobelmesser** richten sich in den Abmessungen nach der Messerwelle. In der Regel arbeitet man mit *Streifenhobelmessern*. Die 2 oder 4 Streifenmesser setzt man in eine Vertiefung der Längsnut ein, wo sie von einer keilförmigen Druckleiste festgehalten und durch Druckfedern nach oben gedrückt werden. Die angeschliffenen Messerschneiden dürfen nicht über die verlängerte Oberkante des Abnahmetisches hinausgehen, sondern sollten in einer horizontalen Linie liegen. Die Druckleiste muss den auftretenden Fliehkräften widerstehen. Außerdem bricht sie den Span und wird darum so eingesetzt, dass die Messerschneide nur um 1,1 mm übersteht (5.54).

Beim Einsetzen der Messer achten Sie darauf, dass alle Schneiden auf einem Flugkreis liegen. Dies erreichen Sie mit einer Einstellehre (5.56a) und gleichmäßigem Anziehen der Schrauben von der Mitte nach außen. Andere Systeme arbeiten hydraulisch. Wendemesser werden lediglich seitlich in die vorgesehenen Nutprofile eingeschoben und spannen sich dann durch Fliehkraftwirkung der Keilleiste beim Einschalten selbst fest (5.55b).



**Bild 5.54** Abmessungen der Messerwelle



**Bild 5.55** a) Einsetzen von Streifenhobelmessern mit der Einstellehre  
 b) Messerspannung durch Fliehkraftwirkung

**Wartung und Pflege.** Hobelmesser müssen regelmäßig geschärft und abgezogen werden. Zum Schärfen verwenden wir Hobelmesserschärfmaschinen mit Nassschliff (keine Ausglühgefahr). Dabei führen wir das aufgespannte Messer mechanisch an der Schleifscheibe

vorbei. Geschliffen wird mit Topfscheiben gerade oder hohl. Zum Abziehen führen wir den Ölstein von Hand (ähnlich wie beim Handhobeisen) am Messer entlang. Wegen der Rostgefahr werden die Messer sorgsam in Ölpapier eingewickelt und vor Beschädigungen geschützt aufbewahrt. Die Streifenhobelmesser sollen immer paarweise aufbewahrt werden. Die zu einem Satz gehörenden Hobelmesser müssen in Breite und Gewicht gleich sein, um Unwucht zu vermeiden.

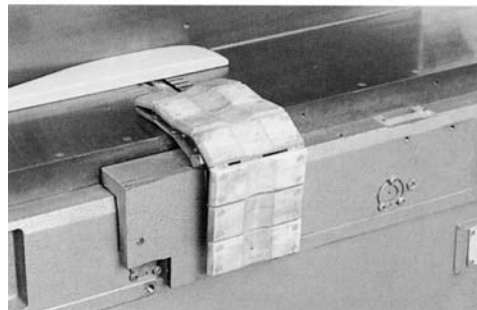
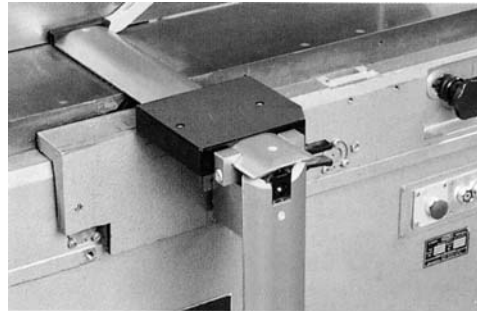
**Beim Abrichten breiter Werkstücke** stellen wir zunächst die Maschinentische auf die vorgesehene Spanabnahme ein. Dann legen wir das Werkstück mit der hohlen Seite auf. Bei unebenen Werkstückflächen beginnen wir stets mit geringer Spanabnahme. (*Warum?*) Die Messerwelle wird, entsprechend den Werkstückabmessungen, vor und hinter dem Anschlag verdeckt. Beim Vorschub drücken wir in Tischrichtung.

#### Unfallverhütung

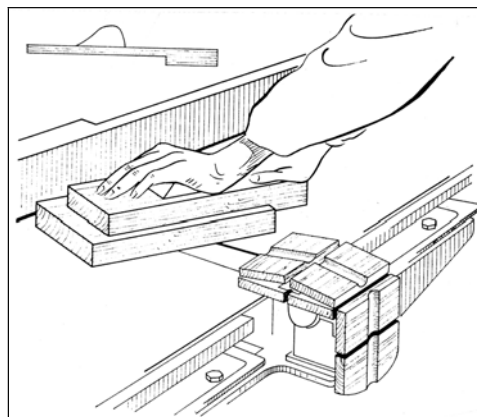
- Messerüberstand bei Rundmesserwellen radial höchstens 1,1 mm über dem Körperflugkreis der Welle.
- Gleich schwere, mindestens 15 mm breite Messer verwenden.
- Abstand zwischen Tischlippen und Messerwellenflugkreis so gering wie möglich einstellen (max. 5 mm).
- Messerwellenverdeckung z.B. als Klappenschutz hinter dem Anschlag und als Schwenkschutz vor dem Anschlag (5.56).
- Zum Anfügen schmaler Werkstücke Fügeanschlag verwenden.

**Beim Abrichten kurzer < 40 cm** Werkstücke werden die Maschinentische ebenfalls auf geringe Spanabnahme eingestellt.

Die Werkstücke sind mit Hilfe einer Zuführlade der Messerwelle zu führen. Die Zuführlade wird mit beiden Händen geführt (5.57).



**Bild 5.56** Messerwellenverdeckungen



**Bild 5.57** Arbeiten der Abrichte (Zuführlade für kleine Werkstücke)

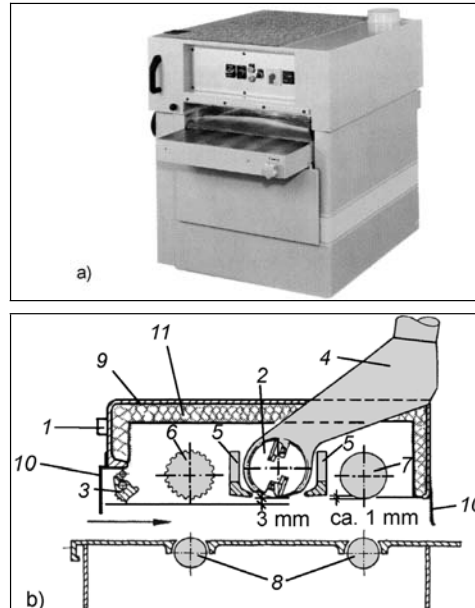
**Arbeitsregeln**

- Vorgeschriebene Schutzvorrichtungen kontrollieren.
- Tische möglichst nahe zusammenschieben, Spanabnahme einstellen, Hohl- und Spitzfugeneinstellung prüfen.
- Den nicht benutzten Teil der Messerwelle abdecken (Gliederschutz, Schwenkschutz).
- Anschlagswinkel prüfen.
- Beim Abrichten mit Händen wird das Werkstück mit beiden Händen und geschlossener Handhaltung so geführt, dass hauptsächlich Druck auf den Abnahmetisch ausgeübt wird.
- Die Befestigungsschrauben der Hobelmesser nur mit den zugehörigen Schlüsseln festziehen, keine Schlüsselverlängerung verwenden!
- Auflageflächen der Messer und Tragkörper vor dem Einspannen säubern. Schrauben von der Mitte aus anziehen.
- Bei Kurzen Werkstücken < 400 mm Zuführlade verwenden und unter einem Winkel von 20° der Messerwelle zuführen.

**5.2.5.2 Dickenhobelmaschine**

Auf das Abrichten folgt in der Regel das „auf-Dicke-oder-Stärke-Hobeln“ an der Dickenhobelmaschine. Dabei dient die schon abgerichtete Fläche als Auflage. Im Gegensatz zur Abrichte werden die Werkstücke hier *unter* der Messerwelle durchgeschoben. Bearbeitung wie bei der Abrichte im Gegenlauf, Vorschub mechanisch mit einer Einzugs- und Auszugswalze. Die Spanabnahme stellt man über eine Tischflächenverstellung mit Handrad oder maschinell ein.

**Aufbau und Arbeitsweise (5.58).** Die Dickenhobelmaschine besteht aus einem stabilen *Gussständer*, damit sie erschütterungsfrei läuft. Im Ständer sind die Rundmesserwelle sowie die Einzugs- und Auszugswalzen gelagert. Der Arbeits- oder *Auflagetisch* ist in der Höhe verstellbar. Er bestimmt die Spanabnahme und ist auf 1 bis 4 Tragspindeln kippstabil gelagert.



**Bild 5.58** Dickenhobelmaschine (a) und Schnitt (b)

1. Stellteile (EIN-AUS, NOT-AUS)
2. Messerwelle
3. Greiferrückschlagsicherung gegen Durchpendeln gesichert
4. Absaugung (der Anschlussrichter zum Absaugrohr verhindert den Zugriff zur Messerwelle)
5. Druckbalken
6. Einzugswalze
7. Auszugswalze
8. Tischwalzen
9. Schutzhaube
10. Auswurf – Lärmschutz
11. Dämmung

Nachdem die Holzdicke eingestellt ist, wird das Werkstück auf den Arbeitstisch gelegt und vorgeschoben. Die *Rückschlagsicherung* verhindert mit ihrer Sperrstange, dass die Messerwelle ungleich dicke Werkstücke zurückschleudert. Anschließend wird das Werkstück von der oben sitzenden, gefederten und geriffelten *Einzugswalze* (Gliederdruckwalze) erfasst. Gleichzeitig läuft unten die Gleitwalze mit und vermindert so die Reibung. Die Gliederdruckwalze und die untere Gleitwalze gewährleisten, dass unterschiedlich dicke und breite Werkstücke gleichmäßig erfasst werden. Von hier ab transportiert die Maschine das

Werkstück. Kurz vor der Messerwelle drückt der vordere *Druckbalken*, hinter der Messerwelle dagegen der hintere Druckbalken das Werkstück durch Federkraft fest auf die Tischfläche, damit die eingestellte Holzdicke erzielt wird. Die meisten Maschinen sind mit Gliederdruckbalken ausgestattet und drücken auch ungleiche Werkstücke gleichmäßig an. Die Messerwelle ist wie bei der Abrichte mit 2 oder 4 Streifenhobelmessern bestückt. Über ihr sitzt der Spanschirm, Späneauswurfhaube welcher an eine Absaughaube für die zentrale Späneabsauganlage montiert ist. Das gehobelte Werkstück wird mit der obenliegenden glatten Auszugswalze weitertransportiert, wobei die zweite Gleitwalze mitläuft.

Angetrieben wird die Messerwelle indirekt über Keilriemen. Die Vorschubgeschwindigkeiten liegen gestuft zwischen 8 und 16 m/min. Es gibt auch Maschinen mit Messerwellenantrieb und Vorschub durch *einen* Motor (über verschiedene, miteinander gekoppelte Riemenscheiben). Wird die Messerwelle durch zu viel Spanabnahme überlastet, geht ihre Geschwindigkeit zurück, die Vorschubwalzen laufen mit verminderter Geschwindigkeit weiter. Deshalb muss eine Transportausrückung eingebaut sein.

**Wartung und Pflege.** Messerwelle und Messer sind im Prinzip dieselben wie bei der Abrichte. Dasselbe gilt für ihre Wartung und Pflege.

#### Unfallverhütung

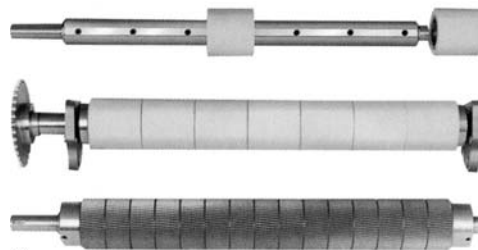
- Die Greiferschneiden müssen in Ruhestellung mindestens bis 3 mm unterhalb des Schneidenflugkreises liegen. Der auf dem Werkstück aufliegende Greiferteil muss scharfkantig sein.
- Die Greiferrückschlagsicherung darf nicht durchpendeln, muss also nach jedem Anheben selbsttätig zurückfallen. Gliederbreite 8 bis 15 mm bei mehr als 250 mm Einschubbreite.
- Die Späneauswurföffnung muss so gestaltet sein, dass ein Hineingreifen in den Messerflugkreis ausgeschlossen ist.

**Beim Hobeln schmaler Werkstücke** stellt man die Tischhöhe auf die Werkstückdicke ein und wählt die richtige Vorschubgeschwindigkeit. Bei starren Einzugswalzen und Druckbalken sollen jeweils nur zwei Werkstücke gleichzeitig bearbeitet werden (Werkstücke an den Außenseiten

der Einschuböffnung wie im Bild 5.59a zuführen). Bei Maschinen mit Gliedereinzugswalzen und -druckbalken können wir dagegen mehrere schmale Werkstücke gleichzeitig bearbeiten.



a)



b)

**Bild 5.59** a) Hobeln an Dickenhobelmaschine  
b) Ein- und Auszugswalzen

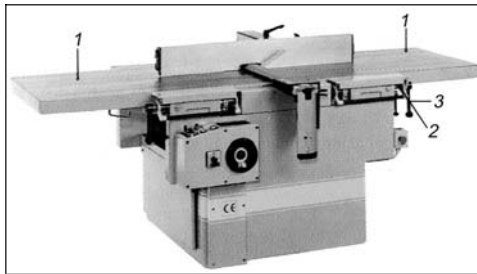
Sollen kurze Werkstücke ausgehobelt werden, was man vermeiden sollte, wird das Werkstück zuerst ausgehobelt und anschließend in kurze Werkstücke aufgetrennt. Beim Auflegen und Zuführen der Werkstücke nie dahinter, sondern stets daneben stehen.

#### Arbeitsregeln

- Rückschlagsicherung kontrollieren.
- Ungleich dicke Werkstücke nicht zu dicht nebeneinander in die Maschine schieben.
- Immer seitlich von den Werkstücken stehend einschieben.
- Klemmt ein Werkstück, zuerst den Vorschub abstellen, dann die Maschine ausschalten.
- Auslaufzeit der Hobelwelle auf max. 10 Sekunden begrenzen.
- Werkstücke nicht über die freie Messerwelle zurückführen.
- Rückschlag und Holzauswurf beachten.
- Nicht in die Laufende Maschine einsehen.

### 5.2.5.3 Andere Hobelmaschinen

Die kombinierte Abricht- und Dickenhobelmaschine eignet sich besonders für kleinere Schreinereien. Ihr Aufbau gleicht der Dickenhobelmaschine: schwerer Gussständer, verstellbarer Arbeitstisch unter der Messerwelle, mechanischer Vorschub (5.60). Die etwas kürzeren Abrichtische lassen sich seitlich vom Ständer hochklappen und schwenken. Zum Abrichten nehmen wir die aufgesetzte Spänschutzhaube ab, klappen den Abnahmetisch und dann den Aufnahmetisch ab, weil darauf das Anschlaglineal befestigt ist. Die Tische werden arretiert (festgestellt) und lassen sich nun wie Abrichtische verstellen.



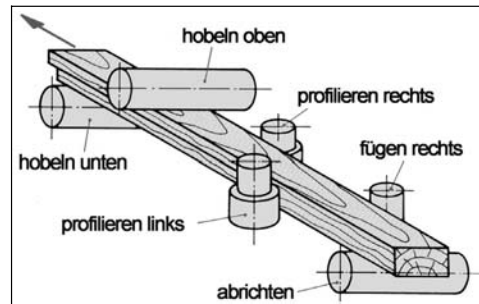
**Bild 5.60** Kombinierte Abricht- und Dickenhobelmaschine  
 1 Abrichtische  
 2 Klemmhebel für Abrichtische  
 3 Arretierung der Abrichtische

#### Arbeitsregeln und Unfallverhütung

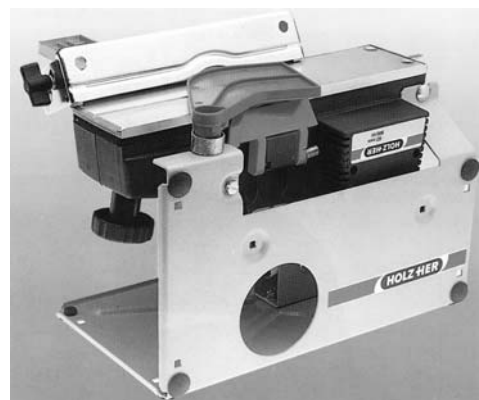
- Während des Laufens nicht umrüsten. Schutzhaube nicht bei laufender Messerwelle einsetzen oder entfernen.
- Die klappbaren Tische gegen Zurückfallen sichern.
- Vor dem Dickenhobeln prüfen, ob die Abrichtische arretiert sind. Messerwelle mit Schutzhaube abdecken.
- Beim Abrichten Messerwellenabdeckung auflegen.

**Die Mehrseitenhobelmaschine (Kehlautomat)** ist eine weiterentwickelte Dickenhobelmaschine. Sie stellt in einem Durchlauf vier rechtwinklig zueinander stehende gehobelte Flächen her. Dazu dienen zwei hintereinander arbeitende horizontale Messerwellen (Abricht- und Dickenhobelwelle) und zwei parallel ar-

beitende (senkrechte) Spindeln. Auf die Spindeln können Profilfräser (z.B. Nut- und Federfräser) aufgesetzt werden. So lassen sich in einem Durchlauf Fensterprofile oder Paneelen herstellen. Die Kehlautomaten haben bis zu 4 Horizontalwellen und 4 Spindeln. Sie werden bevorzugt in der Parkettindustrie und in Hobelwerken zur Fertigung von Profiliemen eingesetzt. Hierzu gehören auch die *Profilfräsautomaten* für profilierte Leisten (Sockelleisten) und Stäbe (5.61).



**Bild 5.61** Prinzip Kehlautomat



**Bild 5.62** a) Handhobelmaschine  
 b) in stationärer Einrichtung

Die **Handhobelmaschine** nutzt man für Handarbeiten, bei denen der Handhobel zu viel Zeit erfordert (5.62a). Viel verwendet wird sie auf der Baustelle, z.B. zum Abhobeln von Türkanten und Deckenbalken sowie zum Fälzen. Mit

einer Hilfsvorrichtung lässt sie sich in eine stationäre Hobelmaschine umbauen (5.62b). Die Hobelbreite beträgt je nach Fabrikat 75 bis 250 mm. Ausgerüstet sind die Handhobelmaschinen mit verstellbaren Füge- und Falzanschlägen.

## 5.2.6 Fräsmaschinen

5

### Arbeitsauftrag Nr. 34 Lernfeld LF 2,4,12

- Heute haben Sie die Aufgabe eine „Kartenabfrage“ zum Thema „Fräsmaschinen und Unfallverhütung“ durchzuführen.

Notieren Sie auf einer Karte jeweils zwei eigenständig formulierte Fragen.

Fragen zum Thema Fräsmaschinen sollten z.B. auf blaue Karteikarten, Fragen zum Thema Unfallverhütung auf rote Karteikarten geschrieben werden. Schreiben Sie gut lesbar in Normschrift und ansprechender Größe.

Die Karten werden gemischt und willkürlich an die Klasse verteilt.

Die einzelnen Schüler befestigen nun die Fragenkarten an der Tafel /Pinnwand.

Gemeinsam wird im Anschluss die Zuordnung und Richtigkeit der Fragen unter folgenden Aspekten diskutiert:

- Welche Fragen wiederholen sich?
- Sind die Fragen sinnvoll gestellt?
- Sind die Fragen lösbar?

Nach Bereinigung des Fragenfeldes werden die übrigen Fragen an dreier Gruppen verteilt, von diesen erarbeitet und der Klasse vorgestellt.

- Benutzen Sie die Unterlagen des TSM- Kurses Ihrer Holzberufsgenossenschaft.
- Die folgenden Fragen können Ihren Fragenkatalog ergänzen.
  1. Welche Vorschubarten unterscheidet die Holz-Berufsgenossenschaft?
  2. Nennen Sie die Bedingungen und Merkmale der Vorschubarten.
  3. Wie erreichen Sie bei der Tischfräsmaschine höhere Spindeldrehzahlen?
  4. Welche Bauarten von Fräswerkzeugen gibt es?
  5. Welcher Teil der Tischfräse nimmt das Fräswerkzeug auf?
  6. Für welche Arbeiten an der Tischfräse muss ein Oberlager eingesetzt werden?
  7. Warum müssen Sie bei kleinen Fräswerkzeug-Durchmessern mit hohen Drehzahlen arbeiten?
  8. Was bedeuten kraft- und formschlüssige Verbindung in der Messerbefestigung?
  9. Welche Sicherheitsvorkehrungen treffen Sie vor dem Rüsten (Werkzeugwechsel)?
  10. Welche Schnittgeschwindigkeit dürfen Sie bei älteren Werkzeugen ohne eingeprägte Angaben einstellen?
  11. Sie sollen mit der Tischfräse einen Falz fräsen. Wie stellen Sie die Falztiefe und -höhe ein?
  12. Welche Regeln zum Unfallschutz sind beim Einsetzfräsen zu beachten?
  13. Wozu dient der Kopierstift der Oberfräsmaschine?
  14. Welche Arbeiten können Sie mit der Handoberfräse ausführen?
  15. Welche mehrspindeligen Fräsmaschinen setzt man vor allem in der Serienfertigung ein?
  16. Wie erzeugt man bei Oberfräsmaschinen die hohen Drehfrequenzen von 12000 oder 18000 U/min?
  17. Schildern Sie die Vorgehensweise (Reihenfolge beachten) beim Herstellen eines Schlosskasten-Loches mit der Kettenfräsmaschine.

Fräsmaschinen bearbeiten den Werkstoff mit mehrschneidigen Werkzeugen (Fräser) in einer kreisförmigen Schnittbewegung. Sie sind die vielseitigsten Holzbearbeitungsmaschinen. Mit ihnen werden Holzverbindungen, Nuten, Fäle und Profile gefräst, mit Schablonen und Anlauftringen auch Einsätze. Wegen dieser Vielseitigkeit erfordert die Fräsmaschine unsere besondere Aufmerksamkeit.

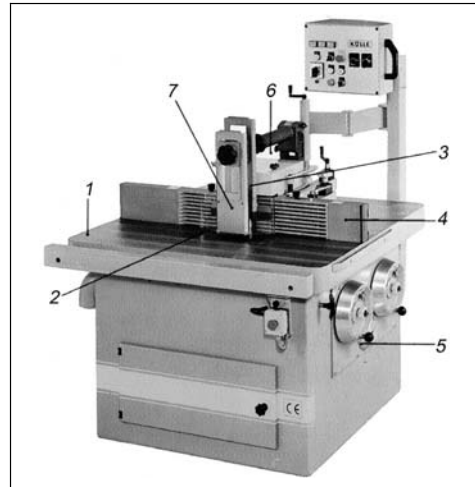
Eingesetzt werden

- Tischfräsmaschine (Standardmaschine mit 1 oder 2 Spindeln)
- Oberfräsmaschine
- Zinkenfräsmaschine (Keil- und Schwalbenschwanzzinken)
- Kettenfräsmaschine
- Mehrspindelige Fräsmaschine (Zapfenschneid- und Schlitzmaschine, Kantenleimmaschine, Doppelendprofiler)
- Handfräsmaschinen (Ober-, Kitt- und Nutfräsmaschine).

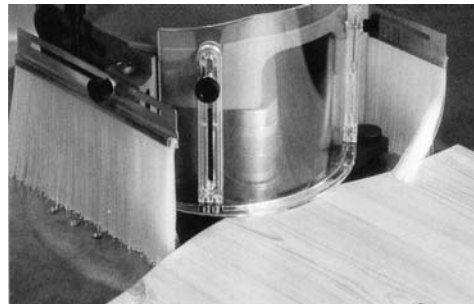
**Die Oberflächengüte** beim Fräsen hängt wie beim Hobeln von der Vorschubgeschwindigkeit, Drehzahl, Messerzahl und -einstellung ab.

### 5.2.6.1 Tischfräsmaschine

**Aufbau (5.63).** Der Ständer aus Stahl gewährleistet guten Stand und ruhigen Lauf. Er umschließt die Spindel und den Antrieb. Die *Tischplatte* aus Stahlguss ist rechteckig. In der Mitte hat sie eine runde Öffnung, aus der die Frässpindel herausragt. Je nach Werkzeugdurchmesser wird die Öffnung durch Einlegen von Ringen verkleinert oder durch Herausnahme vergrößert. Die *Frässpindel* (-welle) muss ausgewuchtet, sicher gelagert und für den Werkzeugwechsel mit einem Hebel arretierbar sein (5.64). Angetrieben wird die Maschine indirekt über Keilriemen durch einen polumschaltbaren Drehstrommotor (wahlweise Rechts- oder Linkslauf), der über verschiedene Riemenscheiben-Durchmesser 3000/6000 bis 4500/9000 U/min liefert (5.66). Neue Maschinen haben eine Bremse zum Stillsetzen der Spindel („Notaus“) und schwenkbare Frässpindeln. Durch die Schrägstellung der Spindel im Arbeitszustand erreicht man verschiedene Frästiefen und Profile bzw. Winkel. Wegen der verstellbaren Spindel müssen auch Antrieb und Absaugungsanschluss flexibel sein.



**Bild 5.63** Tischfräsmaschine  
 1 Tisch  
 2 Tischöffnung mit Einlegerringen  
 3 Fräsdorn mit Zwischenringen (auf Frässpindel)  
 4 Anschlaglineal  
 5 Spindelfeststellung  
 6 Hintere Werkzeugverdeckung  
 7 Handabweisbügel



**Bild 5.64** Frässpindel mit Werkzeug

Der *Fräsdorn* ist meist über eine konische Passung (Morsekegel) spielfrei in die Frässpindel eingesetzt und durch eine Überwurfmutter mit Differentialgewinde gesichert (5.65).

Das *Fräs Werkzeug* wird mit Zwischenringen auf die gewünschte Höhe gebracht und mit einer Mutter am oberen Dornende fest angezogen.



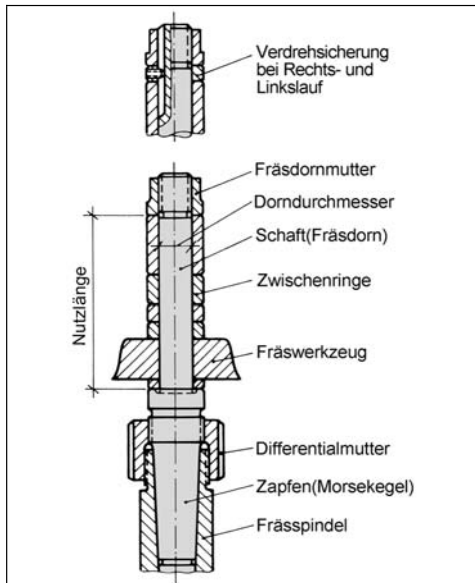


Bild 5.65 Frässpindel mit Dorn

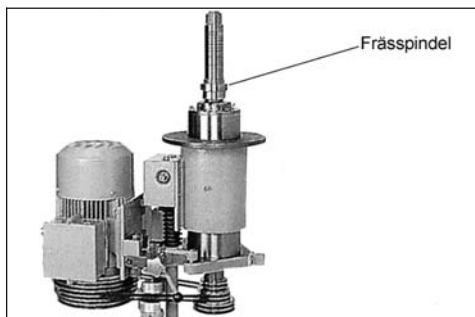


Bild 5.66 Fräsmotor mit Doppelriemenantrieb

Für sehr große Werkzeugdurchmesser oder wenn das Werkzeug weit über die Tischplatte hinausragt, muss ein Oberlager auf der Tischplatte montiert oder ein Dorn mit 40 mm Durchmesser verwendet werden. Bei einigen Bauarten ist die Frässpindel bis 45° nach vorn neigbar. Das *Anschlagslineal* aus zwei Hartholz- oder Kunststoffbacken lässt sich je nach Werkzeugdurchmesser in der Längsrichtung verstellen. In den Anschlagsbacken befinden sich durchgehende Bohrungen für die vordere Werkzeugverdeckung. Hinter dem Anschlags-

lineal sitzt die hintere Werkzeugverdeckung. Das Anschlagslineal können wir mit Griffschrauben auf die gewünschte Spanabnahme einstellen. Die Anschlagsbacken müssen so dicht wie möglich an das Werkzeug herangeführt werden. Für Formfräsarbeiten kann man das Anschlagslineal herunternehmen.

Einigen Maschinen kann man Schiebeschlitzen oder Rolltische (z.B., für die Herstellung von Schlitz- und Zapfenverbindungen) aufsetzen.

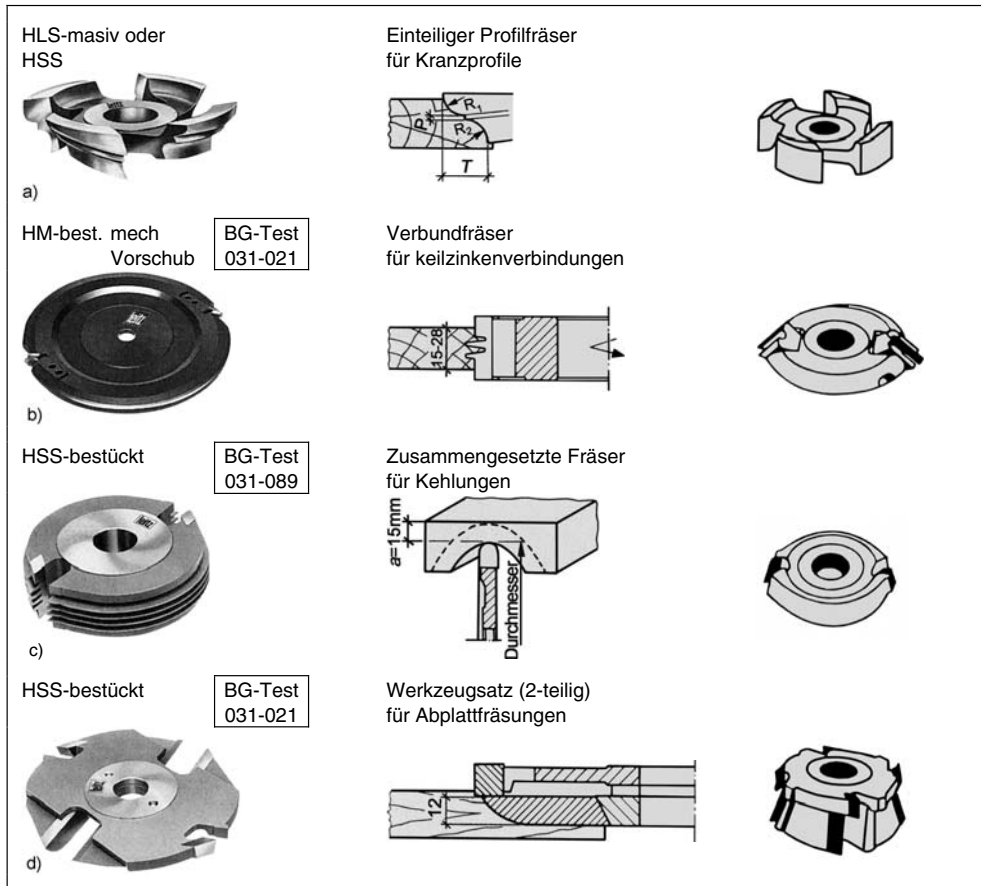
**Werkzeug.** Die Vielseitigkeit der Fräsmaschine ergibt sich aus den verschiedenen Werkzeugen. Um uns einen Überblick zu verschaffen, betrachten wir zunächst nur die Fräserbauarten und unterscheiden

- einteilige Werkzeuge,
- zusammengesetzte Werkzeuge,
- Verbundwerkzeuge,
- Werkzeugsätze.

**Einteilige Werkzeuge** (Massivwerkzeuge, 5.67a) bestehen durchgehend aus dem gleichen Werkstoff (z.B. aus durchgehärtetem Vollstahl SP, HLS oder HSS) und haben keine lösbaren Teile. Es gibt Falz- und Nutfräser, Grat- und Hobelraser. Bei ihnen besteht keine Gefahr, dass Messer verrutschen oder durch die Fliehkräfte herausfliegen. Berücksichtigen müssen wir, dass der Fräskörper durch das Nachschärfen allmählich abgenutzt wird. Achten Sie deshalb auf Härte- und Schärfrisze.

**Zusammengesetzte Werkzeuge** bestehen aus einem Tragkörper und auswechselbaren Schneideteilen (Messer, Schneidplatten, 5.67b). Die Schneiden (HM-, HSS- oder Stellite bestückt und massiv) sitzen form- und kraftschlüssig festgespannt im Schneidenträger.

Das ist z.B. eine keilförmige Leiste mit Spannbacken, Bohrungen im Messer und entsprechenden Nocken in der Backennut. Der Schneidenträger ist lösbar mit dem Tragkörper verbunden. Vorteilhaft ist, dass der Tragkörper nur einmalig angeschafft werden muss; geschärft und damit auch verbraucht werden nur die Messer. Außerdem kann man in den Schneidenkörper verschiedene Profilmesser einsetzen (z.B. Wendemesser) und ihn dadurch vielseitig nutzen. Wichtig ist die sichere (formschlüssige) und genaue (Messersflugkreis) spanndickenbegrenzte Befestigung der Schneiden.



**Bild 5.67** Fräserarten a) einteiliges Werkzeug, b) zusammengesetztes Werkzeug, c) Verbundwerkzeug, d) Werkzeugsatz

Die Verwendung mehrseitig profilierter Messer ist verboten!

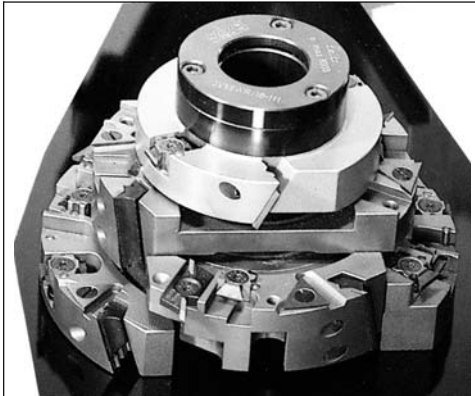
In der Praxis finden wir Werkzeuge zum Falzen, Nuten und Profilieren.

**Verbundwerkzeuge** (bestückte Werkzeuge, 5.68c) bestehen aus einem Tragkörper und durch Löten unlösbar verbundenen Schneidkörpern. Die Tragkörper sind ungehärtet oder vergütet, die Schneidkörper aus HSS oder HM. Hierher gehören z.B. HM-bestückte Sägeblätter und Bohrer sowie Falzfräser. Ihr Nachteil ist, dass sie jeweils nur ein Profil fräsen.

**Der Werkzeugsatz** besteht aus mehreren gemeinsam aufgespannten Einzelwerkzeugen der genannten Arten (5.67d). Es können also

einteilige, zusammengesetzte oder Verbundwerkzeuge sein. Man verwendet solche Sätze bei der Fensterprofil-Herstellung. Um die Rundlaufgenauigkeit der Fräser noch zu steigern, wurde ein hydraulisches Spannsystem entwickelt. Zwischen Fräswerkzeugbohrung und Frässpindel gibt es ein montagebedingtes Passungsspiel, das bei hohen Drehzahlen und großen Fräswerkzeugdurchmessern (Fliehkraft) evtl. noch verstärkt wird. Ein Spannelement aus nach innen und nach außen spannender Zentrierbuchse mit Zwischenraum für das Druckmittel-Fett dient als Aufnahme für die Fräswerkzeuge. Ist das Fräswerkzeug auf der Buchse fixiert, wird mittels einer Hochdruckfettpumpe ein Druck bis zu 450 bar im Zwi-

schenraum erzeugt, dabei drückt die innere Hülse gegen die Frässpindel und die äußere Hülse gegen die Bohrung des Fräswerkzeuges. Das Schärfen des Werkzeuges erfolgt im hydraulisch gespannten Zustand auf einem Spezi- alschleifdorn (5.68).



**Bild 5.68** Hydraulisches Fräswerkzeugspannsystem

**Unfallgefahr!** Das Arbeiten an Tischfräsmaschinen ist gefährlich. Ursachen sind die hohen Drehzahlen (Schnittgeschwindigkeit, Fliehkräfte), die Werkzeuge (Schneidenüberstand) und die dadurch verursachten hohen Rückschlagkräfte.

#### Beispiel

Arbeitet ein zusammengesetzter Fräser mit einem Flugkreisdurchmesser von 120 mm und einer Drehzahl von 9000 1/min, erreicht er nach der Formel

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0,12 \text{ m} \cdot 3,14 \cdot 9000 \text{ 1/min}}{60 \text{ s/min}} = 56,5 \text{ m/s.}$$

Das entspricht einer Geschwindigkeit von 203,4 km/h! Löste sich bei dieser Geschwindigkeit ein Messer oder bräche ein Stück ab, flöge es wie ein Geschoss heraus.

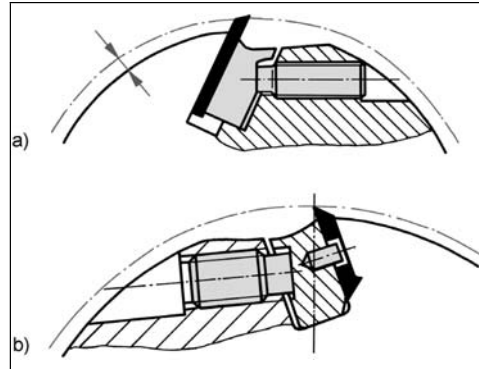
**Bei der Messerbefestigung** unterscheidet man kraft- und formschlüssige Befestigung.

**Bei der kraftschlüssigen Befestigung** wird die Schneide nur durch Anpressdruck (Reibung) der Spannschraube am Tragkörper gehalten (5.69a).

#### Beispiel

Streifenmesser der Hobelmesserwelle

**Bei der formschlüssigen Befestigung** wird das Messer durch seine Form oder Anordnung gegen Verrutschen oder Herausfliegen gesichert (z.B. drückt ein Nocken beim Spannen in eine Bohrung des Messers, 5.69b).



**Bild 5.69** Messerbefestigung  
a) kraftschlüssige Befestigung,  
b) formschlüssige Befestigung

Zusammengesetzte, sich drehende Fräs- werkzeuge müssen eine formschlüssige Messerbefestigung haben.


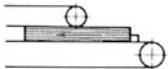
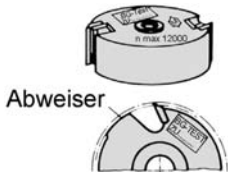
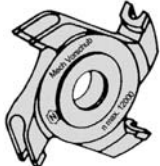
Die Vorschriften der Holzberufsgenossen- schaft (UVV) legen aus Gründen der Arbeits- sicherheit die Vorschubart und die darauf abgestimmte Bauform des Fräswerkzeuges fest (5.70). Man unterscheidet Werkzeuge für **Handvorschub** (BG-Test, EN-Norm: MAN) und für **mechanischen Vorschub** (Mech. Vorschub, EN-Norm: MEC).

Für den Handvorschub geeignete Werk- zeuge erfüllen folgende Anforderungen:

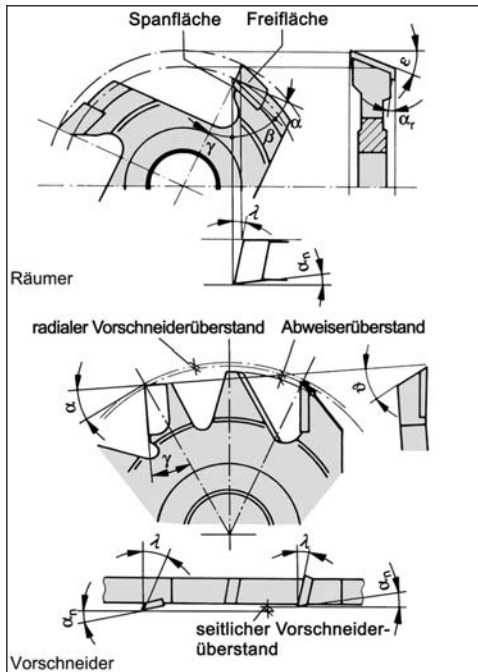
Rückschlagarm, Spandickenbegrenzung auf 1,1 mm, weitgehend kreisrunde Form, engbegrenzte Spannlücke.

Fräswerkzeuge müssen ab Baujahr 1988 den Hersteller sowie den Drehzahlbereich angeben und außerdem mit der Vorschubart gekenn- zeichnet sein. Der angegebene Drehzahlbe- reich muss eingehalten werden. Ist bei älteren Werkzeugen nur die max. zulässige Drehzahl angegeben, darf eine Schnittgeschwindigkeit von 40 m/s nicht unterschritten werden (erhöhte Rückschlaggefahr).

**Tabelle 5.70** Vorschubarten bei Fräsmaschinen

	 <p><b>Handvorschub</b></p>	 <p><b>mechanischer Vorschub</b></p>
Zufuhr und Vorschub	nur von Hand (z.B. Fräsen am Anschlag mit Vorschubapparat, Fräsen mit Schiebeschlitten)	durch kraftbetriebene Spann- und Zuführvorrichtungen (z.B. Doppelendprofiler, Vierseitenhobelmaschine)
	 <p>Abweiser</p>	
Bedingungen und Merkmale	Spandicke max. 1,1 mm, weitgehend kreisrunde Form, engbegrenzte Spanlückenweite, rückschlagarm	keine Begrenzung
Prüfzeichen	BG-Test, MAN oder HAND Handvorschub	dauerhafter Aufdruck „Mech. Vorschub“ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">MEC</div>

5



**Bild 5.71** Schneidengeometrie und Werkstoffe

**Winkel an Fräswerkzeugen**

- $\alpha$  = Freiwinkel: Winkel zwischen Tangente an den Flugkreisdurchmesser und Freifläche.
- $\beta$  = Keilwinkel: Winkel zwischen Spanfläche und Freifläche.
- $\gamma$  = Spanwinkel: Winkel zwischen Spanfläche und der Durchmesserlinie.
- $\lambda$  = Achswinkel: Brustschräge.
- $\epsilon$  = Fasewinkel: am Holz gemessen.
- $\alpha_n$  = Flankenwinkel: seitliche Freistellung der Schneide.
- $\theta$  = Rückenschrägungswinkel: nur bei Vorschneidern.
- $\alpha_r$  = Unterstechungswinkel: radiale Freistellung.

**Tragkörper**

Für Tragkörper (auch Grundkörper genannt) von Verbund- und zusammengesetzten Werkzeugen werden verwendet: Stahl, legiert und unlegiert, warmverformt, wärmebehandelt, Leichtmetall-Legierungen, geknetet, wärmebehandelt.

**Schneidenwerkstoffe**

- SP = Spezialstahl, legierter Werkzeugstahl.
- HL = Hochleistungsstahl, hochlegierter Werkzeugstahl.
- HSS = Hochleistungsschnellstahl.
- Stellit = vorteilhafte Anwendung bei Exoten- und Harthölzern.
- HM = Hartmetall, nach unserer Wahl, bestgeeignet für den jeweiligen Verwendungszweck, insbesondere für Plattenwerkstoffe mit Beschichtung.
- DIA = Polykristalliner Diamant.

Fräsdorne für Tischfräsmaschinen müssen mindestens 30 mm Durchmesser haben. Zwischenhülsen beim Aufspannen sich drehender Werkzeuge sind nur zulässig, wenn sie die gleiche Passung wie Werkzeuge und Werkzeugträger haben.

**Wartung und Pflege.** Die Werkzeuge sollten rechtzeitig gewechselt, regelmäßig gereinigt, geschärft und sorgfältig aufbewahrt werden. Fräser scharft man nur auf Schleifmaschinen mit Teileinrichtung. Dabei dürfen keine Winkel verändert werden. Profilmesser sollten vor dem Anschärfen aufgezeichnet werden. Grundsätzlich sind die Vorschriften der Werkzeughersteller zu beachten.

5

#### Pflegegrundsätze

- Stumpfe Werkzeuge arbeiten schlecht und sind gefährlich.
- Schadhafte Werkzeuge (z.B. abgenützte Schrauben, Risse) nicht mehr verwenden.
- Verharzte Werkzeuge säubern.
- Werkzeuge nur auf weichen Unterlagen (z.B. Holz) ablegen und sofort nach Gebrauch wieder an ihren Platz zurückbringen.

**Zum Fräsen von Längsseiten mit Handvorschub** verwenden wir ein für Handvorschub geeignetes spandickenbegrenztes Werkzeug. Für das Probefräsen nehmen wir ausreichend lange und breite Werkstücke und beginnen immer an der Werkstückvorderkante. Einsatzfräsen vermeiden wir oder verwenden eine den Werkstückabmessungen angepasste Rückschlagsicherung. Bei langen Werkstücken zusätzliche Tischverlängerung anbringen, um ein Abkippen des Werkstückes zu verhindern (5.73a). Nicht bei laufender Maschine den Anschlag verstellen!

**Beim Einsetzfräsen kurzer Werkstücke** arbeitet man mit Werkzeugen für Handvorschub (5.73c)! Nach dem Einstellen der Tischfräse stellt man die Spannlade nach den Abmessungen des Werkstücks ein. Tischverlängerungen mit Queranschlügen anbringen. Die Stahlstifte müssen in das Werkstück eindringen, damit es sicher in der Spannlade liegt. Die Lade wird an die linke Anschlaghälfte angelegt – beim Einschwenken ist auf die ständig feste Anlage des Einsteckbolzens zu achten. Beide Hände befinden sich rechts vom Fräsdorn.

#### Unfallverhütung

- Gefahrenbereiche kennen (5.72).
- Richtiges und passendes Werkzeug wählen (Vorschubart und Werkstückmaterial beachten)!
- Vor Aufspannen des Werkzeugs die Spindel arretieren, den Schneidezustand prüfen und die Tischöffnung durch Einlegeringe dem Werkzeughalter anpassen.
- Die Drehzahl der Spindel richtet sich nach dem Werkzeug und dem Arbeitsgang. Sie muss mit dem Herstellerzeichen dauerhaft angebracht sein und darf nicht überschritten werden (5.70).
- Schnitthöhe und -tiefe nur im Stillstand einstellen. Die Anschlaglineale möglichst dicht am Schneideflugkreis feststellen.
- Handabweisbügel entsprechend Werkstückhöhe anbringen, hintere Werkzeugverdeckung schließen, Probefräsung durchführen.
- Auslaufzeit der Spindel durch Bremsenrichtung auf 10 s begrenzen.
- Stets den Gehörschutz tragen.

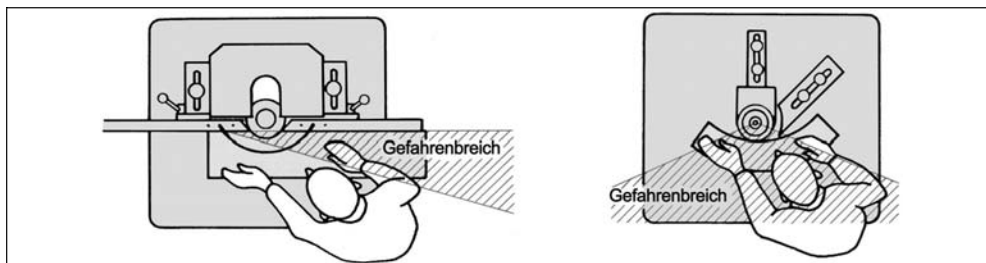
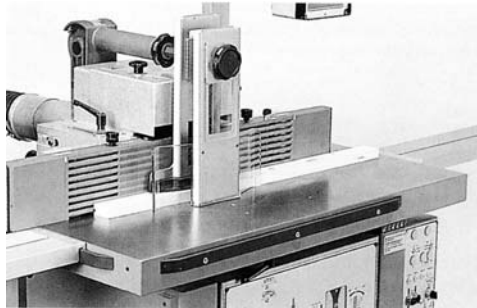
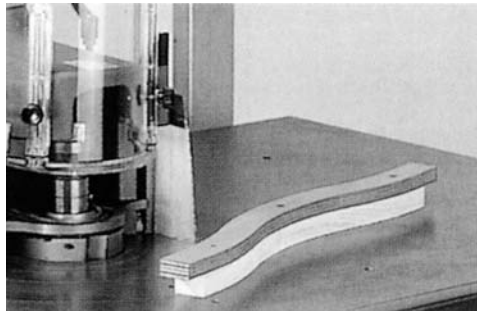


Bild 5.72 Gefahrenbereiche

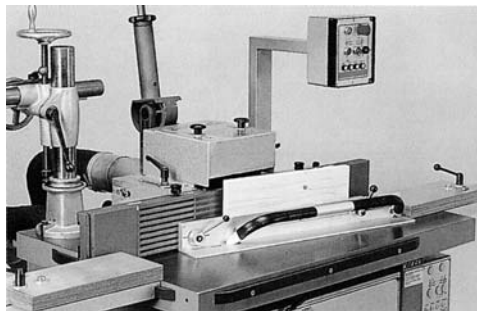
Das **Bogenfräsen mit Schablone** geschieht ebenfalls mit Werkzeugen für Handvorschub (5.73b). Der Anlaufring oder Bogenanschlag wird so über dem Werkzeug montiert, dass er die Schablone sicher führt. Die Werkzeugverdeckung muss den Schneidenflugkreis des Fräswerkzeuges im Arbeitsbereich um mindestens 15 mm überragen.



a)



b)



c)

**Bild 5.73** Arbeiten an der Tischfräsmaschine

- a) Fräsen von Längsseiten mit Handvorschub,
- b) Bogenfräsen mit Schablone
- c) Einsetzfräsen kurzer Werkstücke

Die verlängerte Schablone wird mit Stiften oder Spannern auf dem Werkstück befestigt, langsam am Anlaufring bis zum Beginn der Zerspanung vor- und dann gleichmäßig weitergeschoben. Bei Gegenholz setzen wir den Fräsvorgang durch Abdrehen fort. Beim Fräsen am Anlaufring ohne Schablone befestigen wir die Zuführleiste so, dass sie ein Mitdrehen des Anlauftrings verhindert. Die Zuführkante der Leiste muss gerade sein.

#### Arbeitsregeln

- Werkzeug prüfen und aufspannen.
- Schutzvorrichtungen prüfen und anwenden.
- Auflagetisch sauber halten.
- Anschlag nach dem Einstellen sicher befestigen.
- Beim Fräsen bogenförmiger Werkstücke das Werkzeug stets von oben verdecken.
- Arbeitsstellung und Handhaltung beachten.
- Auslaufzeit der Freispindel auf max. 10 Sekunden begrenzen.

5

### 5.2.6.2 Andere Fräsmaschinen

#### Stationäre Oberfräsmaschinen

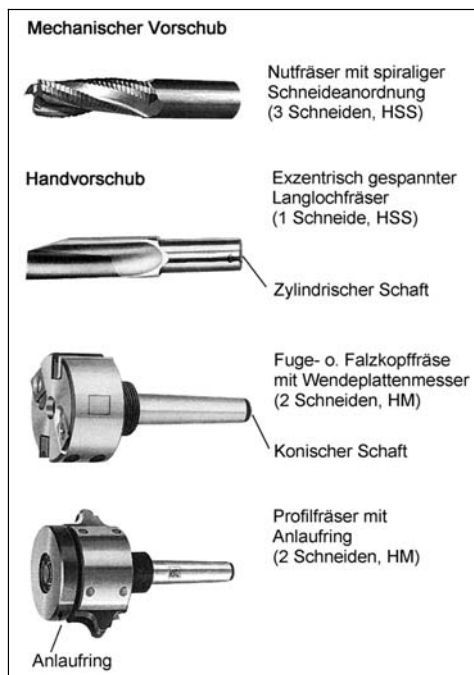
Sie werden zum Kopieren von Formen und zum Einlassen von Beschlagteilen eingesetzt. Besonders eignen sie sich für die Fertigung von Massenartikeln aus Holz, Kunststoff, Plexiglas und ähnlichen Werkstoffen mit Einfräsen, Bohrungen und Nuten. Meist kopiert man dabei nach untergelegter Negativschablone (5.76).

**Der Aufbau** ähnelt dem der Ständerbohrmaschine (5.74). Der Graugussständer dämpft die Erschütterungen, der Auflagetisch ist über ein Handrad höhenverstellbar. Die Frässpindel sitzt an einem Auslegerarm und ist bei einigen Fabrikaten bis 90° nach rechts und links schwenkbar. Bei anderen Maschinen lässt sich der Auflagetisch schwenken. Die Frässpindel bewegt sich durch einen Support (Vorschubeinrichtung) auf und ab. Der Vorschub geschieht durch das Werkstück. Den Direktantrieb der Frässpindel erzeugt ein Mittelfrequenzmotor (200 bis 300 Hz), der über einen eingebauten Frequenzumformer gespeist wird. Durch Umschalten der Frequenz, erreicht man wahlweise 12000 und 18000 U/min.



**Bild 5.74** Stationäre Oberfräsmaschine

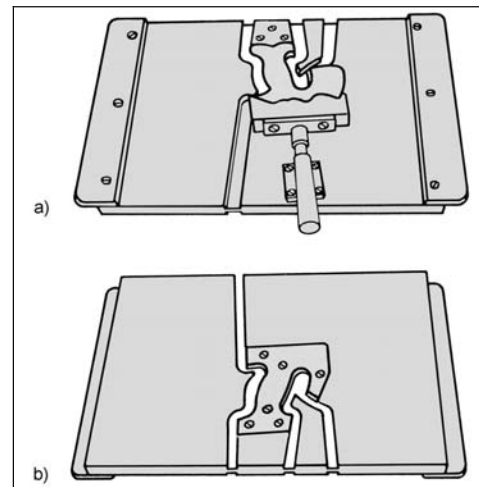
Als **Werkzeuge** verwenden wir meist ein- und zweischneidige Fräswerkzeuge, die zentrisch oder exzentrisch ins Spannfutter eingesetzt werden. Es können auch andere Spannfutter aufgesetzt werden. Bei exzentrischen Fräsern können die Fräslochdurchmesser verändert werden.



**Bild 5.75** Fräswerkzeuge für Oberfräsmaschine

Es gibt Oberfräserwerkzeuge (Schaftwerkzeuge) für Rechts- und Linkslauf. Außen- und Innenfräsen. Für Bohrungen werden Werkzeuge zum Einbohren, Innen- und Außenfräsen verwendet. Durch den Einsatz von Hartmetall-Wendeschneidplatten erhöht sich die Standzeit, die Schneidengeometrie und die Werkzeug- durchmesser bleiben erhalten. Der Werkzeuggrund- körper muss nur einmal beschafft werden (5.75).

**Beim Kopieren** trägt die Negativschablone auf der Oberseite das Werkstück und hat auf der Unterseite die Einfräsung für die ge- wünschte Form des Werkstücks (5.76). Wir schieben die Frässhablone am *Kopierstift* (der mit dem Werkzeug eine Achse bildet) so ent- lang, dass das Werkzeug das Werkstück genau in Form der Negativschablone bearbeitet. Der Kopierstift ist höhenverstellbar und für ver- schiedene Durchmesser auswechselbar.



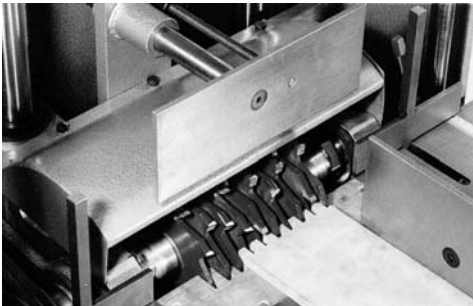
**Bild 5.76** Oberfrässhablone  
a) Oberseite mit dem Werkstück hier Werkzeuggriff, b) Unterseite mit Negativform

#### Unfallverhütung

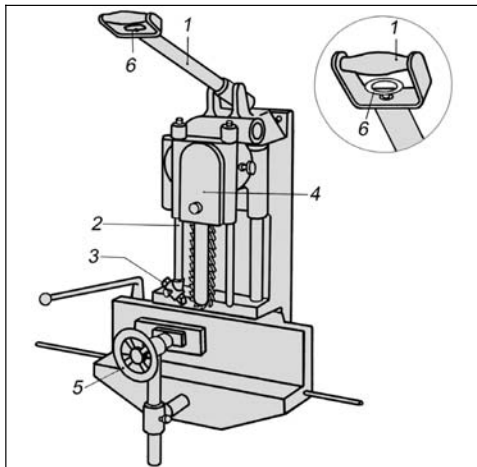
- Werkzeugverdeckung anbringen und einstellen.
- Werkstück entweder über die Schablon- ne am Kopierstift oder auf dem Tisch montierte Anschläge führen. Dabei stets außerhalb des Zerspanungsbe- reichs bleiben.
- Beim Werkstückvorschub Gleichlauf- fräsen vermeiden.

**Die Zinkenfräsmaschine** gibt es in verschiedenen Ausführungen

- zur Herstellung von schwalbenschwanzförmigen Zinken als Eckverbindung für offene, halb- oder ganzverdeckte Zinken, Gratnuten und -leisten sowie Gehrungsfederverbindungen.
- zur Herstellung von Keilzinken für Längsholzverbindungen im Fenster- und Gestellbau.



**Bild 5.77** Zinkenfräsmaschine



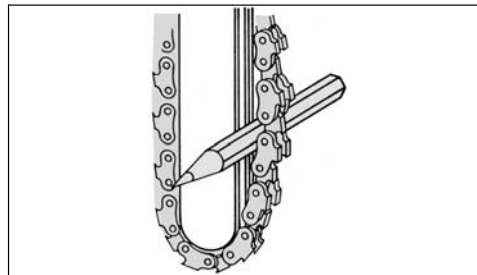
**Bild 5.78** Kettenfräsmaschine  
 1 Bedienungshebel  
 2 bewegliche Schutzstangen zum Einstellen der Arbeitshöhe  
 3 Spanbrecher an der Schutzstange  
 4 Antriebsverkleidung  
 5 Spaneinrichtung  
 6 Sicherung gegen unbeabsichtigtes Ingangsetzen

**Die Kettenfräsmaschine** (Kettenstemm-Maschine, 5.78) dient zum Fräsen von Einfach- und Doppelschlitten im Fensterbau sowie zum Ausfräsen von Schlosskasten und Riegeln bei Türen. Sie wird als Wand- oder Ständermaschine gebaut. Der Maschinenständer trägt im Oberteil den Führungsschlitten, der durch einen Handhebel nach unten bewegt wird. Im Oberteil sitzen der Antriebsmotor und das umlaufende Fräskettenwerkzeug. Durch Federzug wird der Führungsschlitten mit dem Werkzeug wieder nach oben bewegt. Unter der Fräskette befindet sich der nach rechts und links sowie nach vorn und hinten verstellbare Aufspanntisch.

**Das Werkzeug** ist eine umlaufende Sägezahnkette, die regelmäßig mit einem Spezialgerät nachgeschärft werden muss. Neuere Maschinen haben eine Kettenschmierung, die auch bei laufender Fräskette schmiert.

#### Unfallverhütung

- Vor Beginn Schutzstangen und Fräskettenspannung prüfen (5.79).
- Prüfen, ob die Sicherung bei unbeabsichtigtem Einrücken anspricht.
- Werkstück sicher einspannen.
- Mit der rechten Hand den Frässlitten absenken (Griff), mit der linken das Werkstück bewegen (Hebel).
- Niemals beim Bearbeiten die Hände auf das Werkstück legen!

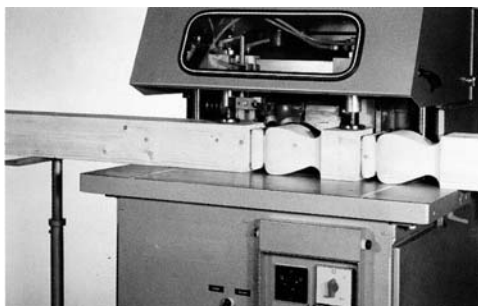


**Bild 5.79** Prüfen der Kettenspannung

**Profilfräsmaschinen** haben mehrere Spindeln (5.80). Sie fräsen Rundstäbe (Dübelstangen), Viertelstäbe, Profilleisten, Sockelleisten, Führungsstäbe usw. in einem Arbeitsgang sauber fertig. Im Aufbau gleichen sie den Kehlautomaten, sind jedoch in den Abmessungen kleiner. Die Werkstücke werden mechanisch vor-



geschoben, zuerst abgerichtet, dann links und rechts mit Fräsern im Gegenlauf profiliert und zum Schluss auf Dicke gehobelt.



**Bild 5.80** Profilfräsmaschine

**Doppelendprofiler** sind eine Kombination von Kreissägen- und Fräsmaschinen. Überwiegend setzt man sie in der Serienfertigung ein. Auf automatisch laufenden Vorschubplattenbändern führen sie bei Geschwindigkeiten bis 30 m/min mehrere Arbeitsgänge (wie Ritzen, Ablängen, Fräsen und Nuten) beidseitig durch. Auf den über den Plattenbändern liegenden Querträgern lassen sich zusätzlich verschiebbare Bohraggregate anbringen.

**Die Kantenleimmaschine** arbeitet ebenfalls vollautomatisch. Sie kann Werkstücke in einem Durchlaufein- oder beidseitig an den Kanten bearbeiten, Leim oder Kleber auftragen, die Kanten anpressen, bündig fräsen und schleifen. Durch Zusammenstellen von Doppelendprofiler und Kantenleimmaschine entstehen mehrstufige, verkettete Arbeitsabläufe (*Fertigungsstraßen*, 11.3), in denen bis zu 12 Arbeitsgänge beidseitig und vollautomatisch in einem Durchlauf ausgeführt werden können. Die Vorschubgeschwindigkeiten erreichen 40 m/min. Durch Anbringen von Säge- oder Bohraggregaten sind auch Bearbeitungen in der Fläche möglich. Solche Anlagen finden wir in der industriellen Möbelfertigung.

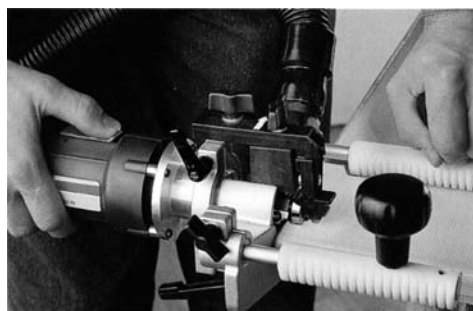
#### Unfallverhütung an mehrstufigen Bearbeitungsanlagen

- Sicherung von Quetsch-, Scher- und Einzugsstellen.
- Schalter und Hebel nach den Vorschriften der Holz-Berufsgenossenschaft.

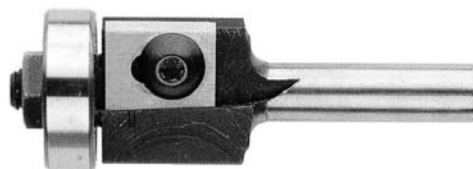
**Handfräsmaschinen** gibt es in mehreren Ausführungen für unterschiedliche Anwendungen.

**Die Handoberfräse** dient zum genauen freihändigen Profilieren von Flächen, zum Fräsen nach Schablone, zum Dübellochbohren und zum Einlassen von Beschlägen.

**Die Umleimer- und Kantenfräse** verwenden wir zum Bündigfräsen von Flächen- und Kantenüberständen aus Kunststoff oder Holz sowie zum Anfräsen von Profilen. Die Maschinen sind mit einem Abtaster ausgerüstet. Er lässt sich so einstellen, dass der Umleimer mit der Fläche eben gefräst wird (5.81).



a)



b)

**Bild 5.81** a) Arbeiten mit der Kantenfräse  
b) HM-Wendepaltenfräser für Kantenfräse

**Die Kittfräse** braucht der Glaser/Fensterbauer zum Ausfräsen von Kitt- und Glasresten, bevor er ein neues Glas einsetzt.

Die **Handnutfräsmaschine** mit Winkelanschlag ist einsetzbar für die Herstellung von Nut- und Federverbindungen bei stumpfen oder Gehrungsverbindungen von Korpusecken. Als Verbindungsmittel dienen Lamellofedern aus Sperrholz (Abschn. 7.1.3), wenn verleimt wird. Für demontable Verbindungen gibt es ein- und aushängbare Metallfedern.

Als **Werkzeug** dienen überwiegend hartmetallbestückte Fräswerkzeuge (Bild 5.81b).

#### Unfallverhütung an der Handfräsmaschine

- Vorrichtungen zur sicheren Maschinenführung benutzen.
- Werkstücke eben auflegen und gegen Verschieben sichern.
- Schablonen gegen Verschieben sichern.
- Maschinen erst nach Stillstand aus der Hand legen.
- Bei Werkzeugwechsel oder Störung Stecker ziehen.
- mit beiden Händen arbeiten

### 5.2.7 Bohrmaschinen

5

#### Arbeitsauftrag Nr. 35 Lernfeld LF 2,4,12

- Sie sollen sich einen Überblick über Maschinenbohrer verschaffen und präsentieren können. Nutzen Sie zur Lösung dieser Aufgabe die „1, 2, 3- Manager-Teamwriting-Methode“. Bilden Sie vierer oder sechser Gruppen. Jeder Teilnehmer entwirft folgendes Formblatt.

Bohrer/Skizze	Name des Bohrers	Merkmal	Verwendung

Empfohlene Blattgröße DIN A3 hochkant.

Aus der Tabelle 5.82 Maschinenbohrer wählt jeder Teilnehmer jeweils einen Bohrer, einen Namen, ein Merkmal oder die entsprechende Verwendung aus und vervollständigt das Formblatt. Nach kurzer Bearbeitungszeit (empfohlen 3 – 5 Min.) wird das jeweilige Formblatt in der Arbeitsgruppe weitergereicht und von dem nächsten Schüler in entsprechender Zeitspanne weiter bearbeitet.

Der Ablauf wiederholt sich bis zur Vollständigkeit des Formblattes.

- Nun erfolgt die Präsentation durch die Gruppen.

Bohrmaschinen brauchen Tischler und Holzmechaniker zum Bohren von Dübellöchern, zum Ausflicken von Ästen und zum Bohren von Beschlagslöchern. Den spanabhebenden Vorgang des Bohrens haben wir schon bei den Bohrwerkzeugen kennen gelernt. Je nach dem Verfahren wird der Bohrer gegen das Werkstück oder das Werkstück gegen den Bohrer geführt. Beim normalen Bohrer bewegt sich der Bohrer entlang seiner Längsachse gegen das Werkstück. Beim Langlochbohren bewegt er sich bis zur gewünschten Tiefe axial (entlang der Achse) gegen das

Werkstück, dann quer zur Bohrtiefe, sodass ein *Langloch* entsteht. Alle Bewegungen können durch Anschläge genau fixiert werden.

**Bohrwerkzeuge** für Maschinenbohrungen teilen wir ein nach Einsatz (z.B. Dübelloch-, Astloch-, Senkbohrer), Form (z.B. Schlangen-, Spiral-, Forstnerbohrer) und Anzahl bzw. Anordnung ihrer Haupt- und Nebenschneiden (5.82).

**Maschinenarten.** Nach dem Verwendungszweck unterscheiden wir

## Handbohrmaschinen

### Stationäre Bohrmaschinen

- Ständerbohrmaschine
- Astlochbohrmaschine
- Dübellochbohrmaschine
- Reihenlochbohrmaschine
- Kombinierte Bohrautomaten
- Langlochbohrmaschine

### Gemeinsame Merkmale

- Stahl- oder Graugussständer als Träger, stehend oder an der Wand hängend
- verstellbarer Auflagetisch (evtl. mit Werkstück-Spannvorrichtung)
- vertikal oder horizontal gelagerte Bohrspindel(n), evtl. verstellbar
- Antrieb direkt oder indirekt mit Riemen oder Kette

**Tabelle 5.82** Maschinenbohrer

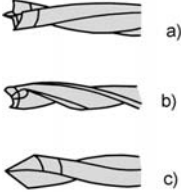


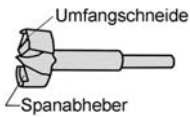
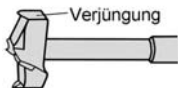
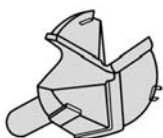
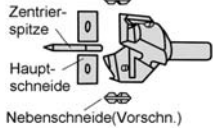
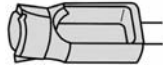
Bohrer	Merkmale	Verwendung
<p>Spiral- oder Dübellochbohrer</p>  <p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p>	<p>gestreckter, zylindrischer HM-Schneidkopf mit 2 Haupt- und Nebenschneiden (radial bzw. am Umfang) a) Zentrierspitze, Spanntut zum Abführen der Späne, Schaft mit Gewinde oder Zylinder; Antrieb über Zahnräder für bes. harte, anspruchsvolle Werkstoffe (Schichtpressstoffe) HM-Schneidköpfe oder 3 Haupt- und Nebenschneiden (b u. c)</p>	<p>in Dübelloch- und Reihenlochbohrmaschinen für alle Materialien; saubere, maßgenaue Bohrungen; mit Dachspitze für Metalle und Durchgangsbohrungen; durch Kombination mit verstellbarem Aufstecksenker werden die Dübellöcher zugleich angefast</p>
<p>Levin-Spiralbohrer (HSS)</p> 	<p>1 Schneide, Führungsfacetten, großer Spanraum (HSS)</p>	<p>Massenfertigung hohe Standzeiten</p>
<p>Stufenbohrer (HSS, HM-bestückt)</p> 	<p>Vorbohrer mit 2 Schneiden, 2 Vorschneidern und Zentrierspitze, Nachbohrer mit 2 Schneiden und 2 Vorschneidern mit abgesetzten zylindrischen oder Gewindeschaft (HSS/HM)</p>	<p>für abgestufte, maßgenaue Beschlagsbohrungen in der Serienfertigung</p>
<p>Forstnerbohrer</p>  <p>Umfangschneide</p> <p>Spanabheber</p>	<p>flacher, zylindrischer Schneidekopf, nach oben verjüngt, unten angeschliffen oder gezahnt; 2 Vorschneider für die höher sitzenden Spanabheber; kurze Zentrierspitze, daher genaues Ansetzen; Antrieb der Bohrer einzeln über eine Hohlwelle mit Rutschkupplung</p> <p>beim Bohren greifen zuerst die Hauptschneiden (Spanabheber) von der Mitte radial nach außen; nach <math>\frac{1}{3}</math> Schnittbreite beginnen die Nebenschneiden zu arbeiten</p>	<p>vorwiegend in Astlochbohrmaschinen, für bes. saubere Löcher mit glatter Grundfläche (Ausflicken von Ästen), nicht für tiefere oder durchgehende Bohrungen</p>
<p>Kunstbohrer</p>  <p>Verjüngung</p>	<p>weiterentwickelter Forstner-B, mit 2 schmalen Vorschneidern, daher schlecht von Hand zu führen; auch mit verstellbarem Messer</p>	<p>vorwiegend in Astlochbohrmaschinen</p>
<p>Zylinderkopfbohrer</p> 	<p>flacher, zylindrischer Schneidekopf, nach oben verjüngt, unten angeschliffen; 3 Haupt- und Nebenschneiden, Hauptschneiden radial geneigt (arbeitet radial von innen nach außen), dadurch verkürzte Zentrierspitze; Schneiden und Zentrierspitze auswechselbar</p>	<p>für besonders harte Materialien (Schichtpressstoffe), für tiefere Bohrungen bei dicken Platten</p>

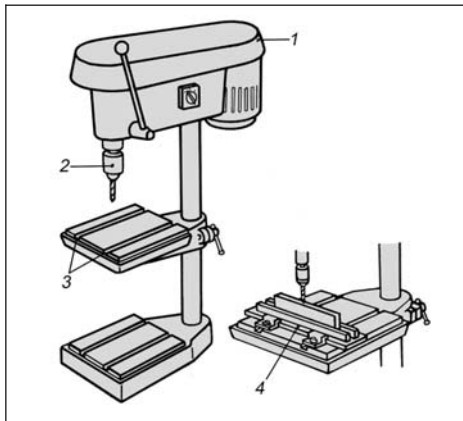
Tabelle 5.82 Fortsetzung

Bohrer	Merkmale	Verwendung
<b>Zylinderkopfbohrer mit Wendeschneideplatten</b> 	wie vorher, aber auswechselbare HM-Wendepplatten, Wendevorschneidern und Zentrierspitze; konstanter Schneiddurchmesser	für maßhaltige Beschlagbohrungen in Vollholz und Plattenwerkstoffen, unbeschichtet und beschichtet
<b>Scheiben-(Zapfen-)schneider</b> 	1 oder 2 spiralförmige Räume schneiden am Umfang, Innen-Ø zwischen 10 und 50 mm in 5-mm-Stufung; Antrieb über Hohlwelle mit Rutschkupplung	für Scheiben oder Zapfen aus Querholz zum Einsetzen in die mit Forstner-B. vorbereiteten Astlöcher

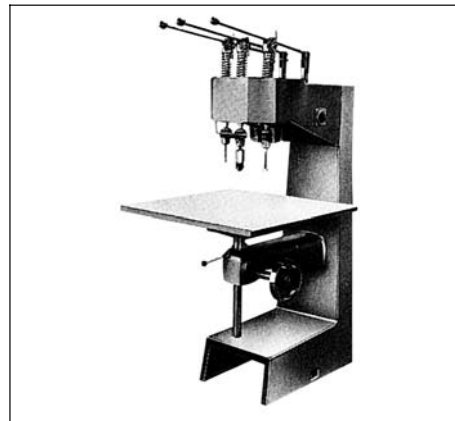
5

**Die Ständerbohrmaschine** hat eine durch Handrad in der Höhe verstellbare vertikale Bohrspindel, die ein Bohrfutter zur Aufnahme der Bohrer trägt (5.83). Der in der Höhe verstellbare, drehbare Auflagetisch ist mit zwei Schwalbenschwanznuten versehen, um die Spannvorrichtungen aufzunehmen. Die Drehzahlen der Bohrspindel lassen sich dem Bohrdurchmesser in 12 Drehzahlstufen anpassen.

Für Bohrungen in Metall haben einige Fabrikate eine Kühleinrichtung. Ständerbohrmaschinen eignen sich besonders für genaue Einzelbohrungen, etwa für Beschläge (Fensterbau) in Holz, Kunststoff oder Metall. Kleine Werkstücke können wir in einen Maschinenschraubstock einspannen, der mit mindestens zwei Schrauben auf dem Maschinentisch befestigt ist.



**Bild 5.83** Ständerbohrmaschine  
 1 Antriebsverkleidung  
 2 Werkzeugspannvorrichtung (Bohrfutter)  
 3 Nuten im Arbeitstisch zum Befestigen der Werkstückspannvorrichtungen  
 4 Bohrschablone für schmale Werkstücke



**Bild 5.84** Astlochbohrmaschine

Die **Astlochbohrmaschine** gibt es als Ständer- und Wandmaschine mit 3 bis 5 Bohrspindeln, die einzeln oder zusammen angetrieben werden (5.84). Aus Sicherheitsgründen haben diese Maschinen oft eine automatische Kupplung, damit sich die Bohrspindeln erst in Bewegung setzen, wenn sie mit dem Handrad oder Hebel ans Werkstück herangeführt werden. Eine Druckfeder führt die Bohrspindel wieder nach oben, wenn der Hebel oder das Handrad losgelassen werden. Auf den mehrspindeligen Maschinen können wir gleichzeitig Bohrer unterschiedlicher Durchmesser einspannen und damit mehrere Arbeitsgänge (z.B. beim Anschlagen eines Topfbands) durchführen.

**Astflickautomaten** führen automatisch mehrere Arbeitsgänge aus: Astausbohren, Leimeinspritzen, Zapfendübel einpressen. Die Hubbewegung der Bohrspindeln geschieht pneumatisch.

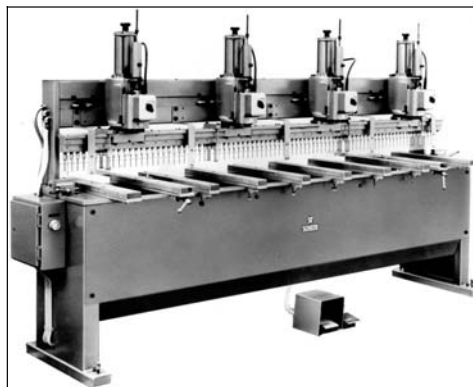
**Dübellochbohrmaschinen** verwendet man zum Bohren von Korpussen, Rahmenverbindungen und Schubkästen sowie zum Einbohren von Schrankbeschlägen. Auf einem bzw. zwei schwenkbaren Bohrbalken sitzen mehrere Bohrspindeln für vertikale, schräge (Gehrung) und horizontale Bohrungen sowie Rasterbohrungen (32 mm). Die Bohrer werden sicher und genau mit einem Gewindeschafte befestigt. Nachdem das Werkstück pneumatisch gespannt ist, wird der Bohrbalken hydraulisch/pneumatisch vorgeschoben.

Die **Reihenlochbohrmaschine** dient speziell zum Bohren von Lochreihen in Schrankseiten und für Beschlagsbohrungen in Schranktüren. Der Auflagetisch hat Anschläge und kann nach beiden Seiten verlängert werden. So lassen sich auch lange Werkstücke durchlaufend bohren (5.85). Ein pneumatischer Niederhalter hält sie fest.

**Kombinierte Bohr- und Montageautomaten** arbeiten überwiegend in der Serienfertigung. Bei ihnen sind Gehrungssägen oder Nutfräsen mit verschiedenen Bohraggregaten gekoppelt, sodass Gehrungsschneiden und Rückwandnutfräsen mit Dübellochbohren in einer Werkstückeinspannung möglich sind.

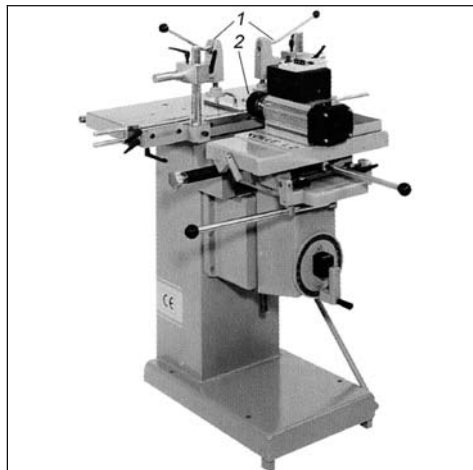
Mit der **direkt angetriebenen Langlochbohrmaschine** können wir einzelne Dübellöcher, aber auch Langlöcher (z.B. Zapfenlö-

cher) ausbohren. Die Spindel ist horizontal gelagert (5.86). Zuerst wird das Werkstück aufgespannt, dann werden die Bearbeitungsgrenzen durch Anschläge in der Tiefe (axial = Lochtiefe) und Breite (seitlich = Lochlänge) festgelegt. Beim Langlochbohren muss das Werkzeug zuerst (axial) bohren und dann (seitlich) fräsen. Dazu dienen besondere Fräsbohrer mit seitlichen Schneiden.



**Bild 5.85** Reihenlochbohrmaschine

Die Langlochbohrmaschine gibt es auch als Teileinrichtung einer kombinierten Maschine.



**Bild 5.86** Langlochbohrmaschine  
 1 Werkstückspannvorrichtung  
 2 Werkzeugverdeckung und -Spannfutter

Handbohrmaschinen sind sehr robust, weil sie im Betrieb, auf der Baustelle und auch vom Heimwerker beansprucht werden. Besonders strapaziert werden Kabel und Stecker. Defekte elektrische Teile sind deshalb auch die häufigste Ursache von Unfällen. Die heutigen Handbohrmaschinen sind alle schutzisoliert. Wir unterscheiden die normale Handbohr- und die Handschlagbohrmaschine.

**Die normale Handbohrmaschine** hat 2 oder 4 mechanisch umschaltbare Drehzahlbereiche. Gute Maschinen sind auch auf Rechts- oder Linkslauf umzuschalten und haben eine stufenlose Dreh-

zahlpassung (Steuerelektronik-Schalter). Unterschiedlich große Bohrdurchmesser erfordern verschiedene elektrische Leistungen, unterschiedliche Werkstoffe verschiedene Drehzahlen (Schnittgeschwindigkeit). Übliche Handbohrmaschinen haben ein Dreibackenfutter als Spannvorrichtung für die Bohrer (Spiralbohrer, Forstnerbohrer usw.) bis 13 mm Schaftdurchmesser. Die Bohrlochtiefe stellen wir mit Tiefenanschlügen ein. Netzunabhängige Bohrschraubmaschinen sind flexibler einsetzbar. Ausgestattet mit einem aufladbaren Akku und einem Ladegerät, haben diese Maschinen eine netzunabhängige Laufzeit von ungefähr einer Stunde.



**Bild 5.87** a) Handschlagbohrmaschine; b) Ladegerät;



**Bild 5.88** Bohrschraubmaschine

**Die Handschlagbohrmaschine** eignet sich für Bohrungen in Mauerwerk und Beton. Die Schlagwirkung wird über Nocken ausgelöst. Schlagstärke und Drehzahl lassen sich verändern. Als Werkzeug dienen hartmetallbestückte Spiralbohrer (5.87).

#### Unfallverhütung an Bohrmaschinen

- Enganliegende Kleidung sowie Mütze oder Haarnetz zum Schutz gegen Aufwickeln der Haare tragen. Beim Bohren von sprödem Material Schutzbrille aufsetzen.

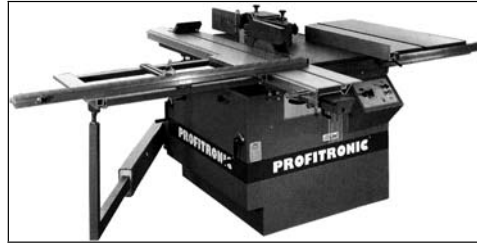
- Werkstück auflegen und sicher festspannen (gegen Herumreißen sichern). Spannschlüssel nicht im Bohrfutter stecken lassen.
- Nur rundlaufende Spannfutter verwenden oder Futter verdecken. Vorstehende Futterteile zusätzlich verdecken.
- Schmale Werkstücke in Bohrschablonen bohren.
- An Maschinen mit Vielfach-Bohrköpfen müssen Werkzeuge und Spindeln in der Ausgangsstellung bis auf die Austrittsöffnung verdeckt sein, wenn die Werkzeuge in der Ausgangsstellung nicht zwangsläufig stillstehen.

#### Kombinierte und Mehrzweckmaschinen

vereinigen mehrere Bearbeitungstechniken. Während jedoch die mehrstufigen Anlagen der Serienfertigung mehrere Bearbeitungen im Durchlauf nacheinander ausführen, muss die Mehrzweckmaschine jeweils umgerüstet wer-

den. Man setzt sie bei Platzmangel ein oder wenn Einzelmaschinen nur ungenügend ausgelastet wären. In kleiner Ausführung sind es heute auch beliebte Heimwerkermaschinen. Wir unterscheiden:

- Kombinierte Abricht- und Dickenhobelmaschine
- Kombinierte Kreissägen- und Langlochbohrmaschine
- Kombinierte Kreissägen-, Fräs- und Langlochbohrmaschine (5.89)
- Kombinierte Kreissägen-, Fräs-, Langloch-, Abricht- und Dickenhobelmaschine
- Kombinierte Tischfräs- und Schleifmaschine



**Bild 5.89** Kombinierte Kreissägen – Fräsmaschine

#### Unfallverhütung

- Schutzvorschriften der entsprechenden Einzelmaschinen befolgen.
- Alle nicht benutzten Werkzeuge entfernen oder verdecken.

5

## 5.2.8 Schleifmaschinen

### Arbeitsauftrag Nr. 36 Lernfeld LF 2,4,12

- Um sich Fachkenntnisse über Schleifmaschinen zu erarbeiten bietet sich die „Kopf-Stand-Technik“ an.

Fragen zum Thema werden bei dieser Methode auf den Kopf gestellt, also in ihr Gegenteil verkehrt.

#### Beispiel:

*Frage:* Was versteht man unter Nass- und Trockenschliff?

*Kopfstand/Gegenteil:* Was versteht man nicht unter Nass- und Trockenschliff?

- Bitte stellen Sie die folgenden Fragen nach dieser Methode um. Notieren Sie die Kopfstand- Fragen auf Karteikarten.
  1. Was versteht man unter Nass- und Trockenschliff?
  2. Wie wird bei der Bandschleifmaschine das Schleifband gewechselt und gespannt?
  3. Wie setzen Sie den Schleifschuh der Bandschleifmaschine auf das Schleifband?
  4. Bei welchem Schliff können Vollholzoberflächen auch quer zur Faser geschliffen werden?
  5. Wodurch vermeidet man ein frühzeitiges Vollsetzen des Schleifkorns?
  6. Welche Bauarten von Breitbandschleifmaschinen gibt es?
  7. Erläutern Sie die Arbeitsunterschiede der Breitband- und der Bandschleifmaschine.
  8. Warum müssen in der Serienfertigung Plattenwerkstoffe vor dem Verleimen auf gleiche Dicke geschliffen (kalibriert) werden?
  9. Wie arbeitet die Zylinderbandschleifmaschine?
  10. Wie läuft das Schleifband bei der Kanten- und der Bandschleifmaschine um?
  11. Was bedeutet das Zeichen M auf einem Schwingschleifer?
  12. Welche Sicherheitsmaßnahmen müssen Sie beim Arbeiten mit elektrisch betriebenen Schleifmaschinen beachten?
  13. Was bedeuten Pfeil und Zahl auf einem Schleifband?
  14. Welches Schleifkornmaterial setzt man bei Schleifmitteln ein?
  15. Welche Folgen ergeben sich auf der Holzoberfläche, wenn Sie mit zu viel Druck und abgeschliffenem Schleifmittel arbeiten?

Wählen Sie nun jeweils eine Kopfstand- Frage aus. Lassen Sie diese von einem Ihrer Mitschüler richtig stellen (auf die Beine stellen) und beantworten.

Den Zerspanungsvorgang des Schleifens haben wir beim Handschleifen in Abschn. 4.9 behandelt. Das Schleifen beschließt meist den Fertigungsablauf und dient als Vorbereitung für eine Oberflächenbehandlung. Geschliffen wird,

- um die Werkstoffoberflächen einzuebnen (egalisieren),
- um sie auf gleiche Dicke zu bringen (kalibrieren),
- um sie vor-, zwischen- oder nachzuschleifen (Lackschliff).

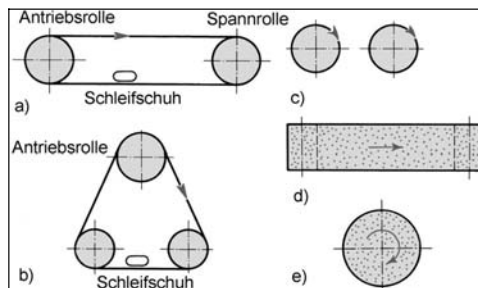
**Arten.** Je nach Betriebsgröße und Fertigungsweise bieten sich verschiedene Bauarten an (5.92):

#### Stationäre Schleifmaschinen

- Bandschleifmaschine
- Breitbandschleifmaschine
- Zylinderbandschleifmaschine
- Kantenschleifmaschine
- Scheibenschleifmaschine

#### Handschleifmaschinen

- Handbandschleifmaschine
- Tellerschleifmaschine
- Schwingschleifmaschine
- Winkelschleifer



**Bild 5.90** Schleifmaschinen im Prinzip  
a) Bandschleif-, b) Breitbandschleif-,  
c) Zylinderbandschleif-, d) Kantenschleif-, e) Scheibenschleifmaschine

Nach dem Schleifverfahren unterscheiden wir Trocken- und Nassschliff.

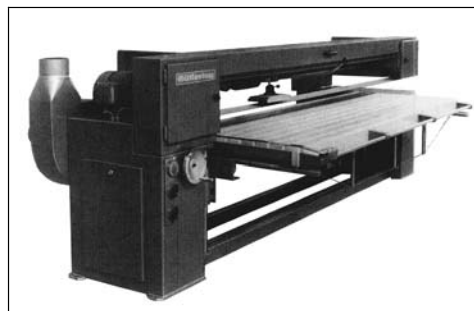
**Beim Trockenschliff** wird der Schleifstaub trocken abgesaugt.

**Beim Nassschliff** (vor allem bei Lackschliff) wird das Schleifband durch Schleifmittelbesprühung gereinigt.

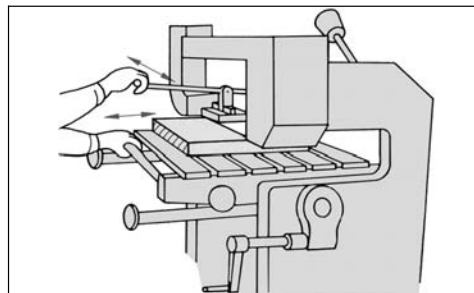
**Die Bandschleifmaschine** ist eine der ältesten Schleifmaschinen und noch heute in jeder Tischlerwerkstatt anzutreffen (5.91). Ein gusseiserner Ständer trägt den auf Rollen gelagerten (quer zur Schleifrichtung beweglichen), höhenverstellbaren Arbeitstisch und die beiden Schleifbandrollen. Der Motor treibt die eine, festsitzende Schleifbandrolle direkt an. Die andere Rolle ist verstellbar, damit das umlaufende Schleifband gespannt werden kann (5.90a). Diese Schleifbandrolle wird über ein Spanngewicht oder durch Federdruck gespannt und ist schwenkbar, damit der Bandlauf reguliert werden kann. Der Elektromotor neuerer Maschinen erlaubt Rechts- und Linkslauf sowie durch Polumschaltung Bandgeschwindigkeiten von 11 und 22 m/s. Auf der Antriebsseite befindet sich die Staubabsaugung. Der Schleifschuh drückt das Schleifband an die Werkstückoberfläche. Er sitzt auf einem Metallrohr und wird in der Ausgangsstellung durch ein Gegengewicht oder eine Feder über dem Schleifband gehalten. Der Schleifschuh muss links und rechts  $\approx 5$  mm schmaler als das Schleifband sein. Durch das überstehende Schleifband könnte der Schleifschuh leicht Rillen eindrücken, das Band beschädigen oder abreißen. Deshalb ist der Schleifschuh unten mit Filz belegt.

Der Motor treibt die eine, festsitzende Schleifbandrolle direkt an. Die andere Rolle ist verstellbar, damit das umlaufende Schleifband gespannt werden kann (5.90a). Diese Schleifbandrolle wird über ein Spanngewicht oder durch Federdruck gespannt und ist schwenkbar, damit der Bandlauf reguliert werden kann. Der Elektromotor neuerer Maschinen erlaubt Rechts- und Linkslauf sowie durch Polumschaltung Bandgeschwindigkeiten von 11 und 22 m/s. Auf der Antriebsseite befindet sich die Staubabsaugung. Der Schleifschuh drückt das Schleifband an die Werkstückoberfläche. Er sitzt auf einem Metallrohr und wird in der Ausgangsstellung durch ein Gegengewicht oder eine Feder über dem Schleifband gehalten. Der Schleifschuh muss links und rechts  $\approx 5$  mm schmaler als das Schleifband sein. Durch das überstehende Schleifband könnte der Schleifschuh leicht Rillen eindrücken, das Band beschädigen oder abreißen. Deshalb ist der Schleifschuh unten mit Filz belegt.

5



**Bild 5.91** Bandschleifmaschine



**Bild 5.92** Arbeiten an der Bandschleifmaschine



**Arbeitstechnik.** Je nach Holzart bzw. folgender Oberflächenbehandlung wird grob vorgeschliffen, erst quer und dann längs zur Holzfaser. Für den feinen Nachschliff wechseln wir das Band und schleifen nur noch längs der Faser. Das Werkstück wird so auf den Arbeitstisch gelegt, dass es nicht verrutschen kann (Anschlag, Schleifrichtung). Nach dem Einschalten drückt die rechte Hand den Schleifschuh auf die Werkstückfläche. Zugleich bewegt die linke Hand den Arbeitstisch mit dem Werkstück gleichmäßig hin und her (5.92). Kleine Werkstücke schleifen wir auf dem oberen Tisch mit der Oberseite des Schleifbands, runde oder geschweifte Teile dagegen an der Schleifbandrolle. Damit sich die Schleifbänder nicht so schnell mit Schleifabrieb vollsetzen, gibt es druckluftbetriebene Ausblausvorrichtungen.

**Die Schleifmittel** sind endlose Schleifbänder mit Längen von 7200 bis 8500 mm und Breiten zwischen 110 und 200 mm. Rollenware gibt es in 50 m Länge und den Breiten 110 bzw. 120 mm. Hier schneidet man die Bandlänge selbst ab. Die Korngröße richtet sich nach der gewünschten Oberflächengüte (s.a. Abschn. 4.9) und beträgt

- 60 bis 80 beim Vorschleifen,
- 100 bis 120 beim Nachschleifen,
- 200 bis 400 beim Lackschleifen.

**Die Breitbandschleifmaschine** arbeitet mit mechanischem Vorschub: Die Werkstücke werden im Durchlauf auf Antirutsch-Transportbändern oder über gummierte Einzugsrollen befördert. Die Schleifbänder laufen endlos rechts oder links um wie bei der Bandschleifmaschine (5.90b). Sie sind aber erheblich breiter (610 bis 1300 mm), sodass sie die gesamte Werkstückbreite bearbeiten. Die Bänder können oben oder unten laufen, auch 2- oder 3-fach hintereinander angeordnet sein (5.93a).

#### Unfallverhütung an Bandschleifmaschinen

- Das Schleifband muss an Umfang und Kanten bis auf den Arbeitsbereich verdeckt sein. Beschädigte Bänder sofort austauschen. Vor dem Einschalten die Spannung des Schleifbands prüfen.
- Vorgeschrieben sind Vorrichtungen gegen Verletzungen an den Schleifbandkanten (Begrenzung der Tischbewegung, Schleifschuhführung).

- Staub und Schmutz im Arbeitsbereich der Maschine entfernen. Die Höhe des Arbeitstisches entsprechend Werkstückhöhe einstellen.
- Staub wirksam absaugen. Kleine Werkstücke in Nähe der Ansaugöffnung schleifen.

Den Schleifdruck bringen eine pneumatisch arbeitende, hin- und hergehende (oszillierende) Kontaktwalze oder ein Schleifschuh auf (5.93b). Der Schleifstaub wird sofort hinter der Kontaktwalze über Absaugkanäle (im Druckballen) abgesaugt. Andere Fabrikate arbeiten mit Bürstenwalzen.

Breitbandschleifmaschinen eignen sich vor allem für die durchlaufende Serienfertigung. Sie lassen sich zu regelrechten *Schleifstraßen* koppeln und führen so den Kalibrierschliff (auf gleiche Dicke schleifen), Vor-, Zwischen- und Nachschliff von Trägerplatten in einem Durchgang aus. Erzielt werden absolut glatte und ebene Oberflächen – eine wichtige Voraussetzung für die industrielle Fertigung, um bei den dünnen Furnieren oder bedruckten Papieren Fehlerverleimungen und Furnierdurchschliffe auszuschließen. Neueste Maschinen erlauben es auch ungleich dicke Werkstücke (max. 2 mm), furnierte Platten oder Werkstücke mit Ausschnitten nebeneinander im Durchlauf sauber zu schleifen. Die Maschinenleistungen erreichen bis zu 400 m<sup>2</sup> Fertigungsschliff je Stunde!

Eine kleinere Bauart ist die Tisch- und Rahmenbandschleifmaschine.

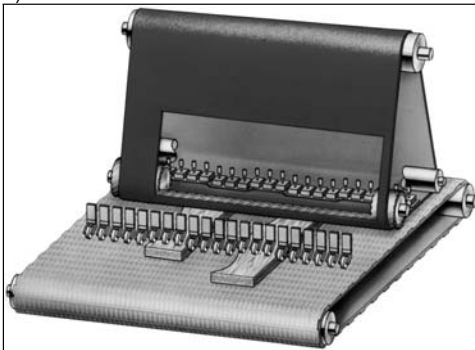
**Zylinderbandschleifmaschinen** arbeiten ähnlich wie die Dickenhobelmaschinen. Statt einer Rundmesserwelle haben sie 1,2 oder 3 Schleifzylinder für Vor- und Nachschliff, die oben oder unten sitzen können (5.90c). Die Schleifzylinder haben Aufspannvorrichtungen, mit denen das Schleifband am Umfang befestigt wird. Sie arbeiten im Gleich- oder Gegenlauf. Gummierte Transportbänder übernehmen den Vorschub. Damit sich der Schleifabrieb nicht festsetzt, führen die umlaufenden Schleifzylinder noch eine hin- und hergehende (oszillierende) Bewegung aus.

**Die Kantenschleifmaschine** erleichtert die Arbeit in Klein- und Mittelbetrieben, in denen die Furnier- und Massivholzkanten noch von

Hand geschliffen werden. Hier läuft das Schleifband auf zwei senkrecht gelagerten Schleifbandrollen um (5.90d). Der Ständer trägt den Motor, der eine Schleifbandrolle direkt antreibt, und den höhen- und schrägverstellbaren Arbeitstisch. Die andere Schleifbandrolle ist verstellbar zum Spannen des Schleifbands. Bei einigen Fabrikaten kann man das Band auch schräg stellen, bei anderen oszillieren die Bandrollen.



a)



b)

**Bild 5.93** a) Breitbandschleifmaschine,  
b) Schemaskizze



**Bild 5.94** Zylinderschleifwalze (Schleifigel)

Zylinderschleifwalzen (Schleifigel, 5.94) in den Durchmessern zwischen 30 und 120 mm und den Breiten zwischen 100 und 120 mm können Sie auf jede Tischfräs- oder Bohrmaschine mit einem Spindelschaftdurchmesser von 30 mm aufspannen. Die zulässigen Drehfrequenzen liegen zwischen 3000 und 4500 U/min. Mit einem entsprechend eingestellten Anschlaglineal schleift man auf der Tischfräse auch Furnierkanten.

**Die Scheibenschleifmaschine** hat eine waagrecht gelagerte Schleifscheibe, deren freie Seite mit Schleifmitteln belegt ist (ähnlich der Schärmaschine, 5.90e). Bei einigen Typen ist die Rollenwelle durch den direkt antreibenden Motor verlängert, sodass auf der anderen Seite eine kleine Bandschleifmaschine mitlaufen kann.

Handschleifmaschinen haben Elektro- oder Druckluftantrieb. Elektrisch betriebene Handschleifmaschinen sind meist mit einem Universalmotor ausgerüstet, damit flexibel auf der Baustelle und in der Werkstatt einsetzbar. Sie müssen schutzisoliert sein. Stecker und Kabel sind regelmäßig zu prüfen.



a)



b)

**Bild 5.95** a) Handbandschleifer  
b) in stationärer Einrichtung

**Der Handbandschleifer** eignet sich für Flächen-, Kanten- und Falzschliff. Das endlos umlaufende Schleifband läuft wie bei der Bandschleifmaschine auf zwei Rollen, von denen eine verstellbar ist. Der Schleifstaub wird in den angebauten Staubsack abgesaugt (5.95a). Mit dieser Maschine können Sie alle Holzarten, Platten Werkstoffe, Metall und Lacke schleifen. Nach Einbau in ein Gestell lässt sie sich auch als stationäre Maschine einsetzen (5.95b).

**Der Exzentrerschleifer** ist eine Weiterentwicklung des Tellerschleifers (5.96). Das runde gelochte Schleifblatt wird durch einen Klettstoffbelag gehalten. Durch die Löcher wird der Schleifstaub abgesaugt. Durch die zugleich schwingende und drehende Bewegung des Schleiftellers universell einsetzbar.



**Bild 5.96** Exzentrerschleifer

**Der Winkelschleifer** arbeitet wie der Exzentrerschleifer mit einer Schleifmittelscheibe. Durch seine Bauform eignet er sich zum Schleifen und (mit geeignetem Aufsatz) zum Polieren auch an schlecht zugänglichen Stellen. Mit aufgesetzter Trennscheibe trennt er sogar Steine. Man setzt ihn für Bau- und Montagearbeiten ein (5.97).

**Der Schwingschleifer** (Rutscher, 5.98) ist in der Werkstatt unentbehrlich. Das Schleifmittel wird durch zwei Federklammern auf den gummibeleagten Schleifschuh gespannt, der hin und her schwingt. Dank der rechteckigen Form bearbeitet der Rutscher auch Ecken. Besonders eignet er sich für Zwischenschliffe lackierter Oberflächen. Einige Typen können an ein Absaugegerät angeschlossen werden (5.99).

Alle Handmaschinen müssen an geeignete Absaugungsanlagen angeschlossen werden oder müssen integrierte Absaugungen haben (Ausnahme: Bohrmaschine).



**Bild 5.97** Winkelschleifer



**Bild 5.98** Schwingschleifer

#### Unfallverhütung an Schleifmaschinen

- Kabel, Stecker und Anschlüsse vor Gebrauch prüfen (Sichtprüfung).
- In Lackierräumen nur mit druckluftbetriebenen oder explosionsgeschützten Geräten arbeiten.
- Bandspannung prüfen, beschädigte (eingerrissene) Schleifbänder auswechseln.
- Werkstück fest einspannen.
- Die Maschine immer mit beiden Händen führen.



**Bild 5.99** Absauggerät für Feinstäbe

## 5.2.9 Hydraulische und pneumatische Geräte

### Arbeitsauftrag Nr. 37 Lernfeld LF 7,12

- Sie sollen sich den Themenkomplex hydraulische und pneumatische Geräte erarbeiten. Hier wird die „fünf-Wörter-Methode“ gewählt. Jeder Teilnehmer schreibt fünf Wörter auf einzelne Karteikarten. Die Wörter sollen sich auf das Thema „Kraftübertragung durch Flüssigkeit und Gas bei Holzbearbeitungsmaschinen“ beziehen. Alle Wörter werden anschließend an der Tafel/Pinnwand gesammelt. Sortieren Sie nun die Wörter unter Berücksichtigung des Fachbuchtexes 5.2.9 nach ihrer Zugehörigkeit zu bestimmten Bereichen und bilden Sie entsprechende Überschriften.
- Beantworten Sie anschließend mündlich in Expertengruppen die nachfolgenden Fragen.
  - Erklären Sie den Unterschied zwischen einem hydraulischen und pneumatischen Arbeitsmittel und ihrem Druckverhalten.
  - Nach welcher Formel wird der Druck berechnet?
  - Welche Geräte und Vorrichtungen in der Tischlerei arbeiten hydraulisch?
  - Warum nimmt der Luftdruck nach oben hin ab?
  - Womit misst man den Luftdruck?
  - Worin unterscheiden sich die Messverfahren?
  - Was besagt das Druck-Volumen-Gesetz?
  - Welche unerwünschten Nebenerscheinungen gibt es bei der Luftverdichtung, und wie verhindert man ihre schädlichen Auswirkungen?
  - Welche Größen bestimmen die Leistung einer Druckluftanlage?
  - Nennen Sie Vor- und Nachteile der Hydraulik und Pneumatik.
  - Welche Geräte und Vorrichtungen in der Tischlerei betreibt man heute pneumatisch?
  - Nennen Sie pneumatisch betriebene Geräte zur Energieumformung und Energiesteuerung.
  - Worin unterscheiden sich einfach- und doppeltwirkende Pneumatik-Zylinder?

5

Neben den elektrischen Maschinen werden in der Holzbe- und Verarbeitung immer mehr hydraulisch und pneumatisch betriebene Geräte und Hilfsmittel eingesetzt. Bei ihnen sind die Brand- und Explosionsgefahr erheblich geringer als bei den elektrischen Maschinen. Außerdem übertragen sie die Kräfte unmittelbar.

Was versteht man unter Hydraulik und Pneumatik? Das Wort Hydraulik stammt aus dem Griechischen und bedeutet Kraftübertragung durch Flüssigkeit (griech. hydro = Wasser). Entsprechend bedeutet Pneumatik Kraftübertragung durch Gase (griech. pneuma = Luft).

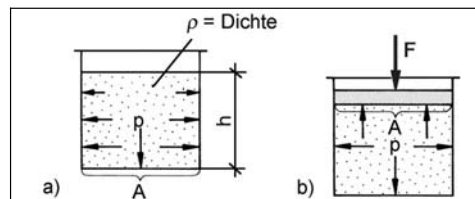
Hydraulik nutzt die Flüssigkeit als Arbeitsmedium (Arbeitsmittel), Pneumatik nutzt die Luft dazu.

### 5.2.9.1 Hydraulische Geräte

Hydrostatischer Druck. Die Physiker unterscheiden zwischen der Hydrostatik (ruhende Flüssigkeit) und der Hydrodynamik (strömen-

de Flüssigkeit). Wie jede Materie übt auch die Flüssigkeit einen Druck aus – den hydrostatischen Druck. Er hängt von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels im Behälter und der Flüssigkeitsdichte ab (5.100a).

Was geschieht, wenn wir den Behälter durch einen Gummistopfen dicht verschließen und den Stopfen auf den Flüssigkeitsspiegel drücken?



**Bild 5.100** a) Hydrostatischer Druck  
b) Hydraulischer Druck

Die Flüssigkeit lässt sich nicht zusammendrücken (verdichten). Vielmehr pflanzt sich der Druck fort und überträgt sich gleichmäßig auf

die ganze Flüssigkeit, sodass er an jeder Stelle gleich groß ist (5.100b). Wird dieser hydraulische Druck zu stark, platzt der Behälter. Die Größe des hydraulischen Drucks  $p$  hängt ab von der Druckfläche  $A$  (Stopfendurchmesser) und der einwirkenden Kraft  $F$ .

Flüssigkeiten lassen sich durch Krafteinwirkung praktisch nicht verdichten. Der Druck pflanzt sich innerhalb der Flüssigkeit fort und ist überall gleich groß. Wir berechnen ihn nach der Formel

$$p = \frac{F}{A} \text{ in bar oder Pascal (Pa).}$$

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}; 1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

In der hydraulischen Presse wird diese gleichmäßige Druckfortpflanzung ausgenutzt und die Kraft übertragen (5.101). Die Kolbenflächen  $A_1$  und  $A_2$  verhalten sich danach wie die Kolbenkräfte  $F_1$  und  $F_2$ . Vergrößern wir die Kolbenfläche  $A_2$ , vergrößert sich also auch die Kolbenkraft  $F_2$ . Dieses Verhältnis drücken wir in einer Formel aus:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

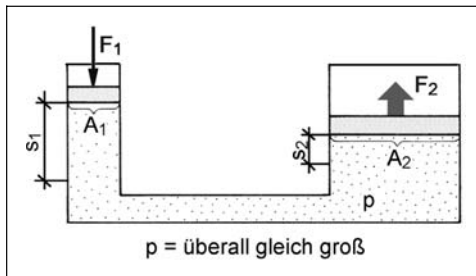


Bild 5.101 Hydraulische Presse

#### Beispiel

Auf den Pumpenkolben (kleiner Kolben) einer hydraulischen Presse mit der Fläche  $A_1$  wirkt die Handkraft  $F_1$ . Wie groß ist die Presskraft  $F_2$  am Hubkolben (großer Kolben) mit der Fläche  $A_2$ ? Wie groß ist der Öldruck?  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 200 \text{ cm}^2$ ,  $F_1 = 100 \text{ N}$ ,  $F_2 = ?$ ,  $p = ?$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad F_2 = \frac{F_1 \cdot A_2}{A_1} = \frac{100 \text{ N} \cdot 200 \text{ cm}^2}{10 \text{ cm}^2} = 2000 \text{ N}$$

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{100 \text{ N}}{10 \text{ cm}^2} = \frac{2000 \text{ N}}{200 \text{ cm}^2} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Wirkt auf den kleinen Kolben eine Kraft  $F$ , von 100 N, ergibt sich am größeren Kolben durch die 20fache Vergrößerung der Kolbenfläche  $A_2$  auch eine 20fach größere Kraft  $F_2$ . Der Flüssigkeitsdruck beträgt überall 10 N/cm<sup>2</sup>.

Die Kolbenwege  $s_1$  und  $s_2$  verhalten sich dagegen umgekehrt wie die Flächen und Kräfte. So erhalten wir die Formel

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

Was an Kraft gespart wird, geht also an Weg wieder verloren.

**Hydraulische Geräte** arbeiten in der Regel mit elektrisch angetriebenen Pumpen, die die Druckflüssigkeit (heute meist Öl) aus dem Behälter ansaugen und zum Press- oder Hubkolben drücken (5.102). Den Durch- und Rückfluss des Öls steuern Ventile. In der Holzbearbeitung werden vor allem

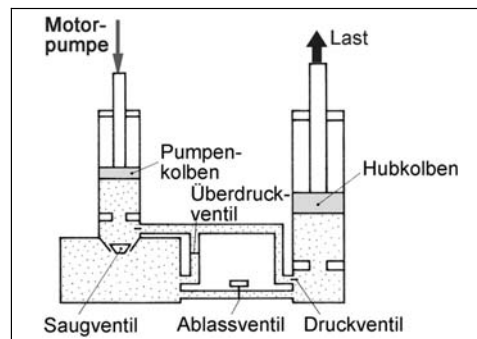


Bild 5.102 Einfaches Hydrauliksystem

Presseinrichtungen für hohe Drücke hydraulisch betrieben (z.B. Furnierpressen 5.103, Rahmen- oder Korpuspressen), daneben aber auch Hubgeräte wie Gabelstapler, Hubwagen und Hubtische.

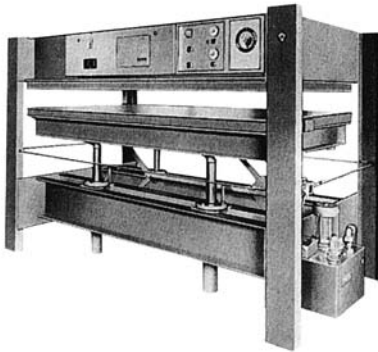


Bild 5.103 Hydraulische Furnierpresse

### 5.2.9.2 Pneumatische Geräte

**Luftdruck.** Die unsere Erde umgebende Atmosphäre ermöglicht überhaupt erst menschliches, tierisches und pflanzliches Leben. Sie besteht aus dem Gasgemisch Luft- aus Stickstoff, Sauerstoff und Edelgasen. Auch die Luft hat Masse. Ein Versuch zeigt uns die Wirkung des Luftdrucks.

- **Laborversuch** Ein auf beiden Seiten offenes Glasröhrchen wird in einen wassergefüllten Behälter getaucht. Dann verschließen wir die obere Öffnung mit dem Daumen und nehmen das Röhrchen heraus. Ergebnis Das Wasser entweicht nicht, weil der Luftdruck den Wasserdruck ausgleicht.

In der Atmosphäre drücken die höheren Luftschichten auf die unteren. So beträgt der Luftdruck auf der Erdoberfläche in Meereshöhe  $\approx 10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ bar}$ . Seine Größe hängt von der Entfernung zum Erdmittelpunkt ab. Mit wachsender Entfernung nimmt die Anziehungskraft (Schwerkraft) ab und verringert sich darum auch die Luftdichte. Dazu brauchen wir nicht erst in den Weltraum zu fahren – schon im Gebirge merken wir, dass die Luft „dünn“, der Luftdruck niedriger ist als in Meereshöhe. Gemessen wird der Luftdruck mit dem *Barometer* oder dem *Manometer* (5.104).

Das Barometer bezieht den Luftdruck auf den absoluten Nullpunkt (Vakuum), das Manometer dagegen auf die Normalatmosphäre ( $\approx 1 \text{ bar}$ ). So zeigt das Barometer stets einen um 1 bar höheren Druck an als das Manometer.

Pumpen wir mit einer Luftpumpe Luft in den Fahrradschlauch, erhöht sich im Schlauch der Druck. Pumpen wir zu viel Luft hinein, wird der Überdruck zu groß, und der Schlauch platzt. Bei längerem Pumpen stellen wir außerdem eine Erwärmung der Pumpe fest.

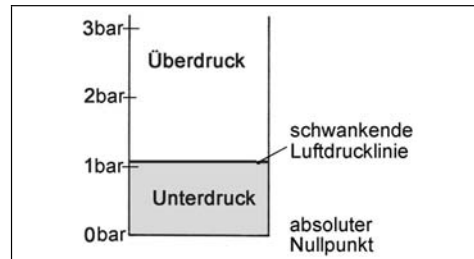


Bild 5.104 Druckmessung

Aus Erfahrung wissen wir, dass der Luftdruck im Fahrradschlauch auch ansteigt, wenn wir größere Strecken fahren oder wenn der Reifen längere Zeit praller Sonnenbestrahlung ausgesetzt wird. Drehen wir das Fahrradventil auf, entweicht die Luft zischend – die verdichtete Luft entspannt sich und gibt die gespeicherte Verdichtungsenergie frei. Daraus ist zu schließen:

Luft lässt sich verdichten (komprimieren). Dabei entsteht Wärme. Verdichtete Luft ist gespeicherte Energie.

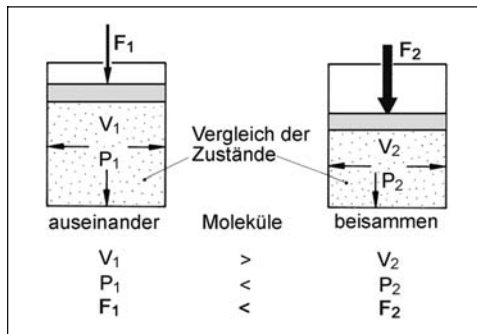
**Druck-Volumen-Gesetz.** Je dichter die Luft komprimiert wird, desto weniger Raum (Volumen  $V$ ) nimmt sie ein: je mehr sich die Luft ausdehnt, desto „dünn“ wird sie. Bei gleichbleibender (konstanter) Temperatur verhalten sich also die Drücke umgekehrt wie die Volumen (5.105).

In einen beheizten Raum tritt kühlere Luft durch das geöffnete Fenster ein, sinkt ab, erwärmt sich am Heizkörper und steigt nun wieder hoch – es entsteht eine Luftströmung.

**Druckluftanlagen** nutzen die Eigenschaft der Luft, sich verdichten zu lassen. In den fahrbaren oder stationären Anlagen saugt ein elektrisch angetriebener Verdichter (Hub- oder Rotationskolben) die atmosphärische Luft durch einen Schmutzfilter an und presst die verdichtete Luft in den Druckluftbehälter (Windkes-

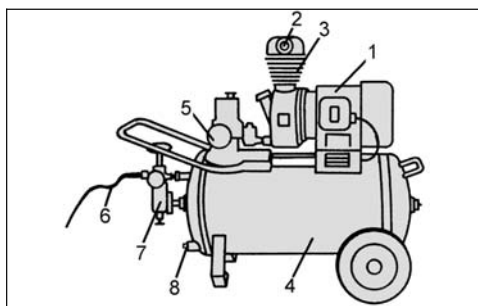
sel, 5.106). Die Ventile sind so angeordnet, dass jeweils eines öffnet, wenn das andere schließt. Der Verdichter schaltet erst ab, wenn ein im Druckbehälter eingestellter Überdruck erreicht ist (Manometerkontrolle). Vom Druckbehälter führt eine Hauptleitung zu einem oder zu mehreren Druckluftverbrauchern. Entnehmen die Verbraucher Druckluft, sinkt der Überdruck im Druckluftbehälter. Sobald ein bestimmter, eingestellter unterer Druckgrenzwert erreicht ist (Manometerkontrolle), schaltet der Verdichter wieder ein. Die Verdichtung kann ein- oder zweistufig geschehen (5.107).

5



**Bild 5.105** Druck-Volumen-Gasgesetz

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{Mithin } p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \text{const}$$

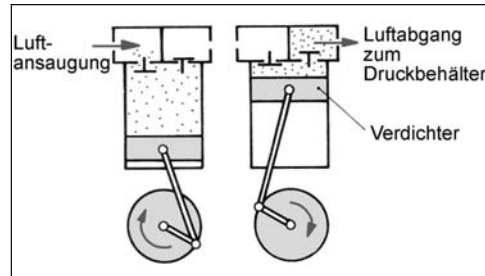


**Bild 5.106**

Druckluftanlage

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1 Elektromotor  | 5 Manometer       |
| 2 Luftansaugung | 6 Druckluftabgang |
| 3 Verdichter    | 7 Wartungseinheit |
| 4 Druckbehälter | 8 Entwässerung    |

Mit zweistufigen Verdichtern sind höhere Drücke möglich: Die 1. Stufe verdichtet z.B. auf 10 bar, die 2. Stufe auf 15 bar.



**Bild 5.107** Einstufiger Kolbenverdichter

Die Größe einer Druckluftanlage wird bestimmt

- durch die Druckhöhe (bar),
- durch die Ansaugleistung (l/min),
- durch die Lieferleistung (l/min).

Weil sich das Volumen der angesaugten Luft durch die Verdichtung verringert, ist die Ansaugmenge immer höher als die Liefermenge. Der Unterschied hängt vom Verdichtungsgrad ab. Maßgebend bei der Anschaffung einer Druckluftanlage ist die zu erwartende Lieferleistung = Luftmenge aller Verbraucher plus Sicherheits- und Reservezuschlag.

**Wartung und Pflege.** Zu den unangenehmen Begleiterscheinungen der Pneumatik gehören die Erwärmung und der Wasserdampfgehalt der Luft. Sie erfordern eine Kühlung bzw. eine Wartungseinheit.

**Kühlung.** Wie wir schon bei der Luftpumpe feststellten, erwärmt sich die Luft bei der Verdichtung durch die Reibung der Moleküle. Umgekehrt tritt bei Druckentspannung eine Abkühlung auf. Je höher die Verdichtung, desto stärker erwärmen sich die Verdichter (Kompressoren). Sie müssen deshalb durch Kühlrippen gekühlt werden.

**Wasserablassventile und Wartungseinheit.**

Die angesaugte Umluft enthält Staub und Wasserdampf (relative Luftfeuchtigkeit). Die Staubpartikel werden durch das Filter abge-sondert, doch der Wasserdampf gelangt mit der Luft in den Druckbehälter.

1 m<sup>3</sup> Luft kann bei 20 °C maximal 17 g Wasser aufnehmen. Bei einer relativen Luftfeuchte von 60 % enthält die Luft immer noch 17 g · 0,60 = 10,2 g

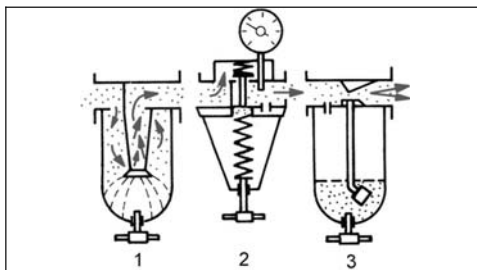
Wasser (s. Abschn. 3.3.5). Ein Druckbehälter mit 1 m<sup>3</sup> Rauminhalt kann auch bei verdichteter Luft nur die Wasserdampfmenge von 1 m<sup>3</sup>, also bei 20 °C Lufttemperatur und 100 % relativer Luftfeuchte nur 17 g Wasser aufnehmen. Bei einer Luftverdichtung auf 11 bar fällt aber die 10fache Menge Wasserdampf an. Kühlt zudem die Luft im Druckbehälter ab, weil die Raumluft-Temperatur sinkt, schlägt sich ein Teil des Dampfes als Kondenswasser nieder. Wird die verdichtete Luft rasch entnommen, kühlt sie sich in den Leitungen oder beim Verbraucher (z.B. Spritzpistole) ab und führt hier evtl. zu Betriebsstörungen.

Druckbehälter und Leitungen brauchen darum Wasserablassventile. Außerdem baut man nach der Luftentnahme aus dem Druckbehälter und vor allen größeren Verbrauchern eine Wartungseinheit in die Leitung ein. Sie besteht aus dem Druckluftfilter, dem Druckregler und dem Druckluftöler (5.108).

**Der Druckluftfilter** hält Schmutz-, Rost- und Wasserteilchen zurück.

**Der Druckregler** gleicht Druckschwankungen im Leitungsnetz aus.

**Der Druckluftöler** mischt der durchströmenden Luft tröpfchenweise Öl bei, damit die druckluftbewegten Teile (z.B. Spannzylinder) besser gleiten und Metallteile (z.B. Kupplungen) vor Korrosion geschützt werden.



**Bild 5.108** Wartungseinheit  
1 Schmutzfilter 2 Druckregler 3 Druckluftöler

Vor- und Nachteile der Hydraulik und Pneumatik zeigt Tabelle 5.109 im Vergleich. Fast jeder Betrieb hat heute eine Druckluftzentrale oder wenigstens eine transportable Druckluftanlage. Die rasche Verbreitung der Pneumatik liegt auch daran, dass es in der rationalisierten Fertigung (z.B. beim raschen Spannen und Entspannen von Bohrteilen an der Dübelbohrmaschine) kein einfacheres und wirtschaftlicheres Arbeitsmittel gibt. So finden wir Druckluftanlagen

- als Antrieb von Bohr-, Nagel- und Schraubmaschinen,
- als Antrieb von Spann- und Pressvorrichtungen,
- zum Spritzen,
- als Steuerungs- und Arbeitsmittel für Förder- und Transporteinrichtungen in der Fertigung.

**Druckluftbetriebene Handmaschinen** (Nagel-, Schraub-, Bohr- und Schleifmaschinen) sind leichter und als Einzelgeräte billiger als vergleichbare elektrische. Sie sind außerdem überlastungssicher und verschleißfester. Bei Bohrmaschinen können wir die Drehzahlen stufenlos bis Null regulieren.

**Press- oder Spannvorrichtungen** werden schnell und sicher mit Druckluft betätigt. Verleimständer, Verleimsterne und Rahmenpressen lassen sich rasch geänderten Werkstückabmessungen anpassen. Einfach- oder doppelwirkende Spannzylinder mit oder ohne Rückholfeder spannen Werkstücke zügig ein oder pressen Verleimteile fest zusammen (5.110). Die hierbei auftretende Kolbenkraft des Spannzylinders berechnen wir nach der Formel

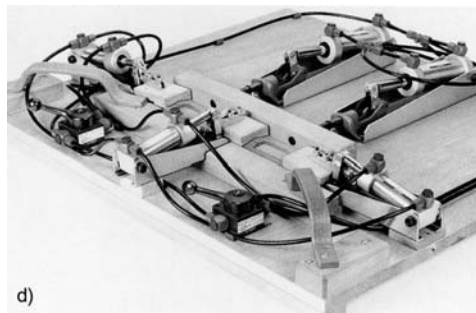
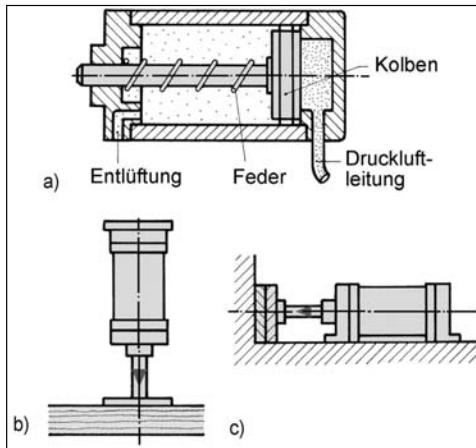
**Kolbenkraft = Kolbenfläche · Betriebsdruck der Anlage · Wirkungsgrad**

$$F = A \cdot p \cdot \eta$$

**Tabelle 5.109** Hydraulik und Pneumatik

	Hydraulik	Pneumatik
Vorteile	erheblich höhere Drücke mit geringem Kraftaufwand Öl verhindert Korrosion und schmiert gleichzeitig die Metallflächen genau dosierbare Bewegungen einstellbar	Luft steht überall „kostenlos“ zur Verfügung Druckluft ist speicherbar, leicht zu transportieren und schnell zu installieren (flexibel) leicht und schnell zu regulieren, hohe Anfangsgeschwindigkeiten keine Rückleitung, unempfindlich gegen Frost
Nachteile	schwierige und damit teure Installation keine Flexibilität bei verschiedenen Einsatzstellen im Betrieb raschere Arbeitsbewegungen erfordern erheblich höhere elektrische Leistungen nicht speicherbar, Rückleitung erforderlich	verhältnismäßig teure Anlage keine gleichmäßigen, genau dosierbaren Bewegungen möglich (Luft ist verdichtbar) nur für kleinere Drücke wirtschaftlich laute Abluft macht Schalldämpfer erforderlich





**Bild 5.110** Pneumatik-Zylinder  
a) einfach wirkender Zylinder mit Rückholfeder, b) Pressen, c) Spannen, d) Spannvorrichtung

#### Beispiel

Ein Spannzylinder hat einen Kolbendurchmesser von 6 cm, Betriebsdruck 5 bar. Welche Druckkraft erreicht der Spannzylinder in N, wenn durch die Federkraft 5 % verloren gehen?

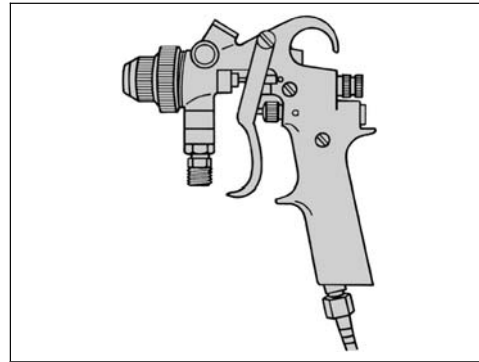
$$A = d \cdot d \cdot 0,785 = 6 \text{ cm} \cdot 6 \text{ cm} \cdot 0,785 \\ = 28,26 \text{ cm}^2$$

$$F = A \cdot p \cdot \eta = 28,26 \text{ cm}^2 \cdot 50 \text{ N/cm}^2 \cdot 0,95 \\ = 1342,35 \text{ N} \approx 1340 \text{ N}$$

Der nötige Verleimdruck in der Leimfuge kann durch die Zahl der Spannzylinder und ihren Abstand erhöht oder vermindert werden.

**Druckluftspritzpistolen** werden zum Lack- und Farbspritzen verwendet (5.111). Die Druckluft bildet über ein Regulierventil je nach Wunsch einen Rund- oder Flachstrahl. Sie kann auch die Lack- oder Farbflüssigkeit unter Druck setzen. Beim Airless-Verfahren

(airless = luftlos) wird das flüssige Material ohne Luft verdüst. Der Flüssigkeitsdruck kann bis zu 200 bar betragen und wird hydraulisch erzeugt (s.a. Bild 9.8).



**Bild 5.111** Druckluft-Spritzpistole

**Zur Energieumformung und -Steuerung** wird die Druckluft in der modernen Serienfertigung eingesetzt. Wie wir bei den Press- und Spanneinrichtungen gesehen haben, wandelt man über einen Spannzylinder (Kolben) die Verdichtungsenergie der Luft in mechanische Energie (Arbeit) um (Energieumformung). Um den Spannzylinder der Presseinrichtung zu schließen und nach dem Pressen wieder aufzumachen, muss der Druckluftstrom entsprechend über Ventile und Schalter geführt werden (Energiesteuerung).

Zur Energieumformung benutzt man einfach- oder doppelwirkende Zylinder mit und ohne Rückholfeder. Zur Energiesteuerung dienen Wege-, Sperr-, Druck- und Stromventile. Voraussetzung für die Druckluftsteuerung ist die genaue Ablauffassung der Arbeitsvorgänge.

#### Beispiel

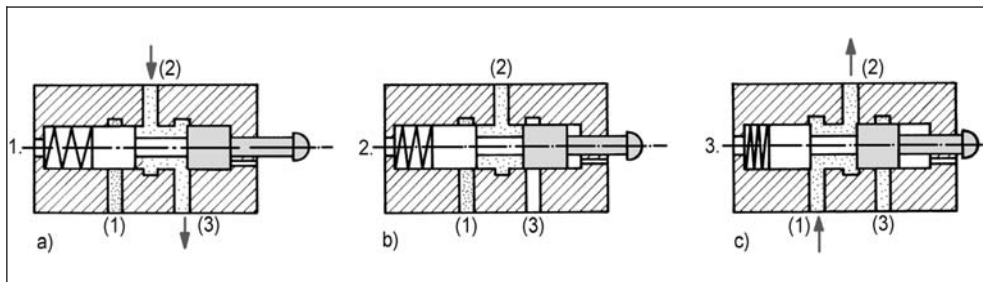
Das Bohren von Dübellöchern an Korpusseiten soll automatisiert werden. Ablauf:

1. Arbeitsvorgänge bestimmen
2. Reihenfolge der Arbeitsvorgänge bestimmen
3. Welche Arbeitsgänge müssen miteinander gekoppelt werden?
4. Ablaufplan erstellen
5. Schaltplan mit genormten Symbolen erstellen
6. Probelauf (Probeschaltung)

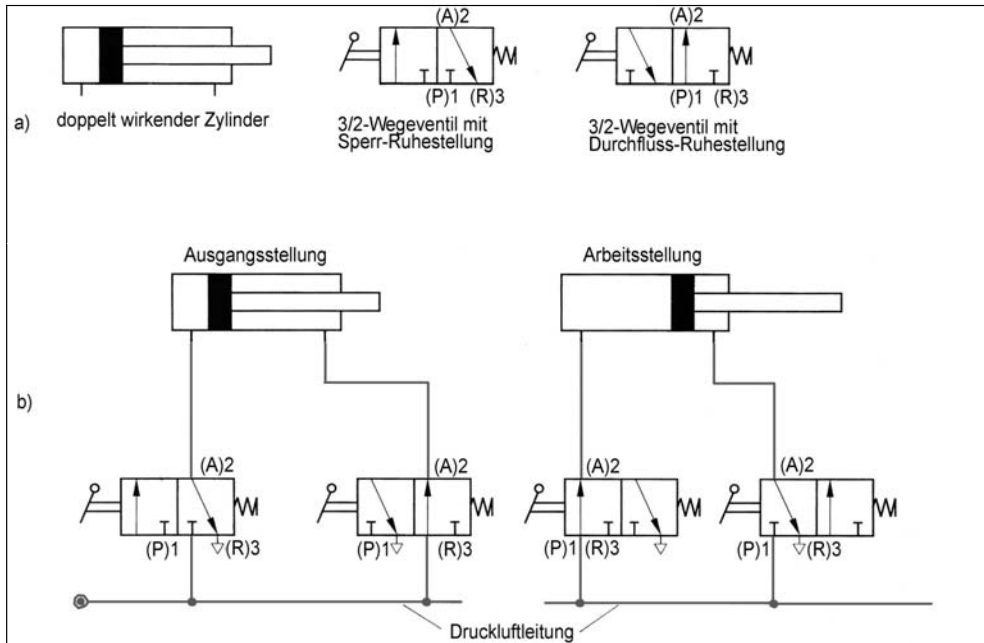
Bild 5.114 zeigt einen einfachen Schaltplan.

**Tabelle 5.112** Luftverbrauch von pneumatisch betriebenen Geräten

Gerät, Größe in mm	Betriebsüberdruck in bar	Luftverbrauch (100 %)	
		in l/min	in m <sup>3</sup> /h
Ausblaspistole Düse 1/1,5/2 mm	6	65/140/250	4/8/15
Sprühpistole	3	65 bis 150	4 bis 9
Bohrmaschine Bohrdurchmesser Stahl 4 bis 8 mm	6	140 bis 750	8 bis 45
Schlagschrauber	6	130 bis 800	8 bis 48
Vertikalschleifer Scheibendurchmesser 180 bis 230 mm	6	1000 bis 2000	60 bis 120
Flächenschleifer (Rutscher) Blattgröße 300 × 100 mm	6	140 bis 250	8 bis 15



**Bild 5.113**  $\frac{3}{2}$ -Wegeventil im Schnitt  
a) in Ruhestellung ist der Druckluftanschluss P gesperrt, der Weg zur Entlüftung geöffnet (A → R)  
b) Übergangsstellung, nachdem der Schalter betätigt ist  
c) in Schaltstellung kann die Druckluft P → A strömen und den Verbraucher betätigen. Die Entlüftung R ist gesperrt.  
(A) 2 Anschlussleitung zum Verbraucher, (P) 1 Druckluftanschluss, (R) 3 Entlüftung



**Bild 5.114** Einfacher Schaltplan mit Schaltsymbolen  
 a) Geräte: Zwei  $3/2$ -Wegeventile (WV), ein doppelt wirkender Zylinder, b) Schaltplan

5

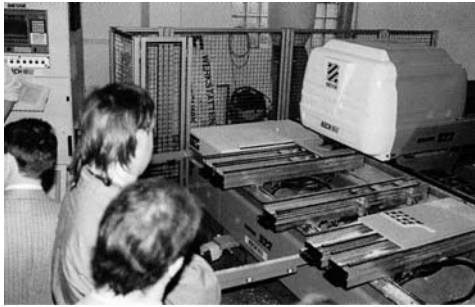
### 5.2.10 CNC-Maschinen

**CNC-Bearbeitungsanlagen** im Holzbereich bestehen im Wesentlichen aus der Werkstückaufnahmevorrichtung, den Bearbeitungsaggregaten und dem Steuerpult. Das Werkstück wird horizontal aufgespannt oder transportiert. Die verschiedenen Bohr-, Fräs- und Sägeaggregate, verfahrbar oder fest, bearbeiten das Werkstück dreidimensional.

Die Werkzeugaufnahme und die Arbeitsbewegungen der einzelnen Aggregate sind computergesteuert und werden über das Steuerpult eingegeben. Der Programmablauf

kann über einen Monitor, außerhalb der eigentlichen Bearbeitungsstelle, verfolgt und jederzeit gestoppt oder korrigiert werden (5.115a bis c).

Neuere Maschinen besitzen auch eine eigene Werkzeugverwaltung. Nicht benötigte Werkzeuge werden arbeitsbereit in Magazinen aufbewahrt. Sie können dort jederzeit wenn der Programmablauf dies erfordert, durch den computergesteuerten Bearbeitungskopf angefahren, aufgenommen und in Arbeitsstellung gebracht werden.



a)



c)



b)



c)

**Bild 5.115** a) CNC-Bearbeitungszentrum,  
b) Bearbeitungswerkzeuge und -Aggregate,  
c) Bearbeitungsbeispiele

5

### Arbeitsabläufe

- Die Werkstücke werden mit Vakuumtechnik festgespannt oder elektrisch transportiert.
- Die Werkzeuge werden über Morsekonusse mechanisch und/oder pneumatisch vakuumtechnisch gespannt.
- Die Spindeldrehzahlen werden elektrisch über Frequenzumformer erzeugt.
- Die Arbeitsbewegungen der Spindeln erfolgen pneumatisch und elektrisch.
- Die Späne werden direkt am Entstehungsort über flexible und verfahrbare Kunststoffschlauche abgesaugt.

Computergesteuerte Holzbearbeitungsmaschinen werden als CNC-Maschinen bezeichnet.

In der CNC-Holzbearbeitung sind folgende Arten zu unterscheiden:

- Oberfräs-Bohrautomaten
- Kehlautomaten
- Plattenaufteilsägemaschinen

(s. auch Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Abschn. 5.3.1).

CNC-Maschinen sind zwar teuer in der Anschaffung, zeitaufwendig in Verwaltung, Programmierung und Dateneingabe, aber sie bieten auch wesentliche Vorteile:

- Wiederholbarkeit von Bearbeitungsabläufen
- Veränderte Werkstückabmessungen sind schnell korrigiert
- Exakte Maßhaltigkeit der Werkstücke
- Hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten = kürzere Fertigungszeiten
- Arbeitssicherheit der Mitarbeiter.

Die Werkzeuge für die CNC-Bearbeitung sollten wegen der flexiblen Einsetzbarkeit bei unterschiedlichsten Werkstoffen möglichst verschleißfest sein. Es sind deshalb HM- oder PKD-bestückte Werkzeugschneiden einzusetzen.

### 5.3 Numerisch gesteuerte Holzbearbeitungsmaschinen

#### Arbeitsauftrag Nr. 38 Lernfeld LF 6,12

- Sie haben nicht die Möglichkeit an einer CNC-Maschine ausgebildet zu werden; möchten sich jedoch einen theoretischen Überblick über computergesteuerte Holzbearbeitungsmaschinen verschaffen.

Mit Hilfe des folgenden Fragenkatalogs und Textes können Sie sich Grundwissen Erarbeiten und sichern.

1. Welche Vorteile haben CNC-Maschinen gegenüber herkömmlichen Maschinen?
2. Welche Unterschiede bestehen zwischen einer NC- und einer CNC-Maschine?
3. Wie sind die X-, Y- und Z-Achse an einem CNC-Fräsausrüstungen angeordnet?
4. Welche Bezugspunkte gibt es an CNC-Maschinen? Erläutern Sie deren Bedeutung.
5. Wie unterscheiden sich Strecken- und Bahnsteuerung?
6. Welche Bemaßungsmöglichkeiten an Werkstücken gibt es für die CNC-Fertigung?
7. Welche Vor- und Nachteile hat die Inkrementalbemaßung (Zuwachsbemaßung)?
8. Erläutern Sie den Aufbau eines Fertigungsprogramms.
9. Welche Angaben gehören zu den Weginformationen?
10. Erklären Sie die Befehle G00, G01, G02 und G03.
11. Welche Möglichkeiten der Programmerstellung gibt es?
12. Welche Vorteile bietet die Unterprogramm-Technik?

5

Industrie und Handwerk sind heute unlösbar mit der Computertechnik verknüpft. Nur der Computer ermöglicht die immer schnelleren Arbeitsabläufe in der Serien- und Massenproduktion bei äußerster Materialausnutzung und Präzision. Bevor wir uns mit den rechnergesteuerten Maschinen vertraut machen, müssen wir die Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik kennen.

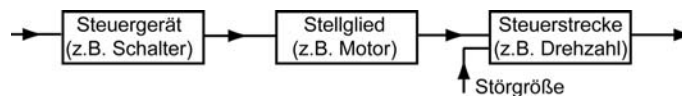
#### 5.3.1 Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik

In der Technik übernehmen Steuerungs- und Regelungseinrichtungen wichtige Aufgaben an Maschinen und Produktionsanlagen. Sie ermöglichen den automatischen Ablauf vorausbestimmter Vorgänge (z.B. Spannen, Werkzeugbewegungen, Temperatur- und Druckre-

gelungen) bis hin zur komplexen Prozessregelung von Fertigungsanlagen.

**Durch Steuern** werden nach einem geplanten Ablauf bestimmte Funktionen ausgeführt. So schaltet sich z.B. eine Furnierpresse beim Erreichen eines vorgegebenen Pressdrucks durch ein Steuerungselement automatisch ab. Beim Steuern löst das Steuergerät (z.B. Schalter, Ventil) im Stellglied (z.B. Motor, Hydraulikpumpe) die Beeinflussung der Steuerstrecke aus (Pressdruck der Presse). Da Störungen nicht ausgeglichen werden und die Ausgangsgröße keine Rückwirkung hat, sprechen wir von einer offenen *Steuerkette* (5.116).

Die Steuerung kann nach einem Programm (Programmsteuerung), einem Zeitplan (Zeitplansteuerung), nach der Reihenfolge von Vorgängen (Ablaufsteuerung) oder nach zurückgelegten Wegstationen (Wegplansteuerung) erfolgen.



**Bild 5.116** Offene Steuerkette

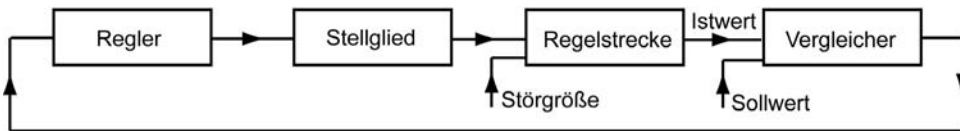


Bild 5.117 Geschlossener Regelkreis

Unter **Steuern** versteht man den automatischen Ablauf eines geplanten Vorgangs ohne Rückwirkung auf die Eingabegröße (Stellgröße).

**Durch Regeln** werden die Stellglieder eines Systems automatisch gesteuert. Dabei werden die Istwerte ständig gemessen und mit den Sollwerten verglichen. Ein Regler beseitigt Abweichungen und Störungen durch Signale an das Stellglied. Diese Rückwirkung ergibt einen geschlossenen *Regelkreis* (5.117).

#### Beispiel

Der Trockenprozess bei der Kammertrocknung verläuft nach einem Trockenplan. Um Trockenschäden zu vermeiden, müssen z.B. Trockentemperatur und Luftfeuchtigkeit aufeinander abgestimmt und auf einem vorgegebenen Wert gehalten werden. Dies geschieht durch einen Regelvorgang. Eine Messeinrichtung vergleicht Ist- und Sollwerte. Bei Abweichungen erfolgt automatisch ein Ausgleichen bis zum Erreichen der vorgesehenen Werte,

Daraus ergeben sich die Aufgaben der Regelung:

- Istwert messen,
- Istwert mit Sollwert vergleichen,
- ggf. Abweichungen und Störgrößen beseitigen.

Beim Regeln wird die Regelgröße ständig gemessen, mit der Sollgröße verglichen und bei Abweichungen angeglichen.

**Die Prozessregelung** finden wir bei vollautomatisierten, komplexen Fertigungsabläufen, z.B. bei der Spanplatten- und Faserplattenherstellung. Die rechner-(computer-)gestützten Regelanlagen erfassen zur Qualitätssicherung und Kontrolle eine Vielzahl von Einflussgrößen. Bei dieser vollautomatischen Prozessbeobachtung und -regelung sprechen wir von Prozessleitsystemen.

**Steuerungsarten.** Zum Steuern braucht man Informationen und Energie zur Signalübermittlung. Nach der Art der Signalübertragung unterscheiden wir mechanische, pneumatische, hydraulische, elektrische und elektronische Steuerungen.

**Mechanische Steuerung.** Informationsgeber sind z.B. Abtastmodelle (Kopierschablonen), Nocken oder Kurvenscheiben. Die Signale werden mechanisch (durch Hebel, Stößel und Getriebe) übertragen und betätigen z.B. Ventile, Kupplungen oder Antriebsaggregate. Diese einfache, stabile und wartungsarme Steuerung wird wegen des großen Platzbedarfs, der Verschleißanfälligkeit einzelner Teile und der geringen Flexibilität nur für besondere Aufgaben verwendet. Der Einsatz beschränkt sich auf starre Steuerungen mit gleichbleibenden Bewegungsabläufen.

#### Beispiele

Bohreinrichtungen, Drechselmaschinen, Kopierfräsmaschinen

**Pneumatische Steuerungen** arbeiten mit Druckluft, die Ventile an Maschinen und Anlagen betätigt. Die Maschinen und Fertigungsanlagen werden durch pneumatische Ventile gesteuert (s. Abschn. 5.2.9). Luft als Energieträger steht überall zur Verfügung, eine Rückleitung ist nicht notwendig. Der erzeugte Überdruck ist jedoch begrenzt auf etwa 10 bar, die Genauigkeit zudem gering. Diese Steuerung eignet sich für geradlinige Schalt-, Verschiebe- und Zubringerfunktionen, weniger für Vorschubbewegungen.

#### Beispiele

Nagel- und Schraubapparate, Spannvorrichtungen, Spritzanlagen

**Hydraulische Steuerungen** öffnen und schließen die Ventile mit Druckflüssigkeit

(Hydrauliköl). Sie ermöglichen hohe Kraftübertragung (Druck über 300 bar) und schnellen Richtungswechsel. Da die Hydraulikflüssigkeit nur im geringen Maß zusammendrückbar ist, können gleichförmige, lastunabhängige Bewegungen mit großer Genauigkeit übertragen werden. Die Anlagen erfordern Rückleitungen und viel Wartung.

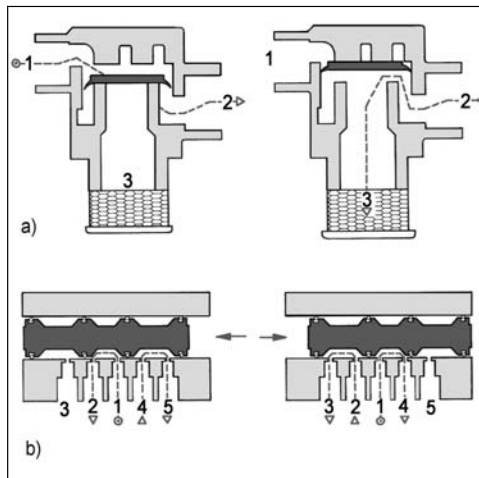
### Beispiele

Pressen, Spannvorrichtungen, Brems- und Vorschubeinrichtungen

5

Die pneumatische und die hydraulische Steuerung steuern mit Ventilen (Steuerglieder), je nach Aufgabe als Wege-, Sperr-, Strom- oder Druckventil.

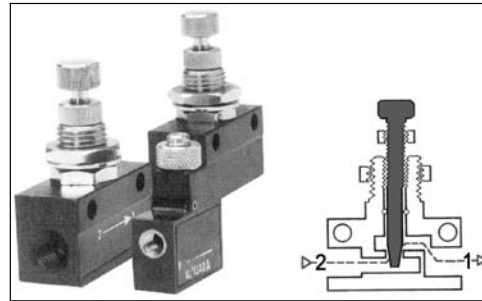
**Wegeventile** steuern Anfang, Ende und Richtung des Mediums (der Luft oder der Hydraulikflüssigkeit). Benannt werden sie nach der Anzahl ihrer Anschlüsse (Wege = Zahl vor dem Schrägstrich) und den möglichen Schaltstellungen (Zahl nach dem Schrägstrich, 5.118).



**Bild 5.118** Wegeventile  
a) 2/2-Wege-Tellersitzventil  
b) 5/2-Wege-Kolbenschieberventil

**Sperrventile** sperren eine Durchflussrichtung und öffnen zugleich die entgegengesetzte Richtung.

**Stromventile** steuern den Durchfluss als Drossel- oder Drosselrückschlagventil (5.119).



**Bild 5.119** Stromventil

**Druckventile** regeln den Druck in der Steuerung als Druckregelventil oder sichern Anlagen gegen zu hohen Druck als Druckbegrenzungsventil.

**Zylinder** setzen die im Medium gespeicherte Energie durch Kolbenshub wie beim Auto in mechanische Arbeit um. Beim einfachwirkenden Zylinder ist der Kolben nur in einer Richtung verschiebbar und wird durch eine Feder zurückgeschoben oder -gezogen. Der doppeltwirkende Zylinder arbeitet dagegen in zwei Richtungen (Schub und Rückschub).

**Elektrische Steuerungen** ermöglichen eine sehr schnelle und kostengünstige Signalübertragung. Die Leitungsverlegung ist einfach und über große Entfernungen möglich. Aufgebaut sind elektrische Steuerungen aus elektrischen Betriebsmitteln und elektronischen Bauteilen. Elektrische Betriebsmittel sind Steuerungselemente mit schaltbaren Kontakten, die entweder mechanisch (durch Tasten oder Schalter) oder elektromagnetisch (durch Relais oder Schütze) betätigt werden. Die Taster und Schalter öffnen oder schließen eine elektrische Leitung. Schütze sind ähnlich aufgebaut wie Relais. Der elektrische Stromfluss in einer Spule erzeugt eine Magnetkraft, die einen Kontakt auslöst. Signalübertragungen von einem Stromkreis auf einen anderen sind möglich. Mit dem Schütz lassen sich große Leistungen übertragen. Bei der Anlaufschaltung eines Asynchronmotors werden z.B. Schütze mit einem Zeitrelais kombiniert, um den hohen Anlaufstrom beim Beschleunigen vom Stillstand auf die Bemessungsdrehzahl zu reduzieren und Schäden zu vermeiden.

**Elektronische Steuerungen** arbeiten mit kontaktlosen Steuerungselementen (z.B. Dioden, Transistoren und Kondensatoren). Sie sind raumsparend, leistungsfähig und schnell in der Signalverarbeitung. Besondere Bedeutung haben die mit Halbleiterwerkstoffen arbeitenden Bauelemente wie Dioden und Transistoren. Die wichtigsten Halbleiterwerkstoffe sind die Elemente Silicium und Germanium. Beide haben gitterförmig aufgebaute Kristalle und weisen in reinem Zustand bei über 0 °C eine nur geringe Leitfähigkeit auf. Wenn das Siliciumkristall durch bestimmte andere Elemente genau dosiert verunreinigt wird, bilden sich in seinem Gitter Störstellen mit einem Elektronenmangel oder -überschuss, und die Leitfähigkeit wird stark verändert. Den Einbau von Fremdelementen nennt man Dotieren. Legt man an ein Siliciumplättchen mit zwei unterschiedlich dotierten Halbleiterschichten eine elektrische Spannung, kann je nach Richtung ein Strom fließen (Durchlassrichtung) oder der Stromfluss verhindert werden (Sperrichtung). Ein solches Bauelement mit 2 Anschlüssen, das wie ein Rückschlagventil wirkt heißt *Diode*.

*Transistoren* bestehen aus 3 Halbleiterschichten mit unterschiedlicher Dotierungsfolge. An jeder Schicht gibt es einen Anschluss. Durch die mittlere Elektrode lässt sich der Stromdurchfluss des Bauelements steuern. Da für die Funktion ein geringer Strom ausreicht liegt die Bedeutung in der Verstärkerwirkung.

#### Beispiel

Das Wegemesssystem einer numerisch gesteuerten Maschine arbeitet mit einem Positionsmelder, der mitteilt, ob das vorgegebene Ziel erreicht ist oder nicht. Dazu wird über eine Verstärkerstufe (Schwingkreis und Transistor) ein Zählerstrom gemeldet, wenn vorhandene Positionsmarken erreicht werden.

**Elektronische Steuerungen** arbeiten kontaktlos mit Halbleiter-Bauelementen (Dioden, Transistoren).

**Programmierbare Steuerungen.** Nach der Art der Programmverwirklichung unterscheidet man die verbindungsprogrammierte und die speicherprogrammierte Steuerung.

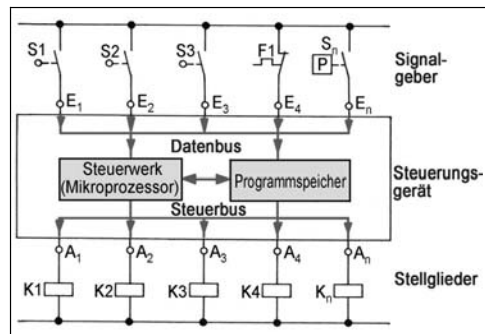
**Bei der verbindungsprogrammierten Steuerung (VPS)** bestimmen die Leitungsverbindungen (z.B. Verdrahtung oder Verschlauchung) den Programm-

ablauf. Ein Umprogrammieren ist nur durch Ändern der Leitungsverbindungen oder Auswechseln elektronischer Steuerungselemente möglich. Dieser Vorgang ist zeitaufwendig und kostenintensiv.

**Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)** sind digital arbeitende elektronische Steuerungen mit einem frei programmier- oder austauschprogrammierbaren Programmspeicher. Veränderte Steuerungs- und Regelungsaufgaben lassen sich programmieren, der Programmablauf kann schnell geändert werden.

Was versteht man unter digital? Wenn wir eine Spannung mit dem Zeigermessinstrument messen, folgt der Zeigerausschlag (das Signal) ständig der zu messenden Spannung – das Signal ist gleichwertig, analog. Ein Digitalmessinstrument misst die Spannung dagegen nicht fortlaufend, sondern in Stufen und Schritten durch Ziffernanzeige – die Signale sind digital (in Stufen und Schritten).

**Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)** werden zunehmend als Maschinensteuerungen eingesetzt und sind je nach Anforderung mit leistungsfähigen Mikroprozessoren ausgestattet. Den Aufbau einer SPS zeigt Bild 5.120. An die Eingänge sind die Signalgeber (Schalter) an die Ausgänge die Stellglieder (Ventile, Schütze) mit Anzeigegegeräten angeschlossen. Über die Leitungen (Datenbusse) gelangen die Daten in die Zentraleinheit. Sie besteht aus dem Steuerwerk (Mikroprozessor) und Programmspeicher. Vom Leitwerk aus kommen die Daten über den Steuerbus zu den Ausgängen.



**Bild 5.120** Speicherprogrammierte Steuerung (SPS)

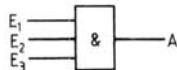
Eine Steuerungseinheit besteht aus drei Teilen: Programmspeicher, Steuerwerk und Peripherie.

**Im internen Programmspeicher** steht das Programm, nach dem die Steuerung arbeitet.



Eingänge			Ausgang	Eingänge			Ausgang	Eingänge		Ausgang
E1	E2	E3	A	E1	E2	E3	A	E	A	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	
0	1	0	0	0	1	0	1			
0	0	1	0	0	0	1	1			
1	1	0	0	1	1	0	1			
1	0	1	0	1	0	1	1			
0	1	1	0	0	1	1	1			
1	1	1	1	1	1	1	1			

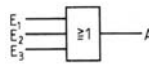
a)



b)

**Bild 5.121** UND-Schaltung  
a) Funktionstabelle  
b) Schaltzeichen

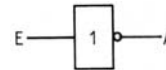
a)



b)

**Bild 5.122** ODER-Schaltung  
a) Funktionstabelle  
b) Schaltzeichen

a)



b)

**Bild 5.123** NICHT-Schaltung  
a) Funktionstabelle  
b) Schaltzeichen

5

Das **Steuerwerk** führt die Programmanweisungen aus, die im Programmspeicher hinterlegt sind. D.h., es organisiert das Einlesen von externen Signalen und Daten, verknüpft diese, führt Berechnungen durch und sorgt für die Ausgabe der Ergebnisse.

**Peripheriebaugruppen** sind die Digitaleingabe- und -ausgabegeräte, die Analogeingabe- und -ausgabegeräte sowie die Zeit- und Zählerbaugruppen.

SPS lassen sich über Datenleitungen und Zentralrechner zum Datenaustausch zusammenschließen (Vernetzung).

**Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)** eignen sich für anspruchsvolle Steuerungs- und Regelungsaufgaben. Sie haben frei- oder austauschprogrammierbare Speicher. Das Programm wird in die Zentraleinheit eingegeben, dort gespeichert und verarbeitet.

**Logische Verknüpfung von Signalen.** Die digitale Signalverarbeitung fußt nicht auf dem uns geläufigen Dezimalsystem (1, 2, 3 ... 10), sondern beschränkt sich auf zwei Signalwerte: auf die Ziffern 0 und 1. 0 bedeutet keine Spannung, 1 bedeutet Spannung. Wir nennen sie *Binärsignale* (binär = zweiwertig). Die Eingangs- und Ausgangssignale binär-digitaler Form werden durch unterschiedliche Schaltungen miteinander verknüpft. Mit den folgenden drei Grundelementen lassen sich alle Verknüpfungen logisch (folgerichtig) aufbauen.

**Die UND-Schaltung** verknüpft zwei oder mehrere Eingangssignale zu einer Reihenschaltung. Da bei der Reihenschaltung eine Span-

nung am Ausgang nur messbar ist, wenn alle Eingänge Spannung haben, ergibt sich: Das Ausgangssignal A hat nur dann den Wert 1 (Spannung), wenn alle Eingangssignale E den Wert 1 haben. Die möglichen Kombinationen werden in eine *Funktionstabelle* eingetragen (5.121).

**Die ODER-Schaltung** verknüpft mehrere Eingangssignale zu einer Parallelschaltung. Da es bei Parallelschaltungen genügt, wenn ein Schalter betätigt wird, ergibt sich: Das Ausgangssignal A hat den Wert 1, wenn wenigstens ein Eingangssignal E den Wert 1 hat. Die Funktionstabelle 5.122 zeigt wieder die Kombinationen.

**Die NICHT-Schaltung** dient zur Signalumkehr. Am Ausgang einer *NICHT*-Verknüpfung erscheint immer der dem Eingang entgegengesetzte Zustand.

So ergibt sich: Wenn das Ausgangssignal den Wert 0 hat, hat das Eingangssignal den Wert 1 und umgekehrt (5.123).

### 5.3.2 Numerische Steuerung

Während bei den herkömmlichen Holzverarbeitungsmaschinen der Tisch, die Welle oder der Anschlag mechanisch mit einem Handrad oder durch einen Hebel einzustellen sind, finden immer mehr Maschinen Eingang in Industrie- und Handwerksbetriebe, bei denen die

Arbeitsabläufe durch eine elektronische Steuerung automatisch ausgeführt werden.

Damit sind die Genauigkeit, die Fertigungszeit und die Bearbeitungsqualität unabhängig vom Maschinenarbeiter. Allerdings braucht die Maschine Anweisungen in Form von Steuerbefehlen. Dazu muss der gesamte Arbeitsablauf im Voraus geplant und in einzelne Arbeitsschritte gegliedert werden.

Die Anweisungen werden mit Ziffern und Buchstaben verschlüsselt (programmiert) und in die Maschinensteuerung eingegeben. Nach dem Programmstart führt die Maschine die Bearbeitung des Werkstücks automatisch aus. Die Anschaffungskosten dieser Maschinen sind zwar sehr hoch, im Vergleich mit herkömmlichen Maschinen sind sie jedoch wesentlich leistungsfähiger.

#### **Vorteile der numerisch gesteuerten Holzbearbeitungsmaschinen**

- erhöhte Bearbeitungsqualität, wenig Ausschuss,
- gleichbleibende Bearbeitung durch den Programmeinsatz,
- kürzere Rüst- und Fertigungszeiten,
- bessere Maschinenausnutzung,
- sichere Herstellung auch komplizierter Teile,
- Wiederholbarkeit von Fertigungsabläufen.

Die rasche Entwicklung der Elektronik hat zu neuen Möglichkeiten und Verbesserungen bei der Steuerungstechnik der Maschinen und Fertigungsanlagen geführt. Man unterscheidet die NC-Steuerung von der heute vorherrschenden CNC-Steuerung.

**NC-Steuerung.** NC ist die Abkürzung für den engl. Begriff „numerical control“ und bedeutet soviel wie „Steuerung durch Zahlen. Die elektronische Steuerung der Maschine enthält keinen Programmspeicher. Eine Programmeingabe oder Programmänderung direkt an der Maschine ist nicht möglich. Stattdessen wird der fertige Datenträger mit dem gespeicherten Programm (Lochstreifen, Magnetband, Diskette) in die Steuerung eingelegt. Die steuerbaren Funktionen dieser Maschine sind begrenzt und durch die Konstruktion festgelegt. Der Bedie-

ner kann das Programm starten und unterbrechen, aber nicht ändern. Programm- oder Bedienungsfehler werden von der Maschine nicht erkannt.

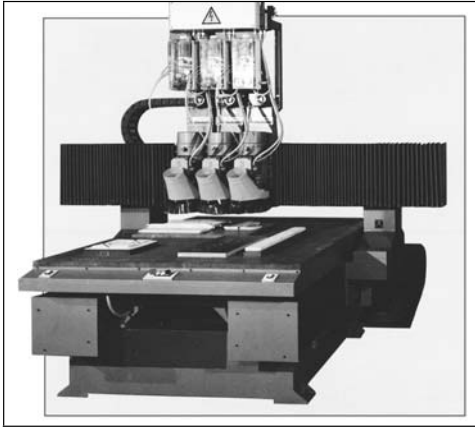
**CNC-Steuerung.** CNC ist die Abkürzung für engl. „computerized numerical control“ und bedeutet so viel wie „rechnergestützte Steuerung durch Zahlen“. Die elektronische Steuerung der Maschine enthält einen Computer (Kleinrechner), der ihre Funktionen und Kontrollmöglichkeiten wesentlich erweitert. So ist es möglich, Programme an der Maschine selbst zu schreiben, einzugeben und zu verändern. Die Steuerung kann auch Daten von anderen Maschinen übernehmen. Auf Programm und Bedienungsfehler reagiert sie sofort mit Fehlermeldung und Programmstopp.

Neuere CNC-Maschinen sind mit einem **DNC-Anschluss** ausgestattet. DNC ist die Abkürzung für „direct numerical control“ und bedeutet, dass die CNC-Steuerung direkt an einen zentralen Rechner angeschlossen ist, bei dem alle Informationen zusammenlaufen und gespeichert sind. Die Maschinensteuerung wird im Bedarfsfall mit Daten und Programmen über eine Datenleitung versorgt. Auf andere Datenträger (z. B. Disketten) kann man verzichten.

Zu den in Holzverarbeitenden Betrieben besonders häufig anzutreffenden CNC-Maschinen zählen:

Plattenaufteil-, Bohr-, Dübel-, Fräsaufmaschinen, Kehl- und Profilaufmaschinen sowie Bearbeitungszentren mit Multifunktionen (mehreren Bearbeitungsfunktionen). Hier sollen Aufbau und die Funktionsweise am Beispiel des CNC-Oberfräsaufmaschinen erläutert werden.

**Beim CNC-Oberfräsaufmaschinen** hat sich die CNC-Technik wegen der komplizierten Werkstückkonturen und der notwendigen räumlichen Bearbeitung von Teilen besonders bewährt und neue Möglichkeiten für die Fertigung eröffnet. Arbeitsgänge wie das Profilieren einer unregelmäßigen Füllung, das Einfräsen von Ornamenten oder die Bearbeitung geschweiften Möbelteile führt die Maschine nach einem Programm automatisch in beliebiger Stückzahl aus (5.124).



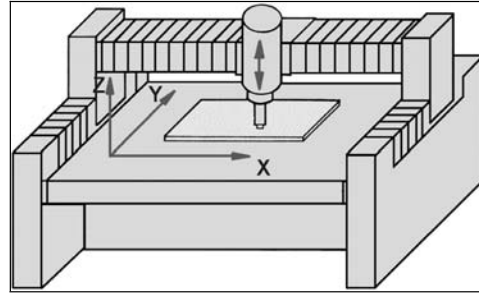
**Bild 5.124** CNC-gesteuerter Oberfräsautomat

Bei der abgebildeten Maschine wird das Werkstück horizontal auf einen Vakuumraster-tisch gespannt. Die Maschine hat mehrere Fräsaggregate mit automatischem Werkzeugwechsel, die im Bedarfsfall durch Bearbeitungseinheiten für Bohr-, Säge- oder Schleifarbeiten ersetzt werden können. Die Werkzeugbewegung erfolgt in drei Hauptachsen (dreidimensional) durch getrennt angeordnete Vorschubantriebe, die auch kurvenförmige Bahnen im Raum ermöglichen. Motordrehzahl, Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit sind über das CNC-Programm stufen los regelbar.

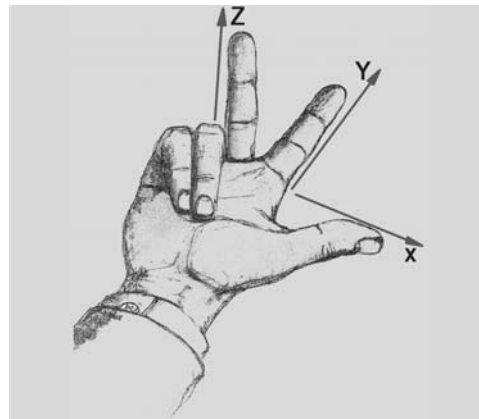
### 5.3.3 Koordinaten (Verfahrachsen)

Für den Bearbeitungsablauf muss jeder Punkt im dreidimensionalen Arbeitsraum der Maschine genau und unverwechselbar bezeichnet werden. Dies geschieht durch ein dreiaxsiges rechtwinkliges Koordinatensystem, das den Bewegungsachsen der Maschine entspricht. Der Kreuzungspunkt der aufeinander stehenden Hauptachsen X, Y, Z ist der Koordinationsnullpunkt. Legt man (Das Werkstück in dieses Koordinatensystem, können die Bearbeitungspunkte und Verfahrwege eindeutig beschrieben und nach Programm gesteuert werden (5.125).

**Anordnung der Koordinaten.** Für die Bezeichnung und Anordnung der Koordinaten können wir die abgespreizten Finger der rechten Hand als Hilfe benutzen (Rechte-Hand-Regel, 5.126).



**Bild 5.125** Verfahrrichtungen eines Oberfräsautomaten



**Bild 5.126** Rechte-Hand-Regel

Daraus ergibt sich folgende Zuordnung

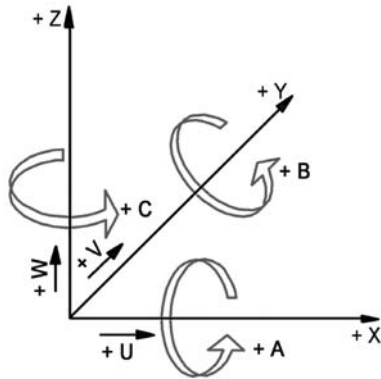
$x$ -Achse	(Daumenrichtung) liegt parallel zur Aufspannfläche und Vorderkante des Tisches, i.R. horizontal
$y$ -Achse	(Zeigefinger) liegt rechtwinklig zur $x$ -Achse
$z$ -Achse	(Mittelfinger) steht senkrecht auf der Aufspannfläche in Richtung der Hauptarbeitsspindel.

Beim Programmieren geht man davon aus, dass sich das Werkzeug bewegt, während das Werkstück stillsteht. Die positiven Bewegungsrichtungen bezeichnet man wie die positiven Achsrichtungen mit + X, + Y und + Z.

#### Zusatzachsen

für besondere Fertigungsabläufe mit Verschiebe- und Schwenkbewegungen stattet man CNC-Maschinen mit zusätzlichen Verschiebe-

und Drehachsen aus (5.127). Erforderlich werden sie bei der Fertigung komplizierter Teile auf Maschinen mit mehr als 3 Achsen.



**Bild 5.127** Rechtwinkliges Koordinatensystem mit Haupt- und Drehachsen sowie Verschiebeachsen

#### Drehachsen

Den Achsen x y z wird jeweils die Drehachse A B C zugeordnet

Die positive Richtung der in Grad programmierbaren Drehung entspricht dem Uhrzeigersinn beim Blick vom Koordinatennullpunkt der Hauptachsen aus.

#### Parallele Achsen (zu den Hauptachsen)

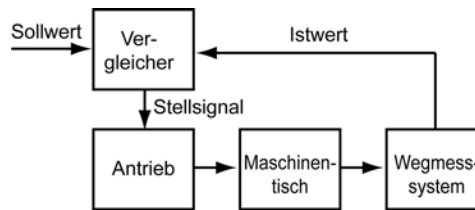
Den Achsen x y z wird jeweils parallel und linear

die Verschiebeachse U V W zugeordnet.

### 5.3.4 Wegmesssysteme und Bezugspunkte an CNC-Maschinen

CNC-Maschinen führen nach den vorgegebenen Steuerbefehlen die für die Fertigung notwendigen Bewegungsabläufe selbstständig und

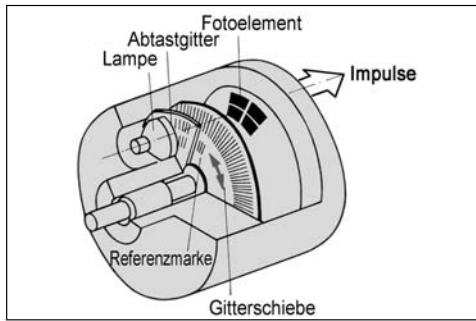
zuverlässig aus. Damit sie die Zielpunkte (Koordinaten) eines Bahnpunktes exakt anfahren können, brauchen sie Antriebsmotoren in den verschiedenen Bewegungsachsen und ein genau arbeitendes Wegemesssystem. Dabei vergleicht die Maschinensteuerung die augenblickliche Lage des Maschinentisches (Istzustand) mit der vorgesehenen Lage (Sollzustand). Bei Abweichungen oder Störungen löst ein Regler durch Steuerbefehle Bahnkorrekturen aus, bis *Ist-* und *Sollwert* übereinstimmen (5.128).



**Bild 5.128** Lageregelkreis

Nach dem Ort der Messwertaufnahme unterscheidet man die *direkte* und die *indirekte* Wegemessung. Für Holzbearbeitungsmaschinen verwendet man die indirekte Wegemessung.

Dabei wird der Maschinentisch (oder das Werkzeug) durch ein Zählen der Umdrehungen der Vorschubspindel gesteuert und positioniert. Die Wegstrecken werden somit nicht unmittelbar am Maschinentisch gemessen, sondern *indirekt* über die Drehungen der Spindel oder des Vorschubmotors. Für Holzbearbeitungsmaschinen ist als Messprinzip die *Inkrementale Wegemessung* (5.129) üblich. Dabei zählt eine optische Abtasteinrichtung die vorbeilaufenden Striche einer mit der Vorschubspindel verbundenen Strichscheibe. Die ausgelösten Impulse werden der Steuerung übermittelt (Impulsgeber). Für das Erreichen der einzelnen Bearbeitungspunkte werden die Zuwachswerte (Inkremete) an Impulsen vorgegeben und von dem Maschinentisch (oder Werkzeug) angesteuert. Der Rechner addiert bzw. subtrahiert die Anzahl der zurückgelegten Wegschritte.



**Bild 5.129** Direkte Wegemessung, inkremental

5

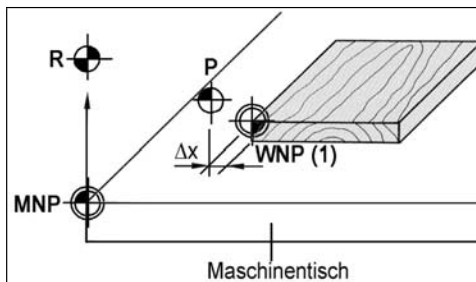
Wegemesssystem an CNC-Holzbearbeitungsmaschinen:

**Ort der Messwertaufnahme:**

- *indirekt* durch Zählen der Vorschubspindel-Umdrehungen

**Wegemessung:**

- *Inkremental* Rechner erfasst Zuwachswerte



**Bild 5.130** Bezugspunkte

**Bezugspunkte** sind für den Programmablauf und die Steuerung notwendig (5.130). Wir unterscheiden Maschinennullpunkt, Referenz-, Werkstücknullpunkt und Programmnullpunkt.

**Den Maschinennullpunkt (MNP)** legt der Hersteller fest. Es ist der unveränderliche Nullpunkt des Maschinenkoordinatensystems und zugleich Ausgangspunkt für alle weiteren Bezugspunkte der Maschine. Er befindet sich meistens an der linken vorderen Ecke des Maschinentisches.

**Der Referenzpunkt (R)** ist der vom Hersteller im Koordinatensystem der Maschine festgeleg-





te Ausgangspunkt zum Einschalten und Normieren der Steuerung. Nach dem Ausschalten der Maschine oder bei Stromausfall kann damit der verlorengangene Programm- und Werkstücknullpunkt wiedergefunden werden.

**Der Werkstücknullpunkt (WNP)** ist vom Programmierer frei wählbar. Er wird möglichst so gelegt, dass die Koordinatenwerte aus der Zeichnung als Fertigungsmaße übernommen werden können.

Bei symmetrischen Werkstücken mit spiegelbildlichen Bearbeitungsflächen legt man den WNP in die Symmetrieachse, um sich die Programmierarbeit zu erleichtern.

**Am Programmnullpunkt (P)** beginnt der Programmstart. Er ist frei wählbar und wird so gelegt, dass dort Werkzeug oder Werkstück gewechselt werden können.

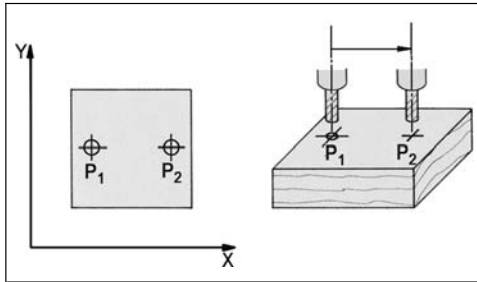
Der Unterschied zwischen dem Maschinennullpunkt und dem Werkstücknullpunkt ist die *Nullpunktverschiebung*. Beim Einrichten der Maschine werden die Werte in die Steuerung eingegeben und bei den folgenden Programm-anweisungen automatisch berücksichtigt.

Bezeichnung und Symbol	Erläuterung
Maschinennullpunkt MNP	 unveränderlich, Ausgangspunkt für alle weiteren Bezugsquellen
Referenzpunkt R	 unveränderlicher Punkt zum Einschalten der Steuerung
Werkstücknullpunkt WNP	 frei wählbarer Punkt, von dem alle Fertigungsmaße ausgehen
Programmnullpunkt P	 frei wählbarer Programmstart (Werkzeug/Werkstückwechsellmöglichkeit)

### 5.3.5 Steuerungsarten

Bei der Steuerung der CNC-Maschinen in den verschiedenen Bearbeitungsrichtungen unterscheiden wir Punkt-, Strecken- und Bahnsteuerung.

**Punktsteuerung.** Das Werkzeug bzw. Werkstück fährt im Eilgang einen Bearbeitungspunkt an. Dabei ist das Werkzeug nicht im Einsatz. Die Bearbeitung wird erst durchgeführt, wenn der Zielpunkt erreicht ist (5.131).



**Bild 5.131** Punktsteuerung, Eilgang ohne Werkzeugeingriff

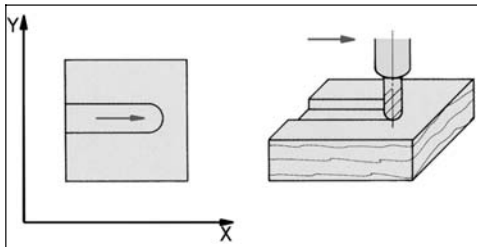
#### Beispiele

Bohrautomat, Dübelautomat.

**Streckensteuerung.** Hier wird nur in einer Achsrichtung gesteuert. Alle Bearbeitungs- und Vorschubbewegungen sind deshalb gerade und achsparallel, die Bearbeitungsrichtungen rechtwinklig zueinander (5.132).

#### Beispiele

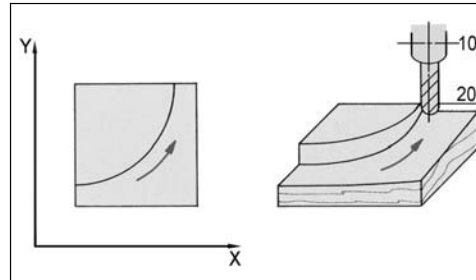
Plattenaufteilsäge, Kantenbearbeitungsautomat



**Bild 5.132** Streckensteuerung, achsparalleler Verfahrensweg mit Werkzeugeingriff

**Bahnsteuerung** ermöglicht mehrachsige Bewegungen und damit beliebige Bearbeitungsbahnen in einer Ebene oder im Raum. Die Vorschubbewegungen der verschiedenen Bearbeitungsachsen müssen aufeinander abgestimmt werden. Für die nicht achsparallelen Bahnen ist ein Interpolator (Bahnkurvenrechner) erforderlich. Er steuert die Einhaltung eines bestimmten, für die Bahn notwendigen Streckenverhältnisses  $X : Y$  (bei Bahnen in der  $x$ - $y$  Ebene). Für das Fräsen eines Kreisbogens berechnet der Interpolator z.B. eine Vielzahl von Punkten eines Polygons, das dem Kreisbogen angenähert ist. Mit diesen Werten werden die Vorschubantriebe der Maschine so

gesteuert, dass die vorgesehene Kreisbahn entsteht (5.133).



**Bild 5.133** Bahnsteuerung, beliebiger Verfahrensweg innerhalb eines Raumes mit Werkzeugeingriff

Bei der Bahnsteuerung sind Bewegungen in mehreren Raumrichtungen gleichzeitig möglich. Nach der Zahl der gleichzeitig und unabhängig voneinander arbeitenden Vorschubantriebe unterscheiden wir zwei-, drei- oder mehrachsige Bahnsteuerungen (2D, 2 1/2 D, 3 D Bahnsteuerung).

Die technologische Entwicklung in der elektronischen Steuerungstechnik ermöglicht bei modernen Maschinen bis zu 9 Bearbeitungsrichtungen.

#### Beispiel

##### Oberfräsautomat, Bearbeitungszentren

Punktsteuerung nur für Positionierung an einem Bearbeitungspunkt. Streckensteuerung für Bearbeitung in einer Achsrichtung.

Bahnsteuerung für Bearbeitung in beliebigen Werkzeugbahnen in einer Ebene oder im Raum.

### 5.3.6 Programmieren von CNC-Holzbearbeitungsmaschinen

#### Programmaufbau

Für die Bearbeitung sind an einer CNC-Maschine u.a. die Wege des Werkzeugs, die Vorschubgeschwindigkeit, die Drehfrequenz und die Auswahl des Werkzeugs festzulegen. Diese Bedingungen und Vorgaben müssen in eine

Form gebracht werden, die die Steuerung der Maschine verarbeiten kann. Zu diesem Zweck erstellt man ein Programm, das die notwendigen Angaben in verschlüsselter Form (codiert) enthält und den Arbeitsablauf schrittweise steuert. Die dafür verwendete Programmiersprache besteht aus Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen, deren Bedeutung DIN 66025 festlegt.

Um Programme übersichtlich und verständlich zu gestalten, hat man sich auf bestimmte Regeln für den Programmaufbau geeinigt.

Jedes Programm enthält *Weginformationen* und *Schaltinformationen*.

Die **Weginformationen** beschreiben die unterschiedlich gerichteten Arbeitsbewegungen des Werkzeugs oder Werkstücks (Koordinaten) und die Wegbedingungen.

Die **Schaltinformationen** beinhalten die für die Materialzerspanung notwendigen technologischen Angaben, wie beispielsweise Drehfrequenz, Vorschubgeschwindigkeit, Werkzeugaufwurf und Zusatzinformationen (M).

Weginformationen + Schaltinformationen	
– Wegbedingungen	– Technologische Informationen
– Koordinatenwerte	– Zusatzinformationen

Ein Programm besteht aus einer unterschiedlichen Anzahl von Sätzen mit Programmwörtern. Was versteht man darunter?

**Programmwörter.** Jedes Wort der Programmiersprache enthält eine Anweisung an die Maschinensteuerung und besteht immer aus einem Adressbuchstaben und einer Ziffernfolge. Mit dem am Wortanfang stehenden Adressbuchstaben wird eine bestimmte Maschinenfunktion angesprochen (z.B. Steuerungsart, Vorschub oder Drehzahl, 5.134).

Dem Adressbuchstaben folgen Ziffern, die unterschiedliche Bedeutung haben. Einerseits können es direkte Zahlenwerte für den Vorschub oder die Drehzahl sein, andererseits Anweisungen für die Maschinenfunktion (Bewegungsrichtung der Maschinenspindel usw.). Da die Adresse erst durch die folgende Zahl eine genaue Bedeutung erhält, spricht man von der Schlüsselzahl.

**Tabelle 5.134** Wortbestandteile, Adressbuchstaben

Buchstabe	Bedeutung
A, B, C	Drehung um die Achsen x, y, z
D	Werkzeugkorrekturspeicher
F	Vorschub
G	Wegebedingungen
I, J, K	Kreismittelpunktkoordinaten (Interpolationsparameter)
M	Zusatzfunktionen
N	Satznummer
S	Spindeldrehzahl
T	Werkzeugnummer
X, Y, Z	Bewegungen in X-, Y-, Z-Achse

Zusätzliche Sonderzeichen dienen für weitere Angaben wie Programmanfang, Satzende, Löschen und Leerzeichen (Tab. 5.135).

**Tabelle 5.135** Abdruckbare Sonderzeichen

Zeichen	Bedeutung
%	Programmanfang
(,)	Anmerkungsbeginn, -ende
+,-	plus, minus
.	Dezimalpunkt
/	Satzunterdrückung
:	Hauptsatz, auch bedingter Stopp des Programmrücksetzens

### Programmsätze

Zu einem Bearbeitungsschritt gehörende Wörter ergeben einen Satz. Innerhalb eines Satzes werden die Wörter in einer festgelegten Reihenfolge angeordnet, um Übersichtlichkeit und ein besseres Verständnis zu ermöglichen. Diese Reihenfolge heißt Satzformat.

### Beispiel

	Satznummer	Weginformation	Schaltinformation
Satz	-N10	G00 X20 Y10 Z40	F2000 S12000 T01 M03

Ein Satz beginnt mit dem Buchstaben N und der Satznummer. Für die fortlaufende Nummerierung empfehlen sich Zehnerschritte (N20, N30, N40 usw.), damit man bei einem veränderten Fertigungsablauf nachträglich Sätze einschieben kann. Die Informationen über technologische Daten werden, zur besseren

Übersicht meist im ersten Satz vorangestellt und gelten solange, bis andere Werte eingegeben werden (selbsthaltend).

N10	G90	S12000	F2000T01
N20	G00	X30	Y10
N30	G00	Z4	M03
N40	G01	Z20	M08
...			

Der Satz N20 ist im Beispiel der erste Bearbeitungsschritt

**Programmstruktur.** Das Zeichen % steht für den Programmanfang, dem die Programmnummer folgt. Es schließen sich die Sätze (N) an, die in der Reihenfolge der Satznummern ausgeführt werden. M30 bedeutet das Programmende und Rücksetzen.

Ein Programm enthält Weginformationen und Schaltinformationen. Die Programmwörter eines Bearbeitungsschritts bilden einen Satz.

### Weginformation

Die Weginformation eines Programms besteht aus Angaben zu den Wegbedingungen (G) und zu den Koordinaten (X, Y, Z) der Verfahwege.

### Beispiel

G00	X10 Y120 Z40
Punktsteuerung	Zielpunkt für die Verfahwege im Koordinatensystem

**Koordinaten der Verfahwege.** Außer den Wegbedingungen sind Informationen mit geometrischen Angaben für die Bewegung erforderlich. Für die Werkzeugbewegungen benutzt man die Adressen X, Y, Z. Die folgenden Koordinatenwerte geben die Zielpunkte der Werkzeugbewegung in mm an.

Voraussetzung für das Programmieren ist eine CNC-gerechte Bemaßung des Werkstücks mit genauer Angabe der Zielpunktkoordinaten, die von der Steuerung gelesen werden können. Die Bemaßung ist absolut oder inkremental möglich.

**Bei der Absolutbemaßung** beziehen sich alle Maße auf einen Werkstücknullpunkt. Diese oft verwendete Bemaßung ist übersichtlich und wenig fehleranfällig. Die Maßangaben entsprechen den Koordinatenwerten, die sich auf

den Werkstücknullpunkt beziehen. Sie wird durch G90 angewählt (5.136).

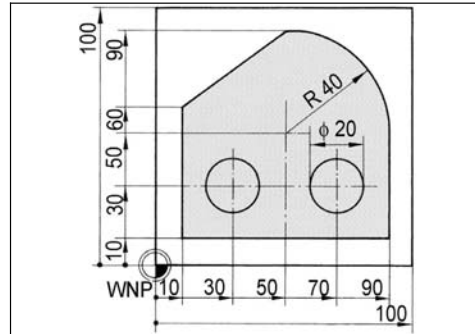


Bild 5.136 Absolutbemaßung

**Bei der Inkremental- oder Kettenbemaßung** wird der jeweilige Zuwachs (Inkrement) einer Maßkette zwischen Start- und Zielpunkt eingegeben. Der Wegzuwachs ist positiv in Koordinatenrichtung und negativ entgegen der Koordinatenrichtung. Damit wird das Programmieren erleichtert, doch setzt sich ein Maßfehler in der Kette fort, Maßänderungen erfordern eine Korrektur aller folgenden Koordinatenwerte. Man verwendet die Inkrementalbemaßung häufig für Unterprogramme. Angewählt wird sie durch G91 (5.137).

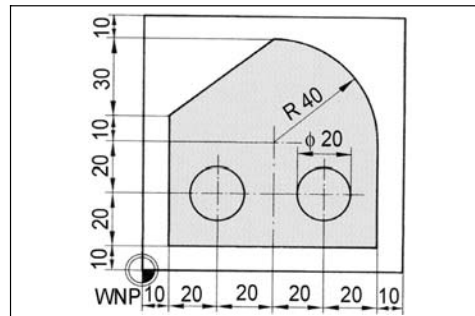


Bild 5.137 Inkremental- oder Kettenbemaßung

**Durch die Wegbedingungen** erhält die Maschinensteuerung wichtige Informationen über die Bewegung des Werkzeugs, z.B. auf einer Geraden oder einer Kreisbahn. Die programmierten Werkzeugbewegungen werden durch den Buchstaben **G** (engl. go) und zwei Ziffern näher bestimmt (5.138).



**Tabelle 5.138** Wegebedingungen G (Auswahl)

Kennzeichen	Bedeutung
G00	Eilgang, Punktsteuerung
G01	Geradeninterpolation
G02	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
G03	Kreisinterpolation im Gegenurzeigersinn
G04	Verweilzeit
G17	Ebenenauswahl x y
G18	Ebenenauswahl x z
G19	Ebenenauswahl y z
G40	keine Werkzeugbahnkorrektur
G41	Werkzeugbahnkorrektur links
G42	Werkzeugbahnkorrektur rechts
G53	Aufhebung der Nullpunktverschiebung
G54 bis 59	Nullpunktverschiebung
G60	Genau-Halt
G62	Bahnsteuerbetrieb mit Satzübergangsgeschwindigkeit
G64	Bahnsteuerbetrieb
G90	absolute Maßangabe (Bezugsmaßangabe)
G91	inkrementale Maßangabe

**Beispiele****Programmieren von Geraden**

**G00:** Ein programmierter Punkt wird im Eilgang angefahren (Positionieren), die davor wirksame programmierte Vorschubgeschwindigkeit unterdrückt, aber nicht gelöscht.

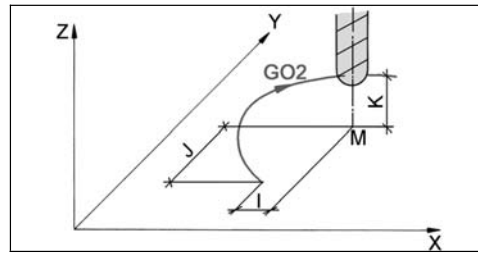
**G01:** Hiermit werden gerade Bewegungen des Werkzeugs programmiert. Da das Werkzeug im Einsatz ist, erfolgt die Arbeitsbewegung mit programmiertem Vorschub. Der dafür verwendete Begriff Geradeninterpolation bedeutet das Zerlegen der Werkzeugbewegung in kleine Teilstrecken der Hauptbewegungsachsen.

Programmieren von Kreisbögen und Vollkreisen:

**G02, G03** bedeuten eine kreisförmige Arbeitsbewegung des Werkzeugs im (G02) oder gegen (G03) den Uhrzeigersinn. Bei kreisförmigen Bewegungen sind außer den Zielpunkten Angaben zur Lage des Kreismittelpunkts (I, J, K) oder des Radius zu programmieren. Da die Kreisbahn durch Zerlegen in kleine Teilstrecken der Hauptbewegungsachsen entstehen, spricht man von Kreisinterpolation (5.139).

**Wegebedingungen** werden eingegeben mit

- G00 für Werkzeugbewegungen im Eilgang,
- G01 für gerade Werkzeugbewegungen mit programmiertem Vorschub,
- G02 für Kreisbewegungen im Uhrzeigersinn,
- G03 für Kreisbewegungen entgegen dem Uhrzeigersinn.

**Bild 5.139** Kreisprogrammierung G02

**Koordinatenwerte** für den Zielpunkt

werden eingegeben mit

- G90 als Absolutmaße, bezogen auf den Werkstücknullpunkt,
- G91 als Kettenmaße, bezogen auf den vorausgegangenen Bahnpunkt.

**Werkzeugkorrekturen.** Für die Bearbeitung eines Werkstücks sind in der Regel verschiedene Werkzeuge mit unterschiedlichen Maßen erforderlich. Um bei einer Änderung der Werkzeugmaße das Programm nicht korrigieren zu müssen, gibt man die Abmessungen der verschiedenen Werkzeuge (Länge, Durchmesser) in einen Werkzeugspeicher der Steuerung ein. Das gebrauchte Werkzeug wird mit der hinter der Adresse T stehenden Nummer aufgerufen (z.B. T02).

**Bei einer Werkzeuglängenkorrektur** berechnet die Steuerung den von der Werkzeuglänge abhängigen Bearbeitungsweg und führt automatisch die Korrektur durch.

**Werkzeugbahnkorrektur.** Beim Programmieren von Außen- und Innenkonturen an einem Werkstück ist der Fräserdurchmesser zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass der Fräsermittelpunkt beim Bearbeiten des Werkstücks versetzt sein muss. Durch einen Korrekturbefehl wird die Werkzeugbahn von der Maschinensteuerung vorausberechnet.

Für die Korrektur der Werkzeugbahn sind einzugeben

- G41, wenn der Fräser links vom Werkstück laufen soll,
- G42, wenn der Fräser rechts vom Werkstück laufen soll (Blick in Vorschubrichtung)
- G40 hebt die Werkzeugkorrektur wieder auf (5.140).

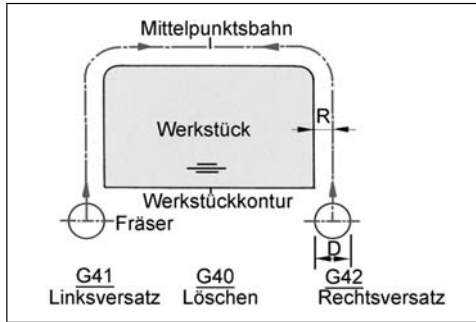


Bild 5.140 Fräserradiuskorrektur

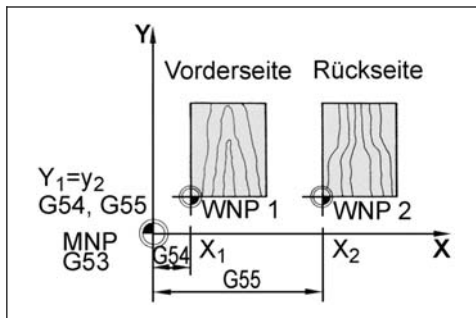


Bild 5.141 Nullpunktverschiebung

**Nullpunktverschiebung.** Wenn zwei Werkstücke gleichzeitig auf dem Maschinentisch aufgespannt und bearbeitet werden sollen (z.B. bei wechselseitiger Beschickung), werden die unterschiedlichen Nullpunkte gemessen und mit G54 und G55 in die Steuerung eingegeben. Die Bearbeitung geschieht dann unter Berücksichtigung der Nullpunktverschiebung, die mit G53 wieder aufgehoben wird (5.141).

#### Technologische Informationen, Zusatzinformationen

Sie ergänzen die Weginformationen und enthalten Angaben über Drehzahl, Schnittgeschwindigkeit, Vorschubgeschwindigkeit und Werkzeuge, die unter Berücksichtigung des Werkstoffs und der Bearbeitungsstufen festgelegt werden. Als Adressbuchstaben dienen die Anfangsbuchstaben englischer Begriffe.

- S enthält Angaben zur Drehzahl (speed)
- T enthält Angaben zum Werkzeug (tool)
- F enthält Angaben zum Vorschub (feed) ...

Hinzu kommen Zusatzinformationen. Das sind Maschinenfunktionen, die nach DIN mit der Adresse M und einer folgenden Zahl eingegeben werden.

Kennzeichen	Bedeutung
M00	Programmhalt
M02	Programmende ohne Rücksetzen
M03	Rechtslauf der Werkzeugspindel
M04	Linkslauf der Werkzeugspindel
M05	Spindelhalt
M06	Werkzeugwechsel (manuell?)
M30	Hauptprogrammende mit Zurücksetzen

#### Programmieren eines Werkstücks

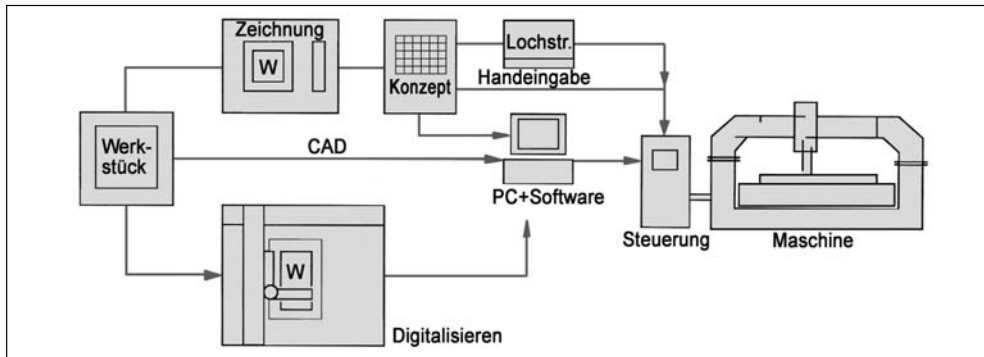
In der Regel wird das Programm an einem Büroarbeitsplatz und nicht an der Maschine erstellt. Dadurch geht keine wertvolle Produktionszeit verloren, für das Programmieren ist mehr Ruhe vorhanden und man kann den Rechner als Programmierhilfe nutzen.

#### Möglichkeiten der Programmerstellung

**Manuelles Programmieren.** Arbeitsschritte und Maschinenfunktionen werden „von Hand“ in einem Programmformular festgelegt. Die Programmierbefehle nach DIN 66025 dienen als Grundlage, maschinenspezifische Besonderheiten sind zu berücksichtigen. Vor der Programmierung sollten vorhanden sein:

- vollständige Werkstückzeichnung mit Maßangaben in der gewählten Programmbezeichnungsart
- Startposition, Werkstücknullpunkte
- Bearbeitungsplan mit allen technologischen Daten und den Bearbeitungsschritten.

**Programmieren mit Rechnerhilfe.** Spezielle Software ermöglicht durch die Eingabe der Werkstückgeometrie und technologischer Angaben (z.B. im Dialogverfahren) die Erstellung eines Programms. Simulationsläufe lassen sich am Bildschirm in 2-D- und 3-D-Darstellung in Realzeit oder mit Zeitraffer durchführen und dienen der Kontrolle der Bearbeitungsschritte. Vorhandene Standardprogramme lassen sich auf ähnliche Werkstücke anpassen (Parameter) mit grafischen Eingaben und Umsetzung in ein Programm. Der Rechner erstellt als Ergebnis das NC-Programm (5.142).



**Bild 5.142** Möglichkeiten der Programmiererstellung

5

**Digitales Zeichenbrett.** Ein rechnergestütztes Programmiersystem ist das digitale Zeichenbrett. Es ermöglicht durch ein Lesegerät die Konturerfassung aus einer unbemaßten Zeichnung oder einem flachen Musterteil. Mit Hilfe eines PC und spezieller Software können die erfassten Konturpunkte automatisch in ein NC-Programm umgesetzt werden. Maschinenspezifische Daten werden dabei berücksichtigt.

**teach-in-Verfahren.** Bei geometrisch komplizierten Teilen (Schnitzereien, Gestellmöbel) kann anstelle einer Zeichnung ein Musterteil als Vorlage dienen, das auf den Maschinentisch gespannt wird. Messtaster erfassen schrittweise die Geometriedaten, die von der Maschinensteuerung in ein Programm verarbeitet werden.

**CAD/CAM System.** CAD steht als Abkürzung für Computer Aided Desing. Dabei wird das Werkstück auf dem Bildschirm rechnerunterstützt konstruiert. Die Nutzung des Rechners in der Konstruktion und als Maschinensteuerung bei der Fertigung führt zu einer Systemverknüpfung. Spezielle Software erstellt mit Hilfe der Konstruktions- und Maschinendaten automatisch ein lauffähiges CNC-Programm. Bei mehr als 3 Achssteuerung ist für die Programmierung ein CAD/CAM-System erforderlich.

**FMX-Schnittstelle.** Um eine bessere Verbindung der unterschiedlichen Datenverarbeitungssysteme der Konstruktion und Arbeitsvorbereitung mit den CNC-Holzbearbeitungsmaschinen zu erreichen, wurde die einheitliche Schnittstelle FMX entwickelt. Sie

ermöglicht, Software und Holzbearbeitungsmaschinen unterschiedlicher Hersteller ohne aufwendige Anpassarbeiten zu einem funktionsfähigen CAD/CAM-System zu verknüpfen. Dadurch lassen sich im Betrieb eingeführte CAD-Programme weiterverwenden.

#### Programmarten

**Ein Hauptprogramm** enthält den gesamten Fertigungsablauf eines Werkstücks, damit werden die Bearbeitung begonnen, die einzelnen Schritte abgearbeitet und das Programm beendet.

**Unterprogramm (UP).** Bestandteil eines Hauptprogramms kann ein UP sein. Durch den Aufruf von UP kann eine häufig wiederkehrende Bearbeitung schnell und einfach wiederholt werden. Das UP wird aus dem Hauptprogramm mit „L“ und UP-Nummer aufgerufen. Bei Wiederholung ist die Anzahl anzugeben.

Der Programmaufbau gleicht dem Hauptprogramm mit allen erforderlichen Wege- und Schaltinformationen.

**Fräszyklen (Parameter)** werden für Werkstücke gleicher oder ähnlicher Form eingesetzt, wo die Abmessungen sich jedoch ändern. Nach Eingabe der gewünschten Größen erfolgt automatisch die Übernahme in das Programm. Die rationelle Programmieretechnik spart Zeit und Speicherplatz, die neuen Werte können auch direkt an der Maschine eingegeben werden.

*Anwendung:* Taschenfräszyklen, Aussparungen, Lochreihezyklus

Da die DIN für Parameterprogramme und UP nichts festlegt, unterscheiden sich die Programmierbefehle dafür bei den verschiedenen Steuerungen.

#### Beispiel

Mit einem CNC-Oberfräsautomaten sind auf einem Werkstück die Buchstaben „CNC“ einzufräsen und die Werkstückaußenkontur zu profilieren.

#### Lösung

(5.144) Die 3 mm tiefe Gravur der Buchstaben wird mit einem HSS-Nutfräser von 4 mm Durchmesser in dem Ahornbrett ausgeführt. Die Fräsermitte ist gleichzeitig Buchstabenmitte.

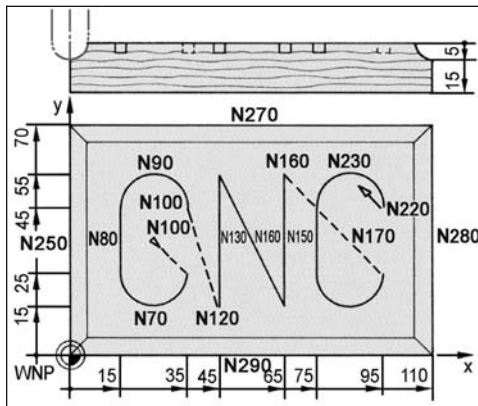
Das Außenprofil fräsen wir mit einem rechtsdrehenden Profilverfräser (Hohlkehlfäser, Radius 5 mm). Als Drehfrequenz für die Fräser wählen wir 9000 //min., die Vorschubgeschwindigkeit soll einheitlich 3000 mm/min betragen. Das erstellte Programm (5.143) muss vor dem Einsatz an der Maschine getestet werden. Eine Möglichkeit dazu bietet die grafische Programmsimulation am Bildschirm nach Eingabe über die Tastatur. Eine Konturüberprüfung ohne Materialzerspanung ist möglich, wenn statt des Fräsers eine Kugelschreibermitte eingespannt wird, die die Verfahrswege in einer Ebene auf einem Zeichenblatt darstellt. Die Werkzeugzustellung in der Z-Achse wird vorher abgewählt.

5

**Tabelle 5.143** Programmblatt eines Werkstücks (CNC und Außenkontur)

Satz	Weginformation							Schaltinformation				Bemerkung	
	N	G	X	Y	Z	I	J	K	F	S	T		M
%50													Programmnummer
N 10									F 3000	S 9000	T 01	M 06	Einschaltzustand
20												M 03	Spindel ein (Rechtslauf)
30	G 90												Absolute Maßeingabe
40	G 00				z 20								z-Achse sichern
50	G 00	x 35	y 25										Positionieren für C,
60	G 01				z-3								Eintauchen C
70	G 02	x 15	y 25			I + 25	J + 25						Kreisinterpolation
80	G 01	x 15	y 45										Fräsen der Geraden
90	G 02	x 35	y 45		z-3	I + 25	J + 45						Kreisinterpolation
100	G 00				z 20								Austauschen C
110	G 00	x 45	y 15										Positionieren N
120	G 01				z-3								Eintauchen N
130		x 45	y 55										Fräsen der Geraden
140		x 65	y 15										
150		x 65	y 55										
160	G 00				z 20								Austauschen IM
170	G 00	x 95	y 25										Positionieren für C
180	G 01				z-3								Eintauchen C
190	G 02	x 75	y 25			I + 85	J + 25						Kreisinterpolation
200	G 01	x 75	y 45										Fräsen der Geraden
210	G 02				z-3	I + 85	J + 45						Kreisinterpolation
220	G 00				z 20								Austauschen C
230										T 02	M 06		Werkzeugwechsel
240	G 00	x 0	y 0										Außenkontur fräsen
250	G 01				z-5								Eintauchen
260		x 0	y 70										Stirnseite fräsen
270		x 110											Längsseite fräsen
280			y 0										Stirnseite fräsen
290		x 0	y 0										Längsseite fräsen
300	G 00				z 20								Austauschen
310	G 74												Referenzfahrt
320												M 30	Programmende

Erweist sich das Programm als fehlerfrei, kann es auf einem Datenträger abgespeichert werden.



**Bild 5.144** Fräsen eines Werkstücks

### Maschinenaufbau und Bedienung

CNC-Maschinen bestehen aus dem Maschinenständer mit Antriebs- und Bearbeitungsaggregaten sowie der Steuerung, die häufig neben der Maschine angeordnet ist.

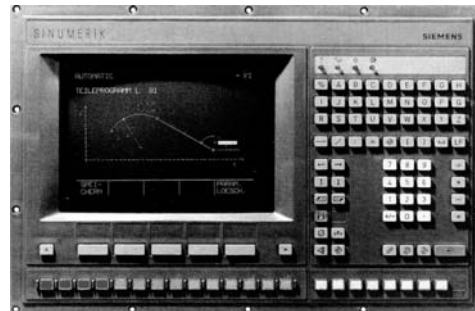
Meist sind der Maschinentisch oder die Bearbeitungsaggregate verfahrbar, an einigen Maschinen können beide Funktionselemente gleichzeitig verfahren werden.

### Bedienfeld einer CNC-Maschine

An die Stelle der Funktionselemente einer handbedienten Maschine tritt bei der CNC-Maschine das Bedienfeld, auch Tastatur genannt. Welche Funktionen haben die Tasten mit den verschiedenen Symbolen und Zeichen?

Tasten mit Buchstaben, Ziffern und Vorzeichen dienen hauptsächlich zur Programmeingabe. Weitere Maschinentasten sind vorgesehen für die Maschinenfunktion (Ein- und Ausschalten), die Computerfunktion (Speichern, Löschen, Ändern von Daten) sowie die automatische Fertigung (Start und Stopp, 5.145). Der Aufbau der Tastatur ist unterschiedlich. Der Bediener muss sich erst mit ihm vertraut machen, bevor er sicher mit der Maschine

umgehen kann. Um die Maschinenbedienung zu erleichtern, hat man in DIN 55003 einheitliche Bildzeichen festgelegt (5.146).



**Bild 5.145** Tastatur einer CNC-Maschine

**Betriebsart.** Bei CNC-Maschinen ist vor dem Ausführen einer bestimmten Tätigkeit stets die entsprechende Betriebsart anzuwählen. Dabei unterscheiden wir drei Hauptgruppen:

- Handbedienung: Maschinenfunktion durch Tastenbetätigung,
- Programmierbetrieb: Programmeingabe an der Tastatur oder über Datenträger,
- Automatikbetrieb: Maschinenfunktion oder Programmsteuerung.

Auch bei der Handbedienung der Maschine wird das Werkzeug nicht durch Kurbelbetätigung in die Arbeitsposition gebracht – erforderlich ist nur ein Tastendruck. Die meisten Maschinenfunktionen lassen sich sowohl durch Handsteuerung als auch durch Programmbefehl ausführen.





















### Beispiel

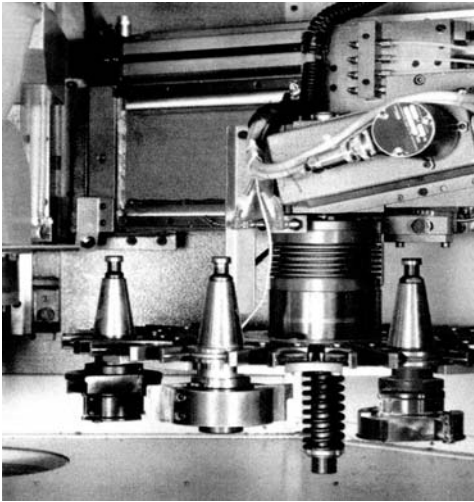
Einschalten der Spindel im Uhrzeigersinn durch Tastendruck oder

Ausführen des Befehls M 03 (codiert) beim Programmstart

**Werkzeuge und Werkzeugwechsel.** Der häufige Werkzeugeinsatz und die großen Fertigungsgeschwindigkeiten erfordern Maschinenwerkzeuge mit langer Standzeit. Für die Bearbeitung eignen sich deshalb nur DIA- und HM-Werkzeuge.

**Tabelle 5.146** Bildzeichen für CNC-gesteuerte Werkzeugmaschinen nach DIN 55003

Bildzeichen (Symbol)	Bezeichnung und Anmerkungen	Bildzeichen (Symbol)	Bezeichnung und Anmerkungen
	Programm einlesen Auf Tastendruck wird das Programm in <i>den Speicher eingelesen, Zunächst keine Maschinenfunktion</i>		Programmanfang Durch Tastenbetätigung wird das eingegebene <i>Programm auf den ersten Programmschritt</i> gestellt
	Satzweise einlesen Auslösen durch Handbetätigung: Das innere Quadrat weist auf einen einzelnen Programmsatz hin		Programmierter Halt Gleiche Wirkung wie die Zusatzfunktion M00
	Programm verändern, um Veränderungsfunktionen darzustellen (z.B. Einfügungen)		Handeingabe Nach Tastenbetätigung erfolgt die Steuerung der Handeingaben
	Satznummersuche (vorwärts) Bei Tastenbetätigung wird der nächste Satz aufgerufen		Programmspeicher Durch Tastenbetätigung wird der Programmspeicher angesprochen
	Satznummersuche (rückwärts) Bei Tastenbetätigung wird der vorhergehende Satz aufgerufen		Absolute Maßangaben Nach Tastenbetätigung wird im Bezugsmaßsystem verfahren
	Relative Maßangaben (inkremental) Nach Tastenbetätigung wird in relativen Maßangaben verfahren		Werkzeugkorrektur Nach Tastendruck wird ein hiernach anzugebender Korrekturwert berücksichtigt
	Referenzpunkt Bei relativen Maßangaben verwendete Position, die in einem bestimmten Bezug zum Achsennullpunkt steht		Dateneingabe in einen Speicher Nach Tastendruck erfolgt das Einlesen der Daten in den Speicher
	Koordinatennullpunkt stellt den Anfang des Maschinen-Koordinatensystems dar		Datenausgabe aus einem Speicher
	Werkzeuglängenkorrektur Der Pfeil am symbolisch gezeichneten Fräser weist auf die Werkzeuglänge hin		Löschen Vorsicht – diese Taste löscht das gesamte Programm!
	Werkzeugradiuskorrektur Der Pfeil am symbolisch gezeichneten Fräser weist auf den Radius hin		Positions-Istwert z.B. wird nach Tastendruck die gegenwärtige Position angezeigt



**Bild 5.147** Werkzeugwechsler (Teller Ausführung)

Die Fertigung eines Werkstücks erfordert i.R. verschiedene Werkzeuge. Deshalb sind CNC-Maschinen mit mehreren Arbeitsaggregaten oder einem Werkzeugwechsler ausgestattet. Das Wechseln erfolgt während der Herstellung nach Programmaufruf automatisch. Gebräuchlich für die Aufbewahrung sind:

- Werkzeugrevolver
- Werkzeugmagazin (Pick-up, Teller Ausführung, Kettenausführung, 5.147).

Die Werkzeugdaten (Radius, Länge) werden unter der Werkzeugnummer gespeichert.



**Bild 5.148** Werkzeugaufspannung durch Vakuumsaugteller

**Spannen des Werkstücks.** Eine sichere und exakte Werkstückaufspannung ist für die Fertigungszeit, Genauigkeit und Arbeitssicherheit wichtig. Vorherrschend sind pneumatische Spannmittel, bei hohen Zerspannungskräften auch mechanische und hydraulische. Gebräuchlich sind:

- Vakuumsaugelemente (-teller) (5.148)
- Vakuumrastertisch
- Spannbacken
- Druckkolbenspanner.

## 6 Andere Werkstoffe

Wer Holz bearbeitet, kommt auch mit anderen Werkstoffen in Berührung. Er verwendet z.B. Werkzeuge, Holzbearbeitungsmaschinen und Beschläge aus Stahl, Nichteisenmetalle und

Kunststoffe. Dieses Kapitel vermittelt Grundkenntnisse über Eigenschaften und Bearbeitung dieser Materialien.

### 6.1 Metalle

#### Arbeitsauftrag Nr. 39 Lernfeld LF 3

- Erstellen Sie eine „Mind-Map“ zum Thema *Metall in Partner oder Gruppenarbeit*. Kernpunkt bzw. Ausgangspunkt sollte folgende Frage sein: „*Was hat ein Tischler/Schreiner heute mit Metallen zu tun?*“  
Bilden Sie Sammelbegriffe für die unterschiedliche Verwendung von Metallen unter Einbeziehung von Wissen aus der eigenen Praxis.  
Nutzen Sie hierzu Baustoffhändlerkataloge mit entsprechenden Abbildungen.
  
- Mit Hilfe Ihrer Mind – Map, einschließlich Text 6.1.4 können Sie die folgenden Fragen beantworten. Nutzen Sie die „Dreischritt- Methode“ (vgl. Arbeitsauftrag Nr. 32).
  1. Was ist Stahl?
  2. Was bedeuten die Werkstoffbezeichnungen St 37-2, × 10 CrNi 18 8?
  3. Was sind Halbzeuge?
  4. Was versteht man unter Korrosion?
  5. Was heißt Kontaktkorrosion?
  6. Nennen Sie mind. drei Korrosionsschutzmaßnahmen.
  7. Welche Dichte kennzeichnet Leichtmetalle?
  8. Nennen Sie mindestens 5 NE-Metalle und deren wesentliche Verwendung.
  9. Wie wird ein metallischer Werkstoff beim Biegeumformen beansprucht?
  10. Was beschreibt der Begriff „Neutrale Faser“?
  11. Sie müssen ein Aluminiumblech biegen. Welches Werkzeug benutzen Sie zum Anreißen?
  12. Sie wollen ein Stahlblech biegen. Was müssen Sie beachten?
  13. Was bedeutet Fügen?
  14. Worin unterscheiden sich lösbare und unlösbare Verbindungen?
  15. Nennen Sie eine kraftschlüssige Verbindung.
  16. Wozu dienen Federring und Unterlegscheibe?
  17. Eine Nietverbindung wird formschlüssig bezeichnet. Was versteht man darunter?
  18. Beschreiben Sie einen Nietvorgang.
  19. Was ist beim Herstellen einer Lötverbindung zu beachten?
  20. Worin unterscheiden sich Schrupp- und Schlichtfeilen?
  21. Welche Feilen benutzen Sie zum Bearbeiten weicher Werkstoffe?
  22. Was bedeutet Schnittgeschwindigkeit?
  23. Berechnen Sie die Drehzahl für einen 5 mm-Bohrer zum Bohren einer Aluminiumlegierung.
  24. Wie groß ist der Kerndurchmesser für M6?
  
- Sollten Sie die Möglichkeit der Nutzung von Laboren haben, erarbeiten Sie sich dieses Fachgebiet durch praxisorientierte Versuche.



### 6.1.1 Eisen und Stahl

Eisen kommt in der Natur nicht rein, sondern nur in chemischen Verbindungen vor. Diese Verbindungen werden im Hochofenprozess so umgewandelt, dass graues und weißes Roheisen entsteht. Man erkennt dies an der unterschiedlichen Färbung der Bruchfläche.

**Graues Roheisen** wird in der Gießerei weiterverarbeitet. Der Kohlenstoffgehalt von *Grauguss* (GG) liegt zwischen 2,6 % und 3,6 %. Der Werkstoff besitzt eine hohe Druckfestigkeit, ist stoßempfindlich aber gut schwingungsdämpfend. Man gießt daraus z.B. Maschinenständer für Holzbearbeitungsmaschinen. Der Werkstoff lässt sich nicht biegen oder schmieden und nur bedingt schweißen.

Temperguss entsteht entweder durch mehrtägiges Glühen des Gussstückes unter Schutzgas wie Stickstoff bei ca. 1100 °C (schwarzer Temperguss) oder durch Glühen in oxidierender Atmosphäre bei ca. 1000 °C (weißer Temperguss). Der Vorgang wird *Tempern* genannt. Der Werkstoff ist zäher als Grauguss, besitzt gute Festigkeit und lässt sich hämmern, begrenzt verformen und auch schweißen. Aus weißem Temperguss werden z.B. Fittings, Schlüssel, Schraubzwingen, Kettenglieder, Tür- und Fensterbeschläge hergestellt, aus schwarzem Temperguss dickwandige Teile wie Schaltgabeln, Getriebegehäuse oder Zahnräder.

**Weißes Roheisen** wird im Stahlwerk zu Stahl weiterverarbeitet, indem während des Prozesses der hohe Kohlenstoffgehalt auf Werte unter 2 % gesenkt wird. Wir bezeichnen diese Stähle als *unlegierte* Stähle.

Stahl ist alles ohne besondere Nachbehandlung schmiedbare Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt unter 2 %.

Durch Legierung mit anderen Metallen lassen sich die Eigenschaften von Stahl dem gewünschten Verwendungszweck entsprechend verändern. Wir erhalten so *niedrig-* und *hochlegierte* Stähle.

**Baustähle** sind unlegierte Stähle, die nach ihrem Verwendungszweck sowohl in Massen- wie auch Qualitätsstähle eingeteilt werden. Zu ihnen gehören allgemeine Baustähle, Einsatz- und Vergütungsstähle.

*Allgemeine Baustähle* haben einen Kohlenstoffgehalt zwischen 0,15 % und 0,6 %. Sie sind nicht für Wärmebehandlung vorgesehen. Aus ihnen werden z.B. Maschinenteile, Form- und Stabstähle, Bleche, Rohre, Spannwerkzeuge, Schrauben, Nieten und Beschläge hergestellt.

*Einsatzstähle* sind Qualitäts- oder Edelstahl. Ihr Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0,01 % und 0,3 %. Durch Einsatzhärten erhalten sie besondere Gebrauchseigenschaften.

Beim Einsatzhärten werden die Randschichten des Werkstoffes durch Aufkohlen härter. Einsatzgehärtete Werkstücke haben eine harte Oberfläche und einen zähen Kern und somit einen guten Verschleißwiderstand.

Zahnräder, Lagerzapfen und Messzeuge z.B. werden aus diesen Stählen gefertigt.

*Vergütungsstähle* haben einen Kohlenstoffgehalt zwischen ca. 0,25 % und 0,65 %. Zu ihnen zählt man Qualitäts- oder Edelstahl. Durch Vergüten erhalten daraus gefertigte Werkstücke hohe Festigkeit und Zähigkeit.

Vergüten ist eine Wärmebehandlung, bei der durch Härten und anschließendes Anlassen bei Temperaturen zwischen 400 °C und 650 °C hohe Zähigkeit bei bestimmter Festigkeit erlangt wird.

Aus Vergütungsstählen werden hochbeanspruchte Maschinenteile hergestellt.

**Werkzeugstähle** sind un-, niedrig- oder hochlegierte Stähle. Aus ihnen werden Werkzeuge mit bestimmten Eigenschaften gefertigt, so z.B. Schneidwerkzeuge, die auch bei höheren Temperaturen aufgrund des Zerspanvorganges noch ausreichende Standzeit besitzen.

Aus *unlegierten Werkzeugstählen* mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0,65 % und 1,7 % werden Werkzeuge für niedrige Arbeitstemperaturen hergestellt deren Arbeitshärte durch Wärmebehandlung erreicht wird. Dazu wird der Werkstoff auf Härtetemperatur erwärmt, in Wasser abgeschreckt und anschließend angelassen. Man erreicht durch das Anlassen eine Gefügerückbildung, die die Gebrauchshärte erwirkt. Werkzeuge, die aus diesem Werkstoff hergestellt werden, sind Hämmer, Feilen oder geringer beanspruchte Holzbearbeitungswerkzeuge.

*Niedriglegierte Werkzeugstähle*, auch Spezial-(SP-) Stähle genannt, enthalten bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,3 % bis 2 % als Legierungsbestandteile z.B. Chrom, Nickel, Wolfram, Molybdän oder Vanadium. Zusammen mit Kohlenstoff entstehen im Gefüge z.B. Karbide, das sind besonders verschleißfeste Verbindungen, die Härte und Zähigkeit erhöhen und bei Warmarbeitsstählen auch die Verwendbarkeit für Arbeitstemperaturen über 200 °C ermöglichen. Aus ihnen werden Stechisen, Maschinensägeblätter, Hobeisen, Bohrer und Fräsketten hergestellt.

*Hochlegierte Werkzeugstähle* werden auch HL-Stähle genannt. Ihr Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0,9 % und 1,7 %. Die Legierungsbestandteile Chrom, Molybdän oder Vanadium bilden Sondercarbide, die Arbeitstemperaturen bis ca. 1300 °C zulassen. Sie sind auch als SS-(SchnellSchnitt-) oder HSS-(Hochleistungs-SchnellSchnitt-) Stahl bekannt. Sie erreichen selbst bei ca. 600 °C (schwachrotglühend) Arbeitstemperatur noch vertretbare Standzeiten. Aus ihnen werden u.a. Fräser, Bohrer, Hobel- und Verbundwerkzeuge hergestellt.

Mit SS- und HSS-Werkzeugen werden Holzwerkstoffe und Harthölzer bearbeitet.

Kreissägeblätter aus SS- oder HSS-Stahl dürfen wegen ihrer Bruchgefahr nur auf Kreissägemaschinen mit besonderen Sicherheitseinrichtungen verwendet werden.

*Sonderstähle* sind u.a. hoch legierte, nichtrostende Stähle von besonderer Oberflächengüte. Aus ihnen werden z.B. Edelstahlspülen für Küchen hergestellt.

**DIA (PKD)** sind synthetisch, auf der Basis von Kohlenstoff hergestellte Schneidwerkstoffe (PKD = polykristalliner Diamant). In technischen Anlagen werden bei Temperaturen von 1300 bis 1400 °C und unter Druck von 6000 bis 7000 Mpa (6000 bis 7000 bar) durch eine Hochdruck-Hochtemperatur-Synthese die Schicht aus Diamantkornmaterial unlösbar auf eine Hartmetallunterlage aufgesintert. Dieses Herstellungsverfahren ist sehr aufwendig, deshalb werden nur kleine Schneidenabmessungen (PKD-Bestückungsplatten sind 1,6 bis 3,2 mm dick) hergestellt. Schneidenmaterial aus PKD ist sehr stoßempfindlich und teuer. Die Stand-

zeiten PKD-bestückter Sägeblätter oder Fräser liegen beim 200- bis 250-fachen von HM-bestückten Schneiden. Sie werden bei der industriellen Herstellung von Möbeln und Fenstern eingesetzt.

### Normung und Handelsformen

Mit welchem Werkstoff wir arbeiten, entnehmen wir der Werkstoffbezeichnung. Sie ist nach DIN genormt. Genauere Angaben können wir Tabellenbüchern entnehmen.

**Baustähle** erkennen wir an einem **St** und nachgestellten Ziffern. Sie geben uns Auskunft über besondere Eigenschaften des Stahles. Dieser Werkstoff kann nicht warmbehandelt, z.B. gehärtet werden.

### Beispiel

*St 37-1* ist ein Baustahl für einfache Anforderungen mit einer Mindestzugfestigkeit von 370 N/mm<sup>2</sup>. Die 1 bezeichnet die Gütegruppe, von denen es insgesamt drei gibt.

**Unlegierte Qualitäts- und Edelmetalle** werden nach dem Kohlenstoffgehalt bewertet, Edelstahl mit besonders geringem Phosphor- und Schwefelgehalt erhält noch den Kennbuchstaben k.

### Beispiel

*C45* ist ein unlegierter Vergütungs-(Qualitäts-) Stahl mit 0,45 % Kohlenstoffgehalt.

*Ck 45* ist ein unlegierter Einsatz-(Edel-)Stahl mit niedrigem S- und P-Gehalt und 0,15 % Kohlenstoff.

**Niedriglegierte Stähle** sind Qualitäts- und Edelmetalle mit weniger als 5 % Legierungsbestandteilen. Den Legierungsanteil in Prozenten erhält man durch genormte Teiler.

### Beispiel

*34 Cr 4* ist ein Vergütungsstahl mit  $\frac{34}{100} = 0,34$  % Kohlenstoff und  $\frac{4}{4} = 1$  % Chrom (Cr) als Legierungsbestandteil.

**Hochlegierte Stähle** sind Qualitäts- und Edelmetalle, wie wir sie z.B. bei Spülen in Einbauküchen finden. Das Kennzeichen für einen hochlegierten Stahl ist das x am Beginn der Werkstoffbezeichnung, gefolgt von Angaben über die Zusammensetzung.

### Beispiel

*x 10 Cr Ni 18 8* ist ein hochlegierter Stahl mit 0,1 % Kohlenstoffgehalt, 18 % Chrom und 8 % Nickel. Um den Kohlenstoffgehalt zu erhalten,

müssen wir die dem  $x$  folgenden Zahl durch 100 teilen. Die anderen Ziffern geben den realen Gehalt des Legierungsbestandteiles an.

**Eisengusswerkstoffe.** Gusseisen, erkennen wir an dem Buchstaben G, kombiniert mit einer Buchstabenkombination und einer Ziffernfolge.

#### Beispiel

*GG-20* ist Gusseisen mit Lamellengraphit, Grauguss, mit einer Mindestzugfestigkeit von  $200 \text{ N/mm}^2$ .

Die Werkstoffe werden u.a. zu Normteilen oder Halbzeugen und Blechen verarbeitet, aus denen dann die Werkstücke gefertigt werden. Halbzeuge sind Erzeugnisse, die u.a. durch Walzen von Metallen entstanden sind und zur Weiterverarbeitung genutzt werden. Die genauen Bezeichnungen sind wieder den DIN-Normen zu entnehmen. Nachfolgend einige Beispiele.

**Flach DIN 1017 - 70 × 5-US37-2** ist z.B. ein Flachstahl von 70 mm Breite und 5 mm Dicke aus Baustahl mit einer Mindestzugfestigkeit von  $370 \text{ N/mm}^2$  der Güteklasse 2.

**Gelenkband-Profil DIN 1581 - 5 × 6 × 60** ist ein Halbzeug, dessen Querschnitt einem Gelenkband mit den Maßen für die Dicke = 5 mm, die Höhe = 6 mm und die Breite = 60 mm entspricht. Genaue Informationen hierzu finden wir wieder in der DIN-Norm.

## 6.1.2 Nichteisenmetalle (NE-Metalle)

Nichteisenmetalle werden in Leichtmetalle (Dichte  $< 4,5 \text{ kg/dm}^3$ ) und Schwermetalle eingeteilt. Zu den NE-Metallen gehören Aluminium, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Magnesium und deren Legierungen. Durch entsprechende Legierungsbestandteile erhält das Grundmetall die Eigenschaften, die es für Beschläge u.a. besonders geeignet sein lässt.

**Hartmetalle** werden durch Sintern hergestellt. Verarbeitet werden z.B. Wolfram- und Titan-karbide mit Kobalt als Bindemetall. Die zu Pulver zermahlene Stoffe werden bei  $1500 \text{ °C}$  bis  $1600 \text{ °C}$  zu Stäben oder Platten gepresst. Weil Sintermetalle sehr hart sind und Hartmetallschneiden eine bis zu 100-fache Standzeit der Stahlwerkzeugschneiden erreichen, werden Schneidwerkzeuge mit Hartmetallschneiden versehen. Sie sind allerdings sehr schlag- und stoßempfindlich und erfordern deshalb pflegliche Behandlung beim Schleifen bzw. Einspannen des Werkzeuges.

**Stellite** sind Hartlegierungen aus Kobalt, Chrom und Wolfram unter Kohlenstoffzusatz. Sie werden anstelle von Hartmetallschneiden als Schneiden in Sägeblättern zur Vollholzbearbeitung eingesetzt.

**Tabelle 6.1** Wichtige Gebrauchseigenschaften von NE-Metallen und deren Legierungen

Metalllegierung	Eigenschaften	Verwendung
Aluminium	Dichte $2,7 \text{ kg/dm}^3$ ; weich und dehnbar, gut zu zerspanen; kerbempfindlich	neben Stahl am meisten in Holztechnik verwendet für Bleche, Wandverkleidungen u.a.
Al-Knetlegierungen	Legierungsbestandteile: Kupfer, Magnesium, Zink und Mangan; zugfester als Aluminium, korrosionsbeständig, gut zu verarbeiten	Fenster, Türen, Sonnenblenden, Regenschutzschienen, Simsabdeckung, Systemprofile, Wandplatten
Al-Gusslegierungen	höhere Zugfestigkeit als Aluminium	Beschläge, Türdrücker
Kupfer	Dichte $8,96 \text{ kg/dm}^3$ ; weich, zäh, gut dehn- und umformbar, weniger gut zerspan- oder giessbar	Türen, Bleche, Bekleidungen, Folien, Fassaden, Dächer
Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)	korrosionsbeständig, gut zu bearbeiten und zu spanen	Schrauben, Zierleisten, Beschläge
Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze)	korrosionsbeständig, gut zu bearbeiten	Beschläge
Zink	Dichte $7,1 \text{ kg/dm}^3$ ; korrosionsbeständig, jedoch nicht gegenüber Säuren, Laugen, Kalk, Zement; gut dehn- und umformbar	Fensterbleche, Abdeckung für Dachbedeckungen
Zinklegierung (Zamak)	gut giessbare Legierung aus Aluminium, Zink und Kupfer	Bänder, Scharniere, Türgriffe, demontierbare Schrankverbinder
Blei	Dichte $11,4 \text{ kg/dm}^3$ ; korrosionsbeständig; sehr weich und dehnbar, gut umzuformen	Bleiverglasungen, Einfassungen (Bilder, Glas)
Hartmetalle	sehr hart und spröde, schlagempfindlich	Schneidwerkzeuge für hohe Schnittgeschwindigkeiten

**Tabelle 6.2** Korrosionsschutzmaßnahmen

Einölen, Einfetten	verwendet werden säurefreie oder organische Stoffe
Beschichtungen	sie werden durch Spritzen oder Streichen aufgetragen. Verwendet werden auf verschiedener Basis beruhende Farben.
Zwischenlagen aus isolierenden Stoffen	sie verhindern die Bildung eines galvanischen Elementes und somit die Kontaktkorrosion
Kunststoffbeschichtungen	werden aufgewalzt, aufgesprüht oder eingebrannt.
Emaillieren	durch Einbrennen von Emaillepulver. Der Überzug ist schlagempfindlich, aber hitze- und sehr korrosionsbeständig.
metallische Überzüge	werden chemisch erzeugt (z.B. Verzinkung) oder mechanisch aufgetragen (z.B. Aufwalzen einer Kupferschicht auf Stahlblech)
Eloxieren	ist ein geschütztes Verfahren zum Korrosionsschutz von Aluminium. Durch Elektrolyse bildet sich auf den als Anode in einer Säure befindlichen Metallteilen eine Oxidschicht, die Korrosion verhindert.

Stellite werden auf die Sägezahnspitze aufgeschweißt und durch Bearbeiten mit einer Diamantschleifscheibe ausgeformt und geschärft.

### 6.1.3 Korrosion und Korrosionsschutz

Unter Korrosion verstehen wir die Zerstörung von Metallen aufgrund chemischer oder elektrochemischer Vorgänge.

Eisen und Stahl werden aus Erzen, das sind chemische Verbindungen, gewonnen. Beide Werkstoffe sind bestrebt, die ursprüngliche Verbindung wieder einzugehen, sie rosten. Wir bezeichnen diesen Vorgang allgemein als Korrosion. Sie tritt nicht nur bei Eisen und Stahl, sondern bei allen unedlen Metallen auf und kann diese zerstören. Bekannt ist die zum Teil verheerende Wirkung von Rost. In einigen Fällen verhindert Korrosion aber auch die Zerstörung des Werkstoffes. Auf Kupfer z.B. bildet sich aufgrund der Korrosion Patina, eine Schicht, die das Kupfer gegen Korrosion schützt. Aluminium wird anodisch oxidiert, bekannt unter dem Begriff eloxieren. Durch das Verfahren wird eine Oxidschicht erzeugt, die weitere Korrosion des Werkstoffes verhindert.

Kontaktkorrosion, ein elektrochemischer Vorgang, entsteht, wenn verschiedene Metalle ein galvanisches Element bilden. Es fließt ein

Strom, durch den das unedlere Metall zerstört wird. Kontaktkorrosion entsteht z.B. dort, wo ein Kupferbeschlag mit einer Schraube befestigt wurde. Unter Einwirkung von Feuchtigkeit entsteht ein *kurzgeschlossenes* galvanisches Element. Der unedlere Werkstoff, der Stahl, zersetzt sich.

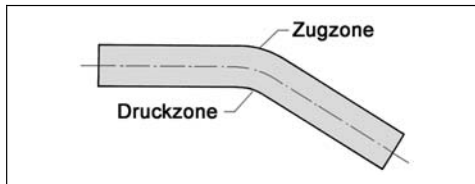
- **Laborversuch** Wickeln Sie über Nacht ein Stück Kupfer in Aluminiumfolie. Halten Sie am nächsten Morgen die geglättete Aluminiumfolie gegen das Licht. Was beobachten Sie?

Um Schäden an metallischen Bauteilen zu vermeiden, werden sie gegen Korrosion geschützt.

### 6.1.4 Fertigungstechnik und Metallbearbeitung

Im Zuge von Holzarbeiten kann es erforderlich werden, Metalle zu bearbeiten. In diesem Abschnitt lernen wir Verfahren kennen, die grundlegend für professionelle Metallbearbeitung sind.

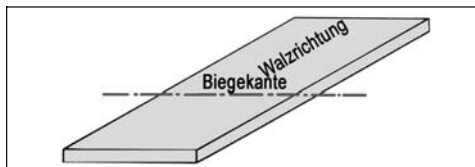
**Biegeumformen** dient dazu, die Form eines Werkstoffes durch Krafteinwirkung zu verändern. Biegen wir ein Blech oder einen Flachstahl, so unterscheiden wir zwischen Zug-, Druckzone und der Neutralen Faser. In der Zugzone wird der Werkstoff gedehnt, in der Druckzone gestaucht. Die Neutrale Faser ändert ihre Länge nicht. Wenn wir die Biegekante mit einer Reißnadel anreißen, muss der Riss in der Druckzone liegen, weil das Blech beim Biegen sonst einreißen kann.



**Bild 6.3** Belastungszonen beim Biegevorgang

Führen wir den Riss mit einer Messingreißnadel oder einem Bleistift aus, ist die Lage der Anrisslinie nicht zu berücksichtigen. Bleche aus Leichtmetall reißen wir immer mit einem Bleistift an.

Weil Bleche durch Walzen hergestellt werden, müssen wir vor dem Biegen auch die Walzrichtung ermitteln. Sie ist an einer feinen Riefenbildung auf der Blechoberfläche zu erkennen. Die Biegekante muss immer senkrecht zur Walzrichtung gelegt werden, weil sonst ebenfalls Bruchgefahr besteht (Bild 6.4). Ist die Walzrichtung aufgrund einer Oberflächenbeschichtung nicht zu erkennen, muss eine Biegeprobe angefertigt werden. Ausschlaggebend für die Qualität der Biegung ist auch der Biegeradius.



**Bild 6.4** Walzvorgang

Er ist abhängig von der Dicke des Werkstoffes und dem Material. Wird der Biegeradius zu klein gewählt, besteht ebenfalls die Gefahr der Rissbildung in der gestreckten und übermäßigen Stauchung im Bereich der gestauchten Faser. Der Mindestbiegeradius kann mit einer einfachen Formel über einen Biegefaktor  $f_B$  berechnet werden.

$$r_B = s \cdot f_B$$

In dieser Formel ist  $r_B$  der Biegeradius,  $s$  die Dicke des Werkstoffes,  $f_B$  der Biegefaktor.

**Tabelle 6.5** Mittlere Werte für Biegefaktoren

Werkstoff	Biegefaktor
Aluminiumlegierungen	2,5
Kupfer	0,75
Magnesiumlegierungen	7,5
Messing/Stahl	1,5

#### Beispiel

Es soll ein Aluminiumblech von 3,5 mm Dicke gebogen werden. Wie groß ist der Mindestbiegeradius?

#### Lösung

geg:  $s = 3,5 \text{ mm}$   $f_B = 2,5$  ges.: Mindestbiegeradius  $r_B$  in mm

$$r_B = s \cdot f_B = 3,5 \text{ mm} \cdot 2,5 = \mathbf{8,75 \text{ mm}}$$

**Der Mindestbiegeradius beträgt 8,75 mm.**

**Fügen.** Unter Fügen verstehen wir das Verbinden von Teilen. Wir unterscheiden lösbare und unlösbare Verbindungen.

**Lösbare Verbindungen** können getrennt werden, ohne das Werkstück zu zerstören. Die Teile können jederzeit wieder verwendet werden.

**Unlösbare Verbindungen** können nur durch Zerstören des Werkstoffes getrennt werden.

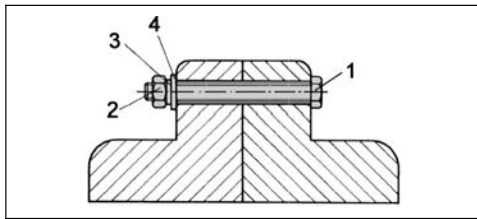
Zu den lösbaren Verbindungen gehören u.a. Verschraubungen, zu den unlösbaren Lötungen, Nietungen und Klebungen.

**Schraubverbindungen** werden als *kraftschlüssig* bezeichnet. Durch die Vorspannkraft der Schraube werden die zu verbindenden Teile so stark zusammengepresst, dass die Reibungskraft zwischen den zu fügenden Teilen so groß ist, dass sie sich durch einwirkende Kräfte nicht gegeneinander verschieben können. Für Verschraubungen stehen eine Vielzahl von Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben und Schraubensicherungen zur Verfügung, deren gebräuchlichsten die Tabelle 6.6 zeigt.

**Tabelle 6.6** Ausgewählte Schrauben- und Mutterformen, Scheiben und Schraubensicherungen

Bezeichnung nach DIN	Anmerkung
Flachrundschraube mit Vierkantansatz DIN 603	Der Vierkantansatz verhindert, dass sich die Schraube beim Verschrauben mitdreht.
Halbrundschraube mit Nase DIN 607	Die Nase verhindert, dass sich die Schraube beim Anziehen mitdreht.
Sechskantschraube DIN 931, 933 u.a.	für die üblichen Schraubverhinderungen
Blechschrabe DIN 7971 DIN 7976	Die Schraube formt das Muttergewinde beim Einschrauben. Kann in gedornete Löcher geschraubt werden. Vorteil: Sicherung der Schraube durch eingepressten Blechwulst.
Sechskantmutter DIN 439, DIN 970, u.a.	Gebräuchlichste Mutter für alle Befestigungsarten; verfügbar in verschiedenen Formen z.B. mit oder ohne Fase, flach oder selbstsichernd.
Hutmutter DIN 917, 986, 1587	deckt den bei einer normalen Verschraubung aus der Mutter ragenden Schraubenbolzen ab. Senkt Verletzungsgefahr, schützt Gewindeende.
Unterlegscheibe DIN 125, Form A und B Federring DIN 127 Federscheibe DIN 137 Zahnscheibe DIN 6797	Vorwiegend für Sechskantschrauben und -muttern verwendet. Form B ist einseitig mit einer Fase versehen. dienen der Schraubensicherung

6



**Bild 6.7** Schraubverbindung mit Unterlegscheibe und Federring  
 1 Schraube DIN 933  
 2 Mutter DIN 439  
 3 Federring DIN 127  
 4 Unterlegscheibe DIN 125

Das Bild 6.7 zeigt eine einwandfreie gesicherte Schraubverbindung mit Unterlegscheibe und Federring. Die Unterlegscheibe verhindert, dass sich der Federring in den Werkstoff des Werkstückes drückt. Der Federring sichert die Mutter so, dass sich die Verschraubung bei Schwingungen nicht lösen kann.

#### Wirkungsweise eines Federrings

Die Federkraft des Ringes presst die Mutter zusätzlich gegen die Gewindegänge. Durch

den erhöhten Anpressdruck erhöht sich die Reibung zwischen Mutter und Schraubenbolzen. Die Mutter kann sich nicht lösen.

**Nietverbindungen** werden als *formschlüssig* bezeichnet. Tabelle 6.8 zeigt ausgewählte Nietformen.

**Tabelle 6.8** Ausgewählte Nietformen

Nietform	Anwendungsgebiet/ Bemerkungen
Senkniet DIN 661	Metallbau-, Ausrüstungstechnik, Leichtmetallbau, für glatte Nietstellen Schließkopf entweder als Halbrundkopf oder als Senkkopf
Linsenniet DIN 662	Trittleche, Leisten, Beschläge

Nietverbindungen können nur durch Zerstören der Niete getrennt werden. Wir stellen eine einwandfreie Nietung in drei Arbeitsgängen her (6.9)

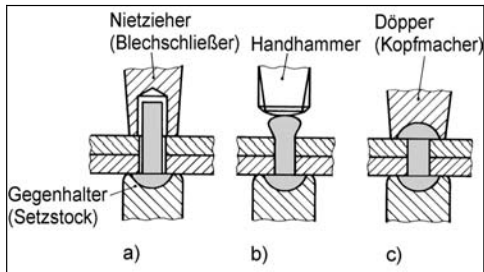


Bild 6.9 Nietvorgang

- Einziehen des Nietes.* Durch das Einziehen des Nietes werden zu verbindende Bleche fest zusammengepresst, wir nennen das *Blechschießen*.
- Anstauchen des Nietes.* Mit leichten Hammerschlägen wird der Niet angestaucht, sodass der Nietwerkstoff die Bohrung vollständig ausfüllt und die Grundlage für das Kopfformen gegeben ist.
- Kopf fertigformen.* Mit dem Döpper, dem Kopfmacher, wird der Nietkopf fertiggeformt.

**Löt-, Schweiß- und Klebeverbindungen** werden *stoffschlüssig* genannt. Sie können nur durch Zerstören getrennt werden.

Voraussetzung für eine gute **Lötverbindung** ist eine einwandfreie Lötfläche, damit das Lot gut legieren kann.

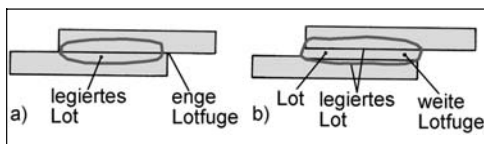


Bild 6.10 Löten

- enge Lötfläche: einwandfreie Legierung des Lotes mit dem Werkstoff – richtig
- weite Lötfläche: verminderte Festigkeit – falsch

Die Qualität einer Lötung hängt davon ab, in welchem Maße das Lot mit dem zu verbindenden Werkstoff in Legierung übergeht.

Bei **Schweißverbindungen** wird der Werkstoff der zu verbindenden Teile über die Schmelztemperatur hinaus erwärmt. In die Schmelze wird gleicher Werkstoff einge-

schmolzen. Beim Gasschmelzschweißen sind Acetylen und Sauerstoff die gebräuchlichsten Schweißgase.

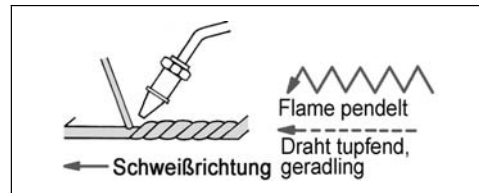


Bild 6.11 Nachlinksschweißung

Je nach Schweißarbeit und Werkstoff verwendet man *Nachlinks-* oder *Nachrechtsschweißung* (Bild 6.11 und 6.12).

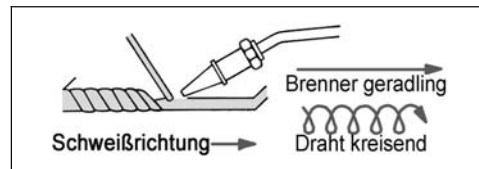


Bild 6.12 Nachrechtsschweißung

**Beim Nachlinksschweißen** wird der Brenner vor der Schweißnaht pendelnd nach links geführt, der Zusatzdraht geradlinig tupfend vor dem Brenner (6.11). Weil die Schweißflamme nicht in die Naht gerichtet ist, überhitzt sich die Schweißzone nicht. Die besonders bei dünnen Blechen bestehende Gefahr des Durchbrennens ist beim Nachlinksschweißen verringert.

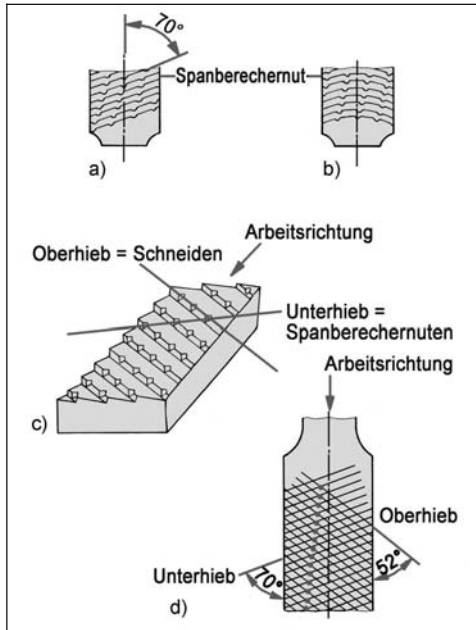
**Beim Nachrechtsschweißen** führt man den Brenner vor der Schweißnaht geradlinig nach rechts, den Zusatzdraht kreisend zwischen Brenner und Naht (6.12). Die Flamme ist gegen die Naht gerichtet, der Werkstoff wird bis in die Wurzel der Schweißnaht sicher durchgeschmolzen, die Naht wird nachgeglüht. Die Restwärme des geschmolzenen Werkstoffs und des Zusatzdrahts verringert den Gasverbrauch und erlaubt schnelleres Arbeiten.

**Nachlinksschweißen** für Bleche bis 4 mm Dicke sowie für Gusseisen und Nichteisenmetalle.

**Nachrechtsschweißen** für Bleche über 4 mm Dicke, für Waagrecht- und Senkrechtsschweißungen.

In der Fügetechnik gewinnt das **Kleben** zunehmend an Bedeutung. Bei geringer Beeinträchti-

gung des Werkstoffgefüges lassen sich verschiedene Werkstoffe fügen. Verwendet werden Kunstharzkleber (Epoxidharze, Polyurethankleber, Phenolharze, Polyesterharze), die unter Druck und/oder Wärmewirkung aushärten. Allerdings sind Klebeverbindungen nur in Grenzen belastbar und haben eine geringe Temperaturfestigkeit.



**Bild 6.13** Hiebverlauf  
a) schräger Hieb bei einhiebiger Feile, b) bogenförmiger Hieb bei einhiebiger Feile, c) Ober- und Unterhieb bei Kreuzhiebfeile, d) Winkel zur Achse einer Kreuzhiebfeile

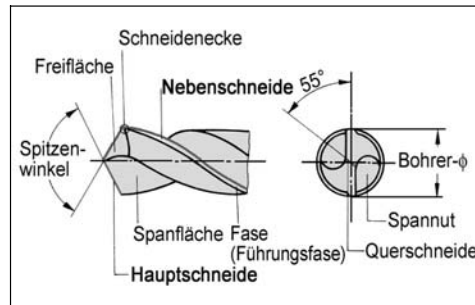
**Spanende Bearbeitung** von Metallen muss häufig bei Reparatur- und Montagearbeiten erfolgen. Im wesentlichen wird es sich um Sägen, Feilen, Bohren oder Gewindeschneiden handeln. Die Grundform der Werkzeugschneide ist der Keil (vergl. Abschn. 4.3 Sägen). Wie bei der Säge finden wir sie auch an der Feile und am Wendelbohrer, auch Spiralbohrer genannt.

**Feilen** werden gefräst oder gehauen (Bild 6.13). Der Spanwinkel gefräster Feilen ist  $< 0^\circ$ , sie wirken schneidend, der gehauener Feilen  $- 15^\circ$ ,

sie wirken schabend. Wir unterscheiden aufgrund unterschiedlicher Hiebe z.B. Schrapp- und Schlichtfeilen. Für weiche Metalle verwenden wir grob gezahnte Feilen mit Spanbrechernuten. Schlichtfeilen, die am feineren Hieb zu erkennen sind, verwenden wir für Metalle zum Nachbearbeiten von geschruppten Flächen oder zum Entgraten.

**Bohren.** Bild 6.14 erklärt die Bezeichnungen am Wendelbohrer. Zur Metallbearbeitung verwenden wir HSS-Bohrer oder solche mit Hartmetallschneiden. Für eine einwandfreie Bohrung muss der Bohrer einen dem zu bearbeitenden Werkstoff entsprechenden Spanwinkel haben. Falsch geschliffene Bohrer können leicht abbrechen oder ergeben eine unsaubere Bohrung.

Für wirtschaftliches Bohren ist die Wahl der richtigen Schnittgeschwindigkeit  $V_c$  wichtig. Sie hängt vom Bohrerwerkstoff und vom zu bearbeitenden Material ab und wird in m/min angegeben.



**Bild 6.14** Bezeichnungen am Wendelbohrer

Die Schnittgeschwindigkeit gibt die Geschwindigkeit der Werkzeugschneide am Werkstück bei der Spanabnahme an.

Bei der Bestimmung von Schnittgeschwindigkeiten ist normalerweise auch der Vorschub zu berücksichtigen. An dieser Stelle wollen wir davon ausgehen, dass im Rahmen der Holzverarbeitung die Berücksichtigung der Vorschübe bei der Zerspannung von Metallen unberücksichtigt bleiben kann. Sie sind in Tabelle 6.15 deshalb nicht angegeben.



**Tabelle 6.15** Ausgewählte Schnittgeschwindigkeiten  $v_c$  in m/min beim Bohren (mittlere Werte)

Werkstoff	Werkzeug aus	
	HSS-Stahl	Hartmetall
Stahl St 37-2	25 bis 35	40 bis 60
Gusseisen	20	70
Al-Legierungen	80 bis 140	200 bis 300
Kupfer	30 bis 60	(80 bis 100) <sup>1)</sup>
Duroplaste (Schicht- und Pressstoffe)	100 bis 120	100 bis 120
Thermoplaste	50 bis 120	nicht geeignet

<sup>1)</sup> Wegen ungünstiger Schneidengeometrie ist der Hartmetallwendelbohrer nur für wenige Werkstoffe geeignet.

6

Kennen wir die zulässige Schnittgeschwindigkeit können wir die zulässige Drehfrequenz für die Bohrmaschine berechnen. Die Grundformel lautet

$$v_c = \frac{d \cdot (\pi) \cdot n}{1000} \cdot \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Stellen wir die Formel nach  $n$  um, können wir die zum Bohren benötigte Drehfrequenz der Arbeitsspindel an der Bohrmaschine berechnen.

$$n = \frac{100 \cdot v_c}{d \cdot \pi} [\text{min}^{-1}]$$

In dieser Formel ist  $n$  die an der Maschine einzustellende Drehfrequenz,  $v_c$  die aus der Tabelle abzulesende Schnittgeschwindigkeit und  $d$  der Durchmesser des verwendeten Wendelbohrers.

#### Beispiel

In ein 5 mm dickes Stahlblech soll ein 10 mm Loch gebohrt werden. Zur Verfügung steht ein Bohrer aus HSS-Stahl. Welche Drehzahl darf an der Bohrmaschine höchstens geschaltet werden?

#### Lösung

geg.:  $d = 10 \text{ mm}$ ,  $v_c = 30 \text{ m/min}$

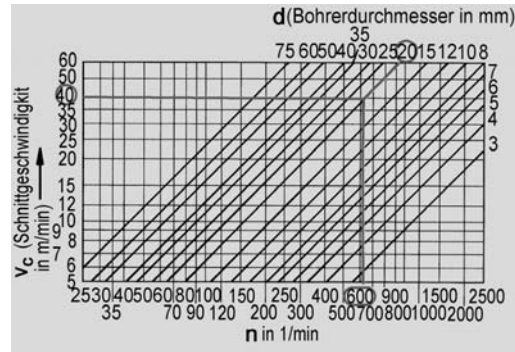
ges.:  $n$  in  $\text{min}^{-1}$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{d \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 30 \text{ m/min}}{10 \text{ mm} \cdot \pi} = 954,9 \text{ min}^{-1}$$

**Die zulässige Drehzahl beträgt 955  $\text{min}^{-1}$**

Geschwindigkeiten lassen sich grafisch darstellen. Bekannt sind Nomogramme oder Netz-

tafeln, die als Maschinentafeln auch an Bohrmaschinen zu finden sind. Bild 6.16 zeigt eine solche Netztafel.



**Bild 6.16** Netztafel

Auf der Y-Achse ist die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  in m/min auf der X-Achse, oben ist der Bohrerdurchmesser in mm, unten die Drehzahl in  $\text{min}^{-1}$  abgetragen. Wir können daraus ohne Rechenaufwand gesuchte Werte ablesen, müssen allerdings eine gewisse Ungenauigkeit in Kauf nehmen.

#### Beispiel

Welche Drehzahl ist zu wählen, wenn mit einem Bohrer von 20 mm Durchmesser und einer Schnittgeschwindigkeit von 40 m/min gearbeitet wird?

#### Lösung

**1. Schritt:** Wir suchen auf der Y-Achse den Wert 40 m/min und verfolgen die waagerechte Linie solange, bis sie zum Schnitt mit der schrägen Linie kommt, die für den Bohrerdurchmesser 20 mm steht.

**2. Schritt:** Vom Schnittpunkt aus gehen wir senkrecht nach unten zur X-Achse  $\text{min}^{-1}$ .

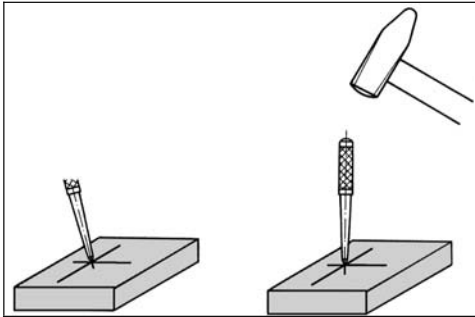
**3. Schritt:** Wir finden einen Punkt zwischen 600  $\text{min}^{-1}$  und 700  $\text{min}^{-1}$ .

**4. Schritt:** Wir wählen die **näher liegende** Drehzahl von 600  $\text{min}^{-1}$ .

**Es darf mit einer Drehzahl von 600  $\text{min}^{-1}$  gearbeitet werden.**

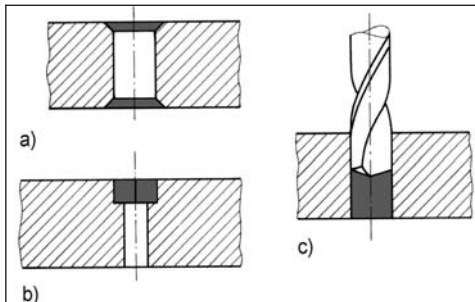
Neben der Auswahl der richtigen technologischen Daten ist die handwerkliche Vorbereitung zum Herstellen einer einwandfreien Bohrung zu beachten. Damit der Bohrer nicht verläuft, muss die Bohrung nicht nur sauber

angerissen, sondern auch angekört werden. Um die Risslinie sauber mit dem Körner zu treffen, setzen wir diesen schräg an. Mit etwas Gefühl können wir den Riss mit der Körnerspitze ertasten. Wir stellen dann den Körner senkrecht und markieren mit einem leichten Hammerschlag (Bild 6.17).



**Bild 6.17** Ankörnen mit leichtem Hammerschlag

**Senken.** Eine Bohrung sollte immer angesenkt werden. Zum Entgraten oder für Aussenkungen für Senkschrauben verwenden wir Kegelsenker. Sollen Schrauben mit Zylinderkopf versenkt werden, benutzen wir einen Zapfensenker (6.18).

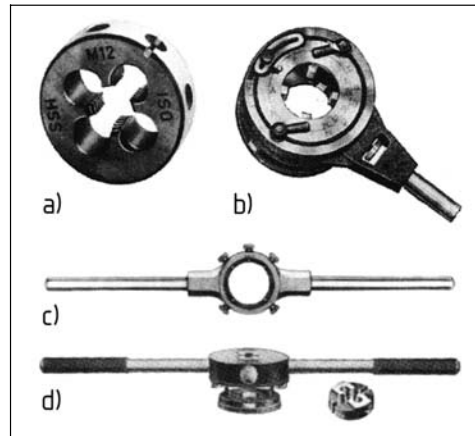


**Bild 6.18** Senkarbeiten  
a) Entgraten mit Kegelsenker, b) Aus-senken für Schraubenkopf mit Zapfen- oder Kegelsenker, c) Aufsenken (Erweitern) mit Wendelsenker

**Gewindeschneiden.** Bei Montagearbeiten müssen häufig Gewinde geschnitten werden. Wir unterscheiden zwischen Außen-, das ist

das Bolzengewinde, und Innen-, das ist Muttergewinde.

*Außengewinde* schneiden wir mit dem Schneideisen. Es wird, dem gewünschten Außendurchmesser entsprechend, in den Schneideisenhalter gespannt (6.19). Das Schneideisen ist gerade anzusetzen.



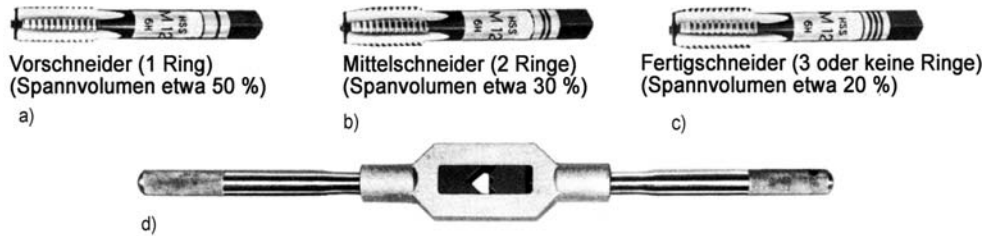
**Bild 6.19** Schneidwerkzeuge für Außengewinde  
a) Schneideisen, b) -halter, c) Gewindeschneidkluppe, d) Ratschen-Gewindeschneidkluppe

*Innengewinde* schneiden wir mit Gewindebohrern. Ein Gewindebohrersatz besteht aus dem Vor-, Mittel- und Fertigschneider, die nacheinander in das Windeisen eingespannt werden (6.20). Für Durchgangslöcher gibt es Gewindebohrer, in die Vor-, Mittel- und Fertigschneider geschliffen sind.

Damit der Gewindebohrer beim Schneiden nicht abbricht, muss der Kernlochdurchmesser richtig gebohrt und der Gewindebohrer mittig genau in Richtung der Bohrlochachse angesetzt werden. Bis M10 kann der Kerndurchmesser leicht in einer Überschlagsrechnung bestimmt werden. Es ist

$$d_k = 0,8 \cdot d$$

$d_k$  ist der Kerndurchmesser, also der Durchmesser des zu wählenden Bohrers,  $d$  ist der Außendurchmesser des Gewindes.



**Bild 6.20** Schneidwerkzeuge für Innengewinde  
a) Gewindebohrersatz, b) Windefisen zur Aufnahme eines Vierkants am Gewindebohrerschaft

### Beispiel

Bei der Montage von Metallfenstern sind Innengewinde M 8 zu schneiden. Welcher Bohrer ist zum Bohren des Kernloches zu wählen?

### Lösung

geg.: M 8 mit  $d = 8$  mm  
ges.: Durchmesser des Bohrers  
 $d_k = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 8 \text{ mm} = 6,4 \text{ mm}$

**Das Kernloch ist mit einem 6,4 mm-Bohrer zu bohren.**

6

## 6.2 Kunststoffe (Plaste)

### Arbeitsauftrag Nr. 40 Lernfeld LF 3

- Erstellen Sie eine „Mind- Map“ zum Thema Kunststoff (Plaste) in Partner oder Gruppenarbeit.

Kernpunkt bzw. Ausgangspunkt sollte folgende Frage sein: *“Was hat ein Tischler/ Schreiner mit Kunststoffen zu tun?”*

Nutzen Sie hierzu Baustoffhändlerkataloge mit entsprechenden Abbildungen.

Bilden Sie Sammelbegriffe für die unterschiedliche Verwendung von Kunststoffen unter Einbeziehung von Wissen aus der eigenen Praxis.

- Mit Hilfe Ihrer Mind- Map, einschließlich Text 6.2.4 können Sie die folgenden Fragen beantworten.
  1. Warum werden Möbel und Möbelteile aus Kunststoff hergestellt?
  2. Was bedeutet Recycling?
  3. Wie stellt man Kunststoffe her?
  4. Welche Ausgangsstoffe braucht man dazu?
  5. Erklären Sie die Wertigkeit am Beispiel eines Kohlenstoffatoms.
  6. Was versteht man unter einem Makromolekül?
  7. Wodurch unterscheiden sich gesättigte von ungesättigten Kohlenwasserstoffen?
  8. In welchen Anordnungen können sich Moleküle zusammenfinden?
  9. Wie entsteht ein Makromolekül?
  10. Was sind monomere und polymere Verbindungen?
  11. Durch welche Verfahren entstehen aus Monomeren Polymere?
  12. Wozu verwenden wir im Betrieb Essigsäure?
  13. Erklären Sie die Herstellung von Polymerisaten.
  14. Nennen Sie wichtige Polymerisate.
  15. Wodurch unterscheiden sich Polykondensation und Polyaddition?
  16. Wie heißen die Produkte der Polykondensation und Polyaddition?

17. Was bedeutet Kondensation?
  18. Nennen Sie die Eigenschaften der Plastomere.
  19. Wie lassen sich Plastomere verarbeiten?
  20. Nennen Sie Plastomere.
  21. Welchen Molekülaufbau haben Dämmere?
  22. Lassen sich Duomere durch Erwärmen wieder verformen?  
Kann man Duomere sägen oder hobeln?
  23. Worin unterscheiden sich Elastomere von den Dämmern?
  24. Was sind Elastomere?
  25. Warum zählt man Silicone zu den Kunststoffen?
  26. Nennen Sie Beispiele für die Anwendung von Siliconen.
  27. Stellen Sie tabellarisch die Hauptmerkmale der Plastomere, Duomere und Elastomere zusammen.
  28. Nennen Sie fünf Methoden der Kunststoffbestimmung.
  29. Wie bestimmen Sie PVC?
  30. Wie erkennen Sie Polyäthylen?
  31. Ein Kunststoff brennt in der Flamme, erlischt aber außerhalb der Flamme. Er erweicht und riecht nach Salzsäure.  
Um welchen Kunststoff handelt es sich?
  32. Welche Kunststoffe wählen Sie für Schubkastenführungen?
  33. Aus welchen Kunststoffen fertigt man Baubeschläge?
  34. Wie lassen sich Kunststoffe fest verbinden?
  35. Welche Kleber verwenden Sie für PE und **PP**?
  36. Welche Besonderheiten haben Kunststoffbohrer?
  37. Was müssen Sie beim Verschrauben von Kunststoffteilen besonders beachten?
  38. Welchen Hobel wählen Sie für thermoplastische Kunststoffe?
  39. Warum werden beim Sägen von Schichtpressstoffplatten hartmetallbestückte Sägeblätter verwendet?
  40. Wovon hängt eine saubere Schnittkante ab?
- Gehen Sie schrittweise vor, indem Sie die Fragenkataloge A – D zeitversetzt erarbeiten.
- Fragenkatalog A    F1    – F10*  
*B    F11 – F20*  
*C    F21 – F30*  
*D    F31 – F40*

Wenn Sie sich zu Hause und im Betrieb umsehen, entdecken Sie viele Gegenstände aus Kunststoff. Nennen Sie Beispiele und geben Sie an, aus welchen Stoffen man die Gegenstände früher hergestellt hat. Wo wurde z.B. Holz durch Kunststoff ersetzt? Warum haben die Kunststoffe vielfach andere Werkstoffe verdrängt? Welche Vor- und Nachteile haben sie?

**Ausgangsstoffe.** Kunststoffe begegnen uns auf Schritt und Tritt – nur nicht in der Natur. Wir müssen sie durch chemische Umwandlung natürlicher Stoffe oder künstlich aus chemischen Verbindungen herstellen. Für die künstliche Erzeugung brauchen wir Kohle und Erdgas, dazu Kalk, Luft und Wasser, vor allem aber *Erdöl*.

**Recycling.** Die Wiederverwendung von „Altmetalen“ und Metallabfällen ist uns seit langem geläufig. Weil die Rohstoffe Erdöl und Erdgas in der Zukunft knapper werden, aber auch der Kunststoffmüll (z.B. Verpackungen) immer größere Dimensionen erreicht, wurden auch Rückgewinnungsverfahren für Kunststoffabfälle entwickelt. Durch *Umschmelzen* werden zerkleinerte Abfälle unter Wärmezufuhr und Druck verpresst bzw. spritzvergossen und neu geformt (z.B. Thermoplaste). Durch *Hydrolyse*- d.h. Einwirkung von Wasserdampf unter hohem Druck und hoher Temperatur - gewinnen wir Ausgangsstoffe für bestimmte Plaste zurück (z.B. Polyurethan, Polyamid, Polyester). Durch *Pyrolyse* werden die Abfälle ohne Sauerstoffzufuhr erhitzt und in ihre chemischen Bauteile zerlegt. Mangels Sauerstoff können sie nicht verbrennen und umweltschädliche Gase entwickeln. Allgemein sollte beim Arbeiten mit Kunststoffprodukten beachtet werden,

dass ein sparsamer Umgang durch Verwendung von Mehrwegverpackungen oder von wiederverwertbaren Kunststoffen den Energieverbrauch und das Abfallvolumen verringern.

**Verwendung und Eigenschaften.** Etwa 40 % der Kunststoffherzeugung betreffen Lacke und Farben, Klebstoffe und Textilfasern. 60 % dienen als Formstücke, Beschläge und Werkzeuge in der Metall-, Elektro- und Bauindustrie. Für die Holzverarbeitende Industrie stellt man u.a. Kunststoffmöbel, -fenster und -profile her. Kunststoffe werden in Massen und daher preiswert produziert. Sie sind gute Isolatoren (Nichtleiter), korrosionsbeständig, haben eine geringe Dichte und trotzdem verhältnismäßig hohe Festigkeit. Sortenrein getrennt, können bestimmte Kunststoffe wiederverwertet werden. Weitere Eigenschaften wollen wir durch Versuche selbst herausfinden.

#### Laborversuche

- **Versuch 1** Erhitzen Sie feste Kunststoffproben in kochendem Wasser und versuchen Sie, die heißen Proben zu verformen. Ergebnis?
- **Versuch 2** Erwärmen Sie dünne oder stabförmige Kunststoffproben über einer Flamme und versuchen Sie, sie zu biegen. Wie verhalten sich die verschiedenen Proben?
- **Versuch 3** Übergießen Sie Kunststoffproben in einem breiten Versuchsglas mit verdünnter Salzsäure. Kontrollieren Sie die Proben nach 1 Stunde, nach dem Herausnehmen und nach 1 Woche Trockenlagerung.

**Kunststoffe** sind organische Stoffe (Kohlenstoffverbindungen).

Erzeugt werden sie durch Umwandlung natürlicher Stoffe oder (meist) künstlich durch chemische Synthese, vor allem aus Erdöl, Kohle und Erdgas.

Zur Kunststoff-Herstellung wird relativ viel Energie benötigt – Kunststoffe sind nicht biologisch abbaubar (verrottbar), wir sollten deshalb sparsam mit Kunststoffen umgehen.

### 6.2.1 Kohlenstoffchemie

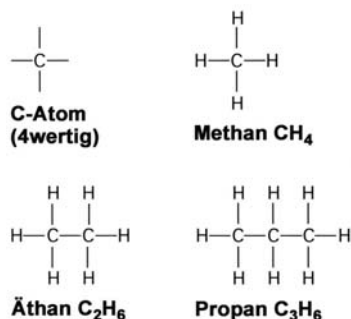
Während sich die anorganische Chemie mit den „toten“, nichtorganischen Stoffen beschäftigt (s. Abschn. 2.4), steht im Mittelpunkt der organischen Chemie der Kohlenstoff. Er ist in

vielfältigen Molekülen und Molekularverbindungen anzutreffen. Seine Atome können sich untereinander und mit anderen chemischen Elementen unbegrenzt zu Makromolekülen (Ketten) von 1000 bis 1000000 Atomen verbinden (griech. makros = groß, lang). Kunststoffe sind solche Kohlenstoffverbindungen und daher makromolekular.

Betrachten wir den Kohlenstoff und seine Eigenschaften näher, damit wir die Bildung und Eigenschaften der Kunststoffe verstehen.

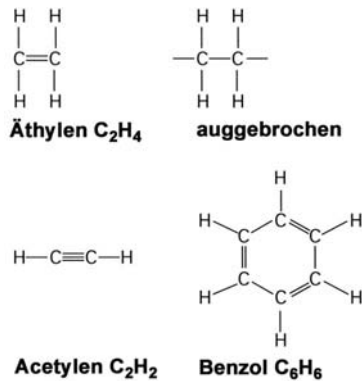
**Gesättigte Kohlenwasserstoffe.** Aus Abschn. 2.4.3 wissen wir, dass sich ein Element im bestimmten Mengenverhältnis mit anderen verbindet. Je nachdem, wie viel Wasserstoffatome es bindet, ist es ein-, zwei- oder mehrwertig. Das Kohlenstoffatom ist vierwertig. Es greift gewissermaßen mit seinen Wertigkeitsarmen (Valenzen) in den Raum, um sich mit den Valenzen anderer Atome (z.B. Wasserstoff) zu verbinden. Wenn jeder Wertigkeitsarm einfach gebunden ist, ist das Atom gesättigt, darum stabil und reaktionsträge. Entstanden ist ein neues Molekül, z.B. das gasförmige Methan  $\text{CH}_4$  (Grubengas). Verbinden sich zwei Kohlenstoffatome und ihre restlichen drei Valenzen mit Wasserstoffatomen, entsteht Äthan  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Auch dieser Kohlenwasserstoff ist gesättigt, denn alle Kohlenstoffatome sind gebunden. Aus der Verbindung von 3 Kohlenstoffatomen und ihren 8 Restvalenzen mit Wasserstoffatomen entsteht Propan  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Wir schließen daraus, dass die *Kettenstruktur* der Formel ein Kennzeichen der Kohlenstoffchemie ist.

#### Beispiele



**Ungesättigte Kohlenwasserstoff-Verbindungen.** Kohlenstoffatome können sich mehrfach im Molekül verbinden ( $C = C$ ). Diese Kohlenwasserstoffe werden zunehmend unbeständiger (instabil). Wegen der ungesättigten und darum reaktionsfähigen Atome kommt es zwischen den Bindungen zu Spannungen. Doppel- und Mehrfachverbindungen von Kohlenstoffatomen bezeichnet man deshalb auch als „ungesättigte“ Verbindungen. Sie sind leicht durch andere Moleküle oder Atome, Druck oder Hitze aufzubrechen.

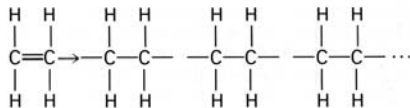
#### Beispiele



In unseren Beispielen sind Äthylen, Acetylen und Benzol entstanden. Äthylen ist ein farbloses, süßlich riechendes Gas. Acetylen ist Ausgangsstoff für neue Verbindungen wie Benzol, Orion, Polystyrol, Plexiglas, PVC. Die Benzolformel zeigt uns, dass sich die Moleküle nicht nur faden- oder kettenförmig, sondern auch *ringförmig* anordnen.

Wenn sich solche einteiligen (monomeren) Verbindungen mit anderen verketteten, entsteht ein vierteiliger (polymerer) Kohlenwasserstoff – ein Makromolekül wie z.B. Polyäthylen PE (Viel-Äthylen). PE ist ein fester, schmiegsamer, unzerbrechlicher und leicht formbarer Kunststoff.

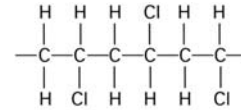
#### Beispiel



Ungesättigte Kohlenstoffverbindungen lassen sich leicht aufspalten. Deshalb können wir

H-Atome auch durch andere (z.B. Chlor) ersetzen und erhalten dann Polyvinylchlorid PVC.

#### Beispiel



**Polyvinylchlorid PVC**

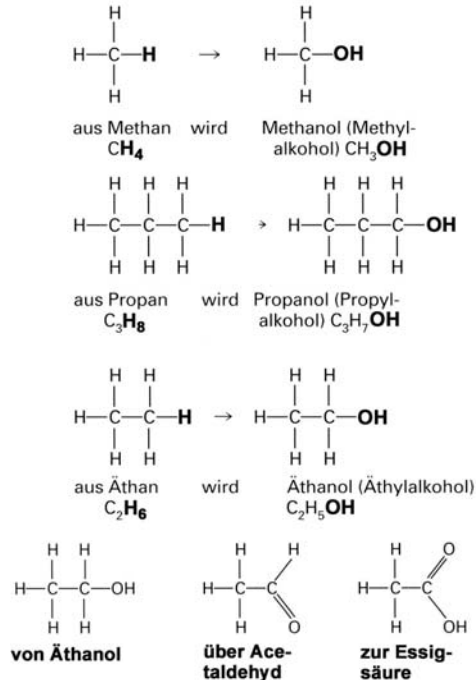
**Gesättigte Kohlenstoffverbindungen** sind einfach gebunden, stabil und reaktionsträge. Einfachverbindungen sind zwischen gleichen und verschiedenen Atomen möglich.

**Ungesättigte Kohlenstoffverbindungen** sind doppelt oder dreifach gebunden. Sie sind instabil und bestrebt, durch Reaktion mit anderen Atomen aufzubrechen und mit ihnen Einfachbindungen einzugehen (Makromoleküle).

**Kohlenstoffatome** können sich zu Ketten oder Ringen ordnen.

Wenn wir bei gesättigten Kohlenwasserstoffen ein H-Atom gegen ein OH-Molekül austauschen, erhalten wir Alkohole.

#### Beispiel



Dieser reine Alkohol geht bei Oxidation in Acetaldehyd (Aldehyde) und dann in die organische Essigsäure über.

Verdünnter Essigsäure begegnen wir im Betrieb als Neutralisierungsmittel.

**Vorsicht im Umgang mit Säuren!** Beim Verdünnen stets die Säure ins Wasser gießen, niemals das Wasser in die Säure!

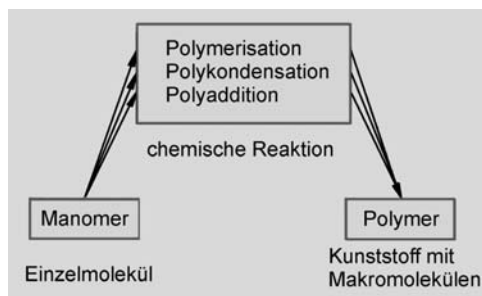
Die giftige Zitronensäure und die Oxalsäure sind ebenfalls organische Säuren. Wir brauchen sie, wenn gerbstoffhaltige Hölzer zu bleichen sind. Auf die Gerbsäure (z.B. Tannin), vermischt mit Salmiakgeist, treffen wir beim Beizen (braune Farbe) von gerbstoffarmen Hölzern.

Aus der Synthese der Kohlenstoffverbindungen bilden sich als Zwischenprodukte Methan, Äthylen, Benzol, Phenol und Harnstoff.

Durch Aufbrechen dieser Molekülverbindungen entstehen reaktionsfähige Bindungen, die sich zu Makromolekülen verbinden.

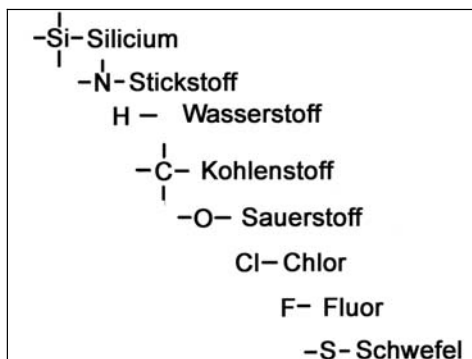
6

### 6.2.2 Herstellung, Arten und Elemente der Kunststoffe



**Bild 6.22** Vom Monomer zum Polymer (Herstellung der Kunststoffe)

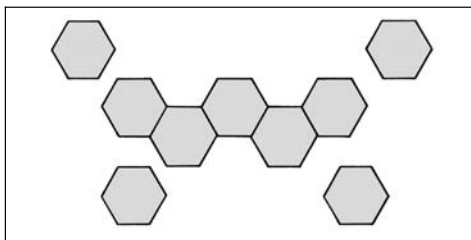
Kunststoffe bestehen aus wenigen chemischen Elementen. Die bedeutendsten Elemente für die Herstellung von Kunststoffen und ihre Wertigkeit (Valenzen) im Überblick:



**Bild 6.23** Chemische Elemente bei Kunststoffen

**Bei der Polymerisation** werden Doppel- oder Dreifachbindungen *gleichartiger*, niedermolekularer Kohlenwasserstoffe (Monomere) durch äußere Einflüsse wie Energiezufuhr und/oder Strahlung, Wärme, Reaktionsmittel aufgebrochen und zu fadenförmigen Makromolekülen (Polymere) verbunden.

Werden verschiedenartige Monomere eingesetzt, spricht man von Mischpolymerisation (Co- und Pfropfpolymerisation 6.24). Von der Kettenlänge der Makromoleküle hängen die Eigenschaften der verschiedenen *Polymerisate* ab. Die Länge ist steuerbar. Zu den Polymerisaten zählen Polyäthylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS) und Polyvinylacetat (PVAC).



**Bild 6.24** Polymerisation

**Bei der Polykondensation** werden *ungleichartige* Monomere, die teilweise mehrere reaktionsfähige Gruppen enthalten, miteinander zu Makromolekülen verbunden, dabei wird als Nebenprodukt ein niedermolekularer Stoff (meist Wasser) abgespalten. Es entstehen lineare (z.B. Polyamid) oder vernetzte (z.B. Phe-

harz) Makromoleküle. Die Polykondensation kann in Stufen erfolgen (z.B. Klebstoffe, Schichtpressstoffe), dabei wird durch Zugabe von Härtern und/oder Wärme die unterbrochene Stufenkondensation wieder in Gang gesetzt und zur Endkondensation geführt (irreversibler Zustand (6.25).

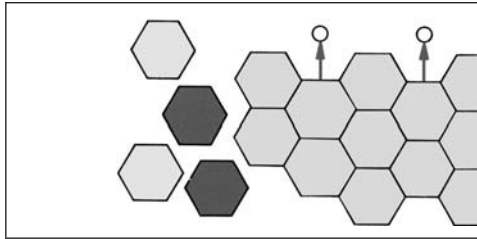


Bild 6.25 Polykondensation

Die **Polyaddition** verläuft ähnlich wie die Polykondensation, aus *ungleichartigen* niedermolekularen Monomeren (z.B. Diisocyanat) entstehen weitmaschig vernetzte Makromoleküle (z.B. Polyurethan oder Epoxidharz). Es fallen dabei keine Abspaltprodukte an (6.26).

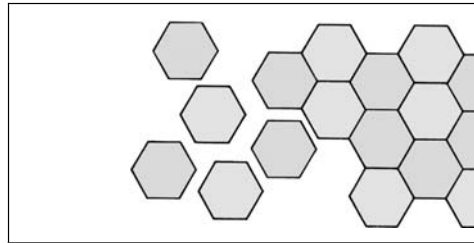


Bild 6.26 Polyaddition

**Polymerisation** – gleichartige Monomere  
– Polymerisate (Mischpolymerisate)

**Polykondensation** – ungleichartige Monomere, Kondensatabspaltung (Stufenkondensation) – Polykondensate

**Polyaddition** – ungleichartige Monomere  
– Polyaddukte

6

Die **Kunststoffarten** sind sehr zahlreich. Wir können sie nach den eben besprochenen Herstellungsverfahren oder nach ihren Eigenschaften in Plastomere, Duroplaste und Elastomere einteilen (6.27). Die verwandten Kurzzeichen geben die chemische Bezeichnung der Kunststoffart an (s. Tab. 6.32).

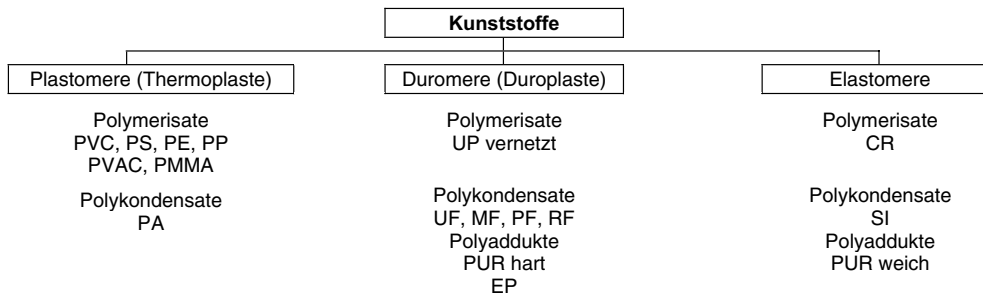


Bild 6.27 Einteilung der Kunststoffarten

**Plastomere (oder Thermoplaste)** sind meist durch Polymerisation entstanden und bestehen aus unvernetzten, langen Fadenmolekülen. Die Makromolekülanordnung ist unterschiedlich: vorwiegend linear, gestaltlos (amorph) oder streckenweise gebündelt (teilkristallin, 6.28a, b), vorwiegend verknäuelte wie ein Wattenbausch, amorph oder teilkristallin (6.28c, d).

Thermoplaste können wir sägen, hobeln, schleifen, bohren, feilen und teilweise kleben. Sobald wir sie erwärmen, verschieben sich ihre Fadenmoleküle – die Teile werden weich, ver-

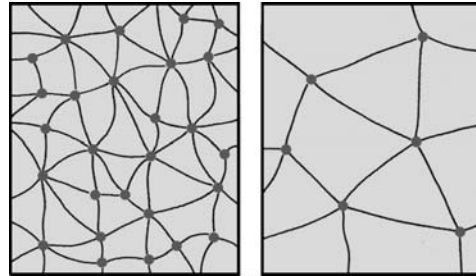
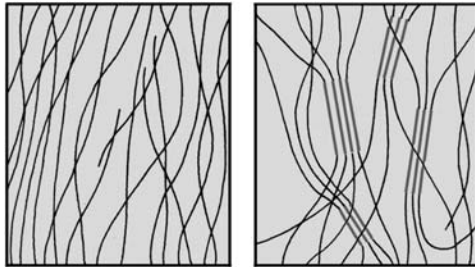
formbar. Bei Fließtemperatur werden sie „thermoplastisch“, lassen sich gießen, streichen und schweißen, beim Abkühlen in der neuen Form bleibt die Lage der Moleküle bestehen.

Bei mechanischer Dauerbelastung können die Fadenmoleküle aneinander vorbeigleiten (= kalter Fluss, s. Abschn. 6.3, Klebstoffe). Beim Umformen im Erweichungsbereich werden die Molekülfäden gestreckt und verharren nach Abkühlung in diesem Zustand. Bei erneuter Erwärmung gehen sie in ihre Ausgangslage zurück (= Rückstellvermögen). Angewandt



wird diese Eigenschaft bei der Verpackung von Lebensmitteln mittels Folien.

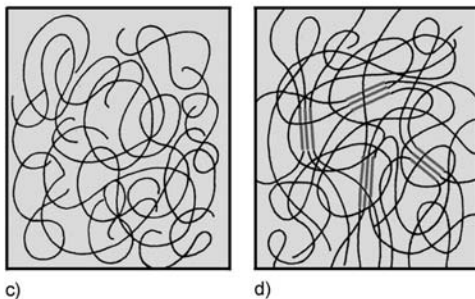
**Bei den Duromeren (oder Duroplasten)** sind die Molekülfäden räumlich angeordnet und an den Berührungsstellen zu einem engmaschigen Netz verbunden (6.29). Sie werden beim Erwärmen nicht wieder verformbar.



**Bild 6.29** Anordnung der Makromoleküle bei Duromeren

**Bild 6.30** Anordnung der Makromoleküle bei Elastomeren

6



**Bild 6.28** Anordnung der Makromoleküle bei Plastomeren  
 a) vorwiegend linear, amorph,  
 b) vorwiegend linear, teilkristallin,  
 c) vorwiegend verknäuelte, amorph,  
 d) vorwiegend verknäuelte, teilkristallin

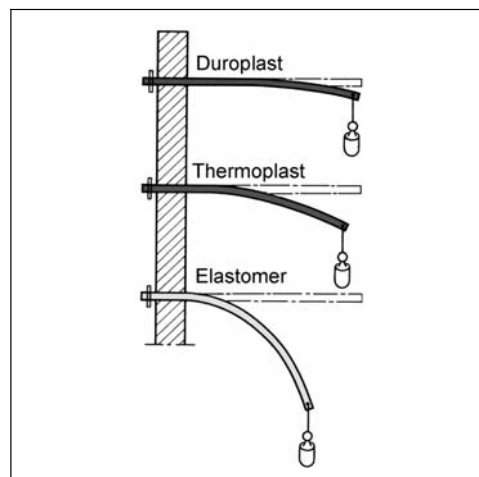
Wir können diese festen Plaste aus Kunstharzen (z.B. Melamin, Phenol, Harnstoff) und Formaldehyd feilen, hobeln und sägen. Die dabei anfallenden Späne lassen sich nicht wieder einschmelzen. Als Beispiel nennen wir Phenoplaste (PF), Aminoplaste (MF, UF) und Polyester (UP). Beim Erhitzen zerfallen sie.

**Bei den Elastomeren** sind die Makromoleküle ebenfalls maschenartig aufgebaut, haben jedoch größere Maschen als die Duroplaste – sie sind räumlich weitmaschig vernetzt (6.30). Das Molekülgefüge lässt sich durch Krafteinwirkung innerhalb eines Grenzbereiches (stoffabhängig) dehnen und stauchen.

Nach der Krafteinwirkung geht der Molekülverband wieder in die Ausgangslage zurück (elastisch). Beim Erhitzen zerfallen sie wie alle Plaste.

Zu den Elastomeren gehören die Kunstkautschuke: Polybutadienkautschuk (CR), Ethylen/Propylen-Terpolymer (EPDM, früher APTK), Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) und Acrylnitril-Butadien-Elastomer (Nitrilkautschuk, NBR). Sie werden als Klebstoffe (CR) oder Dichtungsmaterial für Fenster (Vorlegebänder), Mauerfugen und dergleichen eingesetzt.

Bild 6.31 zeigt die unterschiedliche Stabilität der drei Kunststoffarten, 6.32 ihr Verhalten bei Temperaturänderungen.



**Bild 6.31** Stabilität der Kunststoffe

	Erweichungs- temperatur	Fließ- temperatur	Zersetzungs- temperatur
Duroplaste	feste, spröde		
Elastomere	fest, hart	gummielastisch	
Thermoplaste	fest	elastisch	plastisch

Bild 6.32 Temperaturverhalten der Kunststoffe

**Silicone (SI)** sind keine Kohlenwasserstoffe, sondern siliciumorganische Verbindungen. Sie zählen ebenfalls zu den Kunststoffen.

Hergestellt werden Silicone aus Quarzsand. Dieser wird zu Chlorsilanen und durch anschließende Hydrolyse- und Polykondensationsreaktion zu verschiedenen Siliconen umgesetzt.

Je nach Kondensationsgrad entstehen dabei Öle, Harze oder Kautschuke.

Sie sind wasserabstoßend, chemisch beständig und ölfest. Häufig verwendet man sie als dauerelastische Versiegelung (Verglasung) oder wasserabstoßende Schutzschicht (z., B. Mauerputz).

**Plastomere (Thermoplaste)** – Moleküle linear oder verknäuel – warm verformbar

**Duromere (Duroplaste)** – Moleküle engmaschig vernetzt – hart, nicht verformbar

**Elastomere** – Moleküle weitmaschig vernetzt – dauerelastisch

**Die Bestimmung von Kunststoffen** ist durch verschiedene Verfahren möglich, z.B.:

**Ritzprobe.** Fingernagelkratzer sind nur bei Polyäthylen (PE) sichtbar.

**Kupferdraht- oder Beilsteinprobe.** Ausgeglühten Kupferdraht mit dem Kunststoff berühren und wieder in die Flamme halten. Bei PVC wird die Flamme durch den Chlorgehalt grün.

**Schwimmprobe.** Polyäthylen (PE) und Polypropylen (PP) sind leichter als Wasser und schwimmen. Polystyrol (PS) sinkt langsam nach unten.

**Geruchsprobe.** Halten wir PVC in die Flamme, riechen die entstehenden Schwaden unangenehm. PMMA riecht mehr stechend und fruchtartig.

**Bruchprobe.** Wir spannen je einen Streifen Thermoplast und Duroplast fest. Nach Erwärmung bleibt der duroplastische Kunststoff brüchig, während sich der thermoplastische leicht und beliebig oft verformen lässt.

**Brennprobe.** Halten wir Duroplaste in die Flamme, zersetzen sie sich und entwickeln stark rußende Dämpfe. Thermoplaste dagegen erweichen, verbrennen und tropfen teilweise ab.

Tabelle 6.33 gibt eine Übersicht über die Kunststoffe, ihre Eigenschaften und Verwendung in der Holztechnik.

**Tabelle 6.33** Kunststoffe in der Holztechnik

Kunststoff	Moleküle/ Herstellung	Eigenschaften	Handelsnamen	Anwendungsbeispiele
Plastomere (Thermoplaste)	amorph teilkristallin	gut zu spanen und zu kleben, warm verformbar, bei Fließ- temperatur giessbar, streich- bar und schweißbar		
Polyvinylchlorid PVC	Poly- merisation	fest, steif, farblos, aber ein- färbbar, chemisch beständig	Vestolit, Vinoflex, Vinnolit, Scovinyll, Solvic	Schubkasten-, Fenster- und Dichtprofile, Fuß- leisten, Schubkastenführung
Polyvinylacetat PVAC	Poly- merisation	erweicht bei etwa 80 °C, durchscheinend weiß, ge- mischt mit Weichmachern und Wasser, verarbeitet als Dispersionsleim	Ponal, Collafix, Cederin, Hymir, Rakoll	Leime
Polyäthylen PE	Poly- merisation	weich oder hart, milchig- wachsartige Oberfläche, che- misch beständig, leicht zu bearbeiten	Lupolen, Hostalen, Vestolen	Schubkastenführung, Sitzmöbel, Baufolien
Polymethyl- methacrylat (Acrylglas) PMMA	Poly- merisation	glasklar, hart, lichtecht, stoß- fest, hochglänzend, kratzemp- findlich, chemisch beständig, nicht beständig gegen Lö- sungsmittel	Plexiglas, Resartglas	Lichtkuppeln, Gießharze, Leuchten
Polystyrol PS	Poly- merisation	glasklar, aber einfärbbar, chemisch beständig, nicht beständig gegen Benzin und Benzol	Hostyren, Styropor, Vestyron	Schubkasten, Wärmedämmung
Polyamid PA	Poly- kondensati- on	sehr zäh, elastisch und ver- schleißfest, beständig gegen Öl, Benzin und schwache Laugen	Ultramid, Vestamid, Perlon, Nylon, Durethan	Schrauben, Sitzschalen, Muffen, Möbel- und Baubeschläge
Duromere (Duroplaste)	engmaschig vernetzt	fest, nicht mehr verformbar, gut zu spanen		
Phenoplast (Phenol-Form- aldehydharz) PF	Polykonden- sation	hart, zäh und zugfest, gelb- lichbraun, dunkel einfärbbar, chemisch beständig, aber nicht gegen starke Säuren und Laugen	Kauresin, Bakelit	Leim
Aminoplast (Melamin-Form- aldehydharz) MF	Polykonden- sation	ähnlich Phenoplast, glasig- farblos, einfärbbar	Formica, Resopal, Kauramin, Melan, Duropal	Leime, Lacke Sehichtpressstoffe
Harnstoff-Form- aldehydharz UF	Polykonden- sation	hart, spröde, einfärbbar	Kaurit, Resamin, Tegofilm	Lacke, Leime, Leimfilme
Polyurethan hart PUR	Polyaddition	hart-elastisch	Baydur, Durol, DD-Lack	Montageschaum, Klebstoffe
Epoxidharz EP	Polyaddition	hart, spröde, milchig-trüb, chemisch beständig	Araidit, Epoxin, Lekutherm	Metallkleber
Elastomere	weitmaschig vernetzt	in weitem Temperaturbereich, gummielastisch		
Polychloroprene CR	Polymeri- sation	zähelastisch	Neoprene, Pattex	Dichtungsprofile, Kontaktkleber
Silicon SI	Polykonden- sation	wasserabweisend, chemisch beständig, keine Reaktion mit anderen Kunststoffen, sehr temperaturbeständig	Silopren, Silastik, Bostik Elastosil	Glasklebmittel, Fugenversiegelung
Polyurethan weich PUR	Polyaddition	weich – elastisch	Moltopren	Polsterschaum

### Veränderung der Eigenschaften von Kunststoffen

Die Eigenschaften der Kunststoffe lassen sich *chemisch* oder *physikalisch* weitgehend dem späteren Verwendungszweck anpassen.

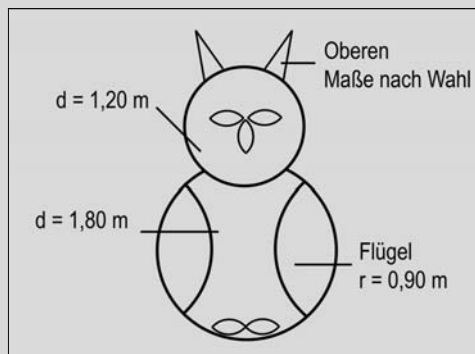
a) chemische Maßnahmen	Auswirkungen
– Polymerisationsgrad (= Anzahl der Molekülbausteine im Makromolekül)	Änderung von Verarbeitungseigenschaften, wie Fließfähigkeit und Schmelztemperatur (z.B. durch Einschmelzen von wiederverwertbaren Plastomeren verkürzen sich die Makromolekülketten = Qualitätsverlust)
– Weichmachung (innere) durch Co- oder Pfropfpolymerisation	Verringerung der Härte und Steifigkeit (z.B. Dichtungslippen) bei Plastomeren
b) physikalische Maßnahmen	Auswirkungen
– Weichmachung (äußere) durch Zugabe von schwerflüchtigen Flüssigkeiten in die plastomere Kunststoffschmelze	Verringerung der Härte und Steifigkeit bei Plastomeren (z.B. PVC) (Weichmacherwanderung möglich)

physikalische Maßnahmen	Auswirkungen
– Füllstoffzugabe (Glasfasern, Holz, Stoff, Mineralien, Metalle)	Erhöhung der Festigkeit (z.B. Boots- und Flugzeugbau) Befestigungsmöglichkeiten für Armaturen (z.B. Automobilbau) Gestaltung von Formteilen (z.B. Stuhllehnen)
– Treibmittelzugabe	Aufblähen von Kunststoffmassen zur Erzeugung leichter offen- oder geschlossensoriger Schäume (z.B. Polsterschaum oder Dämmstoff)
– Beimischung von Metallpulver	Kunststoff lädt sich nicht elektrostatisch auf
– Cadmiumi-Zugabe	Stabilisierung gegen UV-Strahlen (Kunststoffe im Außenbereich)
– Farbstoff-Zugabe	Farbeffekte für Gestaltung
– Beschichtung mit dünnen Metalloxidschichten im Galvanisier-Verfahren	Brandschutz

### 6.2.3 Kunststoffbearbeitung

#### Arbeitsauftrag Nr. 41 Lernfeld LF 3

- Eine Kindertagesstätte beauftragt Ihre Firma mit der Herstellung von Wandobjekten. Es sind fünf Eulen (siehe Skizze) aus Resopal herzustellen.



Beim Bau der Objekte werden praxisnahe Kreis- und Ellipsenkonstruktionen angewendet.

Entwerfen Sie Ellipsenschablonen für Augen, Schnabel und Krallen in Partnerarbeit. Die Größe der Brennpunkte sind  $D_1 = 30$  cm,  $D_2 = 22$  cm. Es ist die Blattgröße DIN A3 Querformat zu wählen.

- In Gruppenarbeit kann je eine Eule aus verschiedenfarbigen Pappen hergestellt werden und als Modell bei der Fertigung dienen. Augen, Ohren, Schnabel und Krallen können auf die beiden Grundformen (Körper) geklebt werden.

Im Betrieb verarbeiten wir viele Kunststoffe. Wir verbinden sie durch Kleben, Schweißen und Warmverformen mit anderen Kunst- und Werkstoffen. Wir bearbeiten sie durch Ritzten, Schneiden, Biegen, Abkanten, Feilen, Raspeln, Bohren, Aufreiben, Hobeln, Sägen sowie mit dem Laserstrahl. Wie Tabelle 6.33 zeigt, sind die Kunststoffe unterschiedlich gut zu bearbeiten.

**Kleben.** Alle Kunststoffe außer PE lassen sich gut kleben. Bei *Plastomeren* eignen sich besonders Lösungsmittel des betreffenden Kunststoffs. Die Fügeflächen werden leicht angeraut (aktiviertes Natrium), durch das Lösungsmittel etwas angelöst und fest zusammengepresst. Dabei verfilzen sich die Molekülfäden von Kleber und Kunststoff, sodass sich nach dem Verdunsten des Lösungsmittels eine feste, stabile Verbindung ergibt (Quellschweißen). Für *Polyäthylen* (PE hart oder weich) und *Polypropylen* (PP) verwenden wir Kontaktkleber (z.B. synthetischen Kautschuk, Polyurethan), Zweikomponentenkleber (z.B. Epoxidharze, Polyurethan) oder Schmelzkleber (z.B. Vinyl-Copolymere).

*Duomere* und *Elastomere* lassen sich mit Polyesterharz kleben. Auch Beschädigungen (Beulen etwa) werden damit ausgebessert. Die Teile oder Ausbesserungsstellen müssen vorher angeraut werden, damit der Klebstoff eine größere Angriffsfläche hat. *Polystyrol* lässt sich schon bei Raumtemperatur lösen. Dazu nehmen wir Diffusionskleber mit Lösungsmitteln (z.B. Toluol, Tetrahydrofuran, Dichloräthan). Auch Polymerlösungen eignen sich.

**Vorsicht! Lösungsmitteldämpfe sind gesundheitsschädlich.** Absaugvorrichtungen sorgen dafür, dass die in der Raumluft zulässigen MAK-Werte (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) nicht überschritten werden.

**Durch Schweißen** werden *artgleiche thermoplastische* Kunststoffe verbunden. Die durch Erwärmung plastisch gemachten Fügeile werden leicht zusammengedrückt, wobei sich die Molekülfäden miteinander verfilzen. Nach der Verbindungsart unterscheiden wir Stumpf-, Überlapp-, Nut- und Abkantschweißen (6.34). Nach der Wärmezufuhr spricht man z.B. von Warmgas-, Heizelement- und Ultraschallschweißen.

**Durch Warmgasschweißen** verbinden wir tafelförmige Halbzeuge, Rohrleitungen, chemische Apparate. Die Fügeflächen werden durch erwärmtes Gas (Druckluft oder Stickstoff) mittels Handschweißgerät plastisch gemacht und dann durch einen Schweißstab oder ein Schweißband aus gleichem Kunststoff verbunden.

**Durch Heizelementschweißen** fügt man tafelförmige Halbzeuge sowie spritzgegossene oder blasgeformte Serienteile zusammen. Ein elektrisch beheizter Schweißkolben liefert die nötige Wärme.

**Durch Ultraschallschweißen** werden spritzgegossene oder blasgeformte Serienteile auf die schnellste Art verbunden. Ein Wechselstrom von 20000 bis 50000 Hz erzeugt mechanische Schwingungen, die unter Druck auf die Fügeflächen übertragen werden und sie durch die Reibung erwärmen.

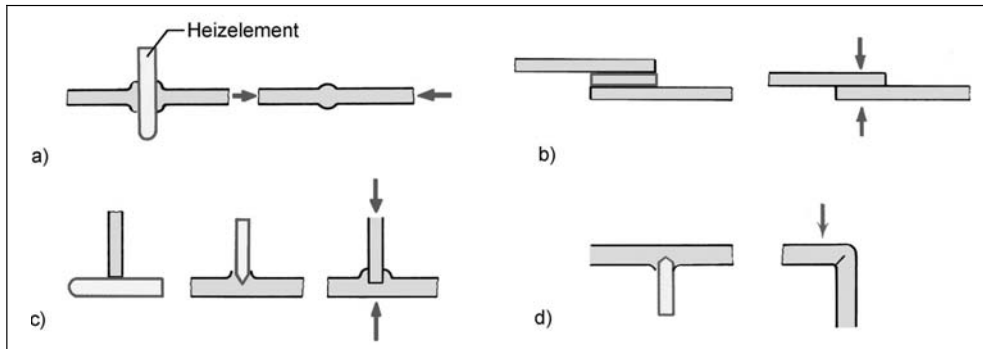
Außerdem gibt es das Reibschweißen, Heizdrahtschweißen und Hochfrequenzschweißen.

**Warmgasschweißen** – tafelförmige Halbzeuge

**Heizelementschweißen** – tafelförmige Halbzeuge, spritzgegossene oder blasgeformte Serienteile

**Ultraschallschweißen** – spritzgegossene oder blasgeformte Serienteile

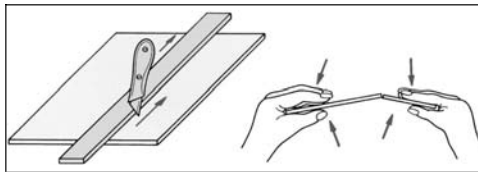
Zu beachten ist, dass Kunststoffe eine erheblich geringere Wärmeleitfähigkeit haben als Metalle. Die Temperatur an der Schnittstelle darf nicht so hoch sein, dass die Werkstückflächen (z.B. durch große Zerspanleistung) verschmieren. Häufig gibt es darum besondere Werkzeuge und Maschinen für die Kunststoffbearbeitung.



**Bild 6.34** Schweißverbindungen (pweils Anwärmen und Schweißen)

a) Stumpfschweißen, b) Überlappschweißen, c) Nutschweißen, d) Abkantschweißen

**Ritzen und Schneiden.** Folien und weiche Profile schneiden wir mit dem Messer oder der Schere, dicke Folien mit dem Messer an der Linealkante. Harte Kunststoffe werden mit dem Messer angeritzt nach oben gebogen und gebrochen (6.35).

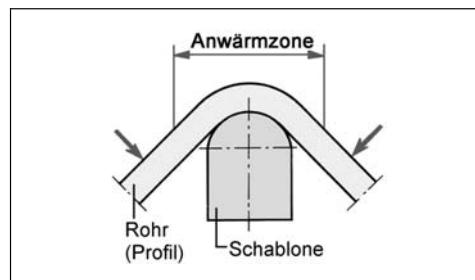


**Bild 6.35** Anreißen und Brechen einer Kunststoffplatte

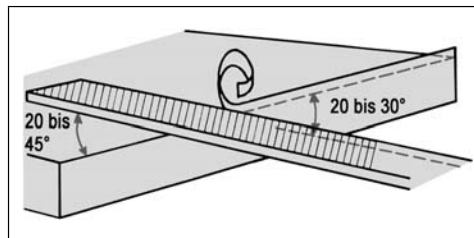
**Beim Biegen und Abkanten** werden thermoplastische Werkstoffe durch Infrarotstrahler oder Warmluftgebläse erwärmt, gebogen und bis zum Erkalten festgehalten (6.36). Blasen wir Druckluft zu, kühlt die Tafel schneller ab. Kunststoffe dehnen sich bei Erwärmung aus und gehen nach dem Abkühlen wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Eine andere Möglichkeit bietet das Abkantschweißen.

**Feilen und Raspeln.** Kunststoffe können wir mit Holzfeilen und -raspeln bearbeiten. Besser sind jedoch Werkzeuge mit einem besonderen Feilenhieb, bei dem die Späne durch Ritzen herausfallen (z.B. Hobelfräserfeile). Die Feilenblätter sind auswechselbar und leicht zu säubern. Mit der Zieh Klinge glätten wir die bearbeiteten Flächen. Bei der Kantenbearbeitung setzen wir die Feile im Winkel von 20 bis

45° zur Oberfläche an (6.37). Für die Rillen einer V-Naht beim Schweißen wählen wir einen Herzschaber.

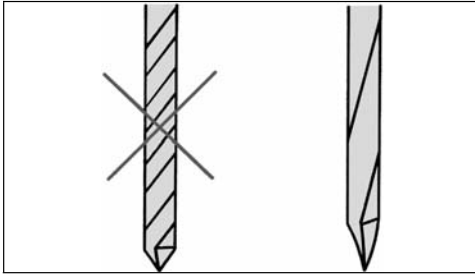


**Bild 6.36** Biegen eines thermoplastischen Profils



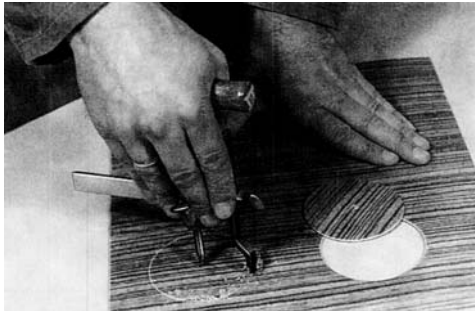
**Bild 6.37** Kantenbearbeitung mit der Feile

**Bohren und Aufreiben.** Zum Bohren von Duroplasten verwenden wir Spiralbohrer aus der Metallbearbeitung, für weiche Kunststoffe dagegen besondere Kunststoffbohrer mit einem Spitzenwinkel von 60 bis 80° (statt 118° bei Metallbohrern).



**Bild 6.38** Drall beim Metall- und Kunststoffbohrer

Kunststoffbohrer haben auch einen steileren Drall (große Steigung) mit weiten Nuten (6.38). Kegelbohrer mit zwei parallel zur Bohrerachse verlaufenden Spannuten nehmen mehr Späne auf und eignen sich besonders für Thermoplaste. Löcher bis 30 mm Durchmesser bohren wir mit Zweischneider und Führungszapfen, über 50 mm Durchmesser mit Kreisschneider (6.39). Die Schnittgeschwindigkeit von Schnellstahlbohrern liegt bei etwa 0,8 m/min, von Hartmetallbohrern bis 1,6 m/min.

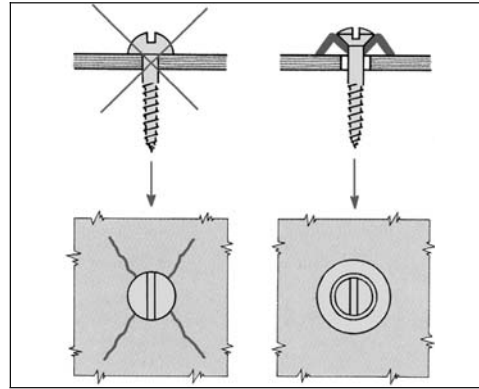


**Bild 6.39** Kreisschneider

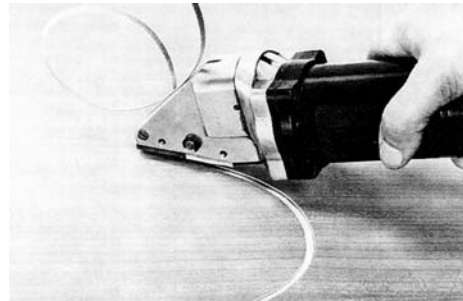
Schraubenlöcher müssen immer etwas größer sein als der Schraubendurchmesser, denn die Schrauben brauchen Spielraum, wenn der Kunststoff bei Temperaturschwankungen arbeitet (6.40). Unterlegscheiben oder Rosetten stellen die Verbindung zwischen Schraubkopf und Platte her. Verwendet werden Linsenkopfschrauben.

**Hobeln und Sägen.** Für thermoplastische Kunststoffe verwenden wir ausschließlich unsere Putz- und Schlichthobel. Duromere verlangen einen Kunststoffhobel mit Stahlsohle. Zum Trennen und Teilen der Kunststoffe nehmen wir unsere Holzsägen (z.B. den Fuchs-

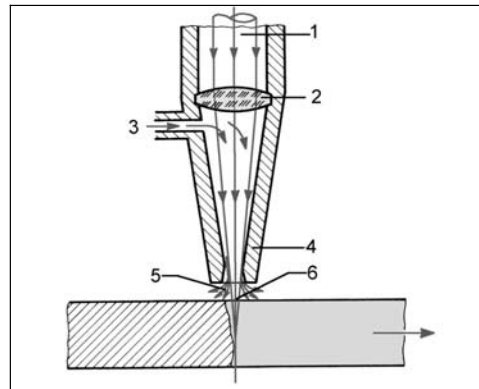
schwanz) mit feinen und wenig geschränkten Zähnen. Für geschweißte Teile und Zuschnitte empfiehlt sich der Handknabber (6.41).



**Bild 6.40** Schrauben brauchen Spielraum



**Bild 6.41** Handknabber



**Bild 6.42** Trennen mit Laserstrahl

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1 Laserstrahlen- | 4 Schneiddüse |
| bündel           | 5 Gasaustritt |
| 2 Optik          | 6 Brennfleck  |
| 3 Gas            |               |

Zum Maschinensägen von Schichtpressstoffplatten eignen sich hartmetallbestückte Sägeblätter. Sie haben längere Standzeiten als die herkömmlichen Sägeblätter. Kreissägeblätter aus Hochleistungsstahl (HSS) dürfen nicht geschränkt und müssen konisch hinterschliften sein. Bei Sägemaschinen ist besonders auf saubere Schnittkanten zu achten. Sie hängen ab von der Zahnform, Anzahl der Schnitte, Schnittgeschwindigkeit, dem Eintritts- und Austrittswinkel sowie dem Vorschub.

**Trennen mit Laserstrahl.** Der Laserstrahl ist ein bleistift- bis fingerdickes Strahlenbündel, das durch eine linsen- oder spiegeloptische Brennfäche (Durchmesser Bruchteile eines mm) geleitet wird und die Kunststoffe schmilzt oder verdampft. Je enger Laser sind, desto stärker wirken sie. Bei Kunststoffen nimmt man CO<sub>2</sub>-Gaslaser, deren intensive Rotstrahlung das Material schmilzt (6.42).

## 6.2.4 Kunststoffverarbeitung

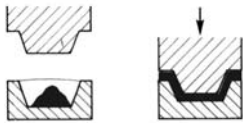
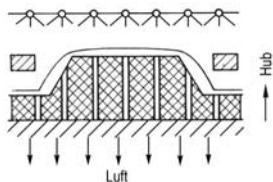
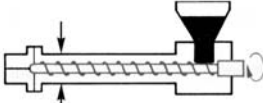
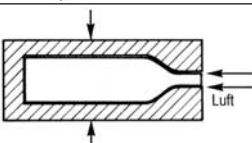
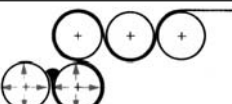
Viele Kunststoffprodukte haben bereits eine industrielle Verarbeitungsstufe durchlaufen, bevor sie vom Tischler/Holzmechaniker oder Glaser weiter be- oder verarbeitet werden. Sie werden angeliefert als:

- Flüssigkeiten, z.B. Lacke, Leime, Farben
- Pasten, z.B. Spachtelmassen, Fugendichtungsmassen
- Feststoffe, z.B. HPL-Platten, Beschläge, PVC-Fensterprofile

Einige wichtige Verarbeitungsverfahren von Kunststoffmassen im Überblick zeigt Tabelle 6.43.

6

**Tabelle 6.43** Verarbeitungsverfahren von Kunststoffen

Bezeichnung des Verfahrens	Schematische Darstellung der Funktionsweise	Anwendungsbeispiele
Formpressen		Formteile aus härtbaren Kunstharzen und Pressmassen
Warmformen (Vakuum- oder Druckluftformen)		Formteile (Behälter) aus plastomeren Halbzeugen (z.B. Platten)
Extrudieren (Strangpressen)		Halbzeuge aus plastomeren Kunststoffen. Vorprodukte zum Kalandrieren, Blasen, Spinnen (Spritzguss)
Blasen (meist im Anschluss an Extruder)		Hohlkörper aus plastomeren Kunststoffen
Kalandrieren (Walzen)		Folien aus plastomeren Kunststoffen, beschichtete Bahnen



## 6.3 Klebstoffe und Dichtstoffe

### Arbeitsauftrag Nr. 42 Lernfeld LF 3

- Um sich dem umfangreichen Gebiet der Klebstoffe praxisnah nähern zu können, führen Sie bitte die in diesem Kapitel beschriebenen Versuche durch. Fertigen Sie ein Plakat mit dem Inhalt: Versuchsaufbau, Ablauf, Ergebnis zu jedem Versuch. Arbeiten Sie in Kleingruppen. Stellen Sie die Arbeitsergebnisse der Klasse vor.
- Für die Prüfungsvorbereitung beantworten Sie nun die nachfolgenden Fragen.
  1. Welche Kräfte wirken beim Verkleben?
  2. Was bewirken Streckmittel im Leim?
  3. Erläutern Sie den Vorgang der Kohäsion beim Kleben.
  4. Wie nennt und misst man das Fließverhalten einer Flüssigkeit?
  5. Wie entstehen Leimdurchschläge?
  6. Wie vermeiden Sie Leimdurchschläge?
  7. Wie viele Beanspruchungsgruppen für die Verleimung gibt es?
  8. Was können Sie den Beanspruchungsgruppen entnehmen?
  9. Welche Beanspruchungsgruppe wählen Sie für den Fensterbau?
  10. Welchen Einfluss hat die Holzart auf die Verleimung?
  11. Erklären Sie den Begriff der Reifezeit.
  12. Wie nennt man die Zeit vom Leimauftrag bis zum Zusammenfügen der Teile?
  13. Wie heißt der Zeitraum vom Beleimen der Flächen bis zum Erreichen des vollen Pressdrucks?
  14. In der Gebrauchsanweisung steht „Topfzeit 2 Stunden“. Was bedeutet das?
  15. Nennen und begründen Sie drei Anforderungen an die Leimfläche und das Holz, damit eine einwandfreie, haltbare Verbindung zustande kommt.
  16. Was ist eine Leimflotte?
- Vervollständigen Sie bitte Ihre Lernkartei.

6

Mit Klebstoffen lassen sich Werkstoffe (z.B. Holz, Metall, Kunststoffe) durch Oberflächenhaftung (Adhäsion) und inneren Zusammenhalt (Kohäsion) ohne wesentliche Veränderung des Gefüges verbinden. Sie sind daher die wichtigsten Verbindungsmittel in der Holzverarbeitung. Da sich nicht jeder Klebstoff für einen Werkstoff und alle Beanspruchungen eignet, müssen wir mehr über die Eigenschaften und Anwendung der Klebstoffe kennenlernen.

Bei der Auswahl eines Klebstoffes müssen alle wichtigen Einflussgrößen berücksichtigt werden.

#### **Eigenschaften der zu fügenden Bauteile**

- Werkstoffkombinationen
- Werkstoffoberflächen
- Qualität der Fugenvorbereitung
- Größe der Klebefläche
- Temperaturbeständigkeit der Bauteile

#### **Anforderungen an die Verklebung**

- Beanspruchungsgruppe
- Festigkeit

- Beständigkeit bei verschiedenen Temperaturen
- geringe Kosten

#### **Einzusetzende Klebetechnik**

- Stückzahl
- Auftragsverfahren für Klebstoff
- Temperatur der Aushärtung
- Zur Verfügung stehende Zeit

#### **Arbeitssicherheit und Umweltschutz**

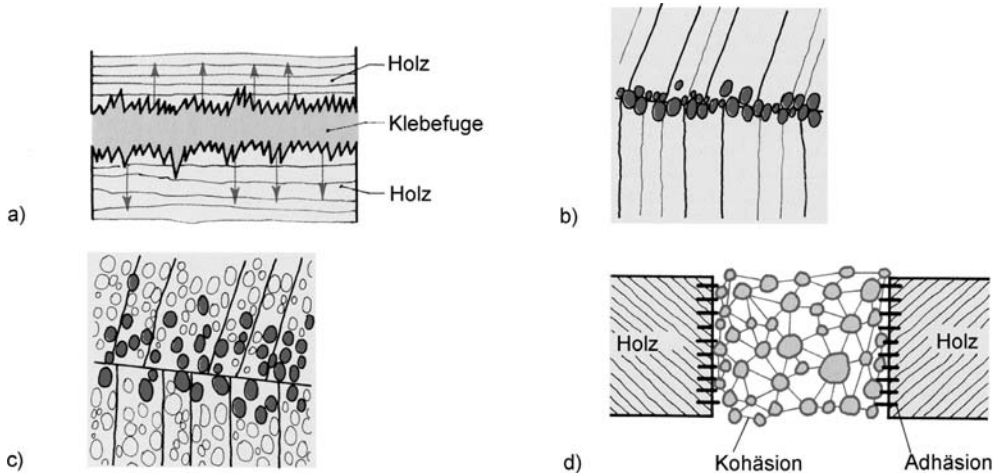
- Arbeitsschutzbestimmungen
- Reststoffentsorgung
- Absaugung schädlicher Dämpfe
- Brandschutz

**Klebevorgang.** Klebstofffugen erhalten ihre hohe Haftfestigkeit durch physikalische und/oder chemische Vorgänge, während des Abbindens und Aushärtens im Klebstoffgemisch. Die *Adhäsionskraft* (Anhangskraft) ist unter anderem abhängig von der Benetzbarkeit der Werkstoffoberflächen durch die Flüssigkeit (Dispergier- oder Lösemittel), dabei spielt die

Oberflächenspannung und die Viskosität des Klebstoffes eine wichtige Rolle.

Bei porösen Werkstoffoberflächen kommt: es dabei auch zu einem mechanischen „Verdübel-

lungseffekt“ (6.44a). Schon kleine Verunreinigungen, Fett- oder Ölflecken oder zu dickflüssige Klebstoffgemische können die Adhäsionswirkung beeinträchtigen.



**Bild 6.44** Klebevorgang

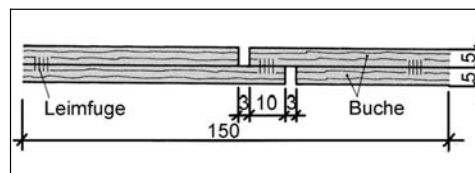
- a) mechanische Verdübelung
- b) gute Verleimung: Leim liegt in der Leimfuge
- c) schlechte Verleimung: Leim ist ins Holz abgewandert
- d) Kohäsion und Adhäsion bei der Verleimung

#### ■ Laborversuche

Legen Sie je zwei Spanplatten und Glasplatten fest übereinander. Die Spanplatten können Sie mühelos wieder trennen, die Glasplatten schon etwas schwerer. Benetzen Sie aber die Glasplatten vorher mit Wasser, sind sie kaum noch zu trennen.

Nehmen Sie eine lackierte und eine unbehandelte, glatte Holzoberfläche. Geben Sie auf jede Oberfläche je einen Tropfen Wasser und betrachten Sie anschließend mit einer Lupe die Ausbreitung und den Randwinkel zwischen Tropfenrand und Werkstoff Oberfläche. Beim unbehandelten Holz fließt der Tropfen viel weiter auseinander und der Randwinkel ist spitzer. Nach dem Verdunsten und/oder Abwandern des Löse- oder Dispergiermittels in den Werkstoff (*Holzfeuchte!*) rücken die Klebstoffmoleküle enger zusammen (6.44b) – es tritt ein Volumenverlust in der Klebefuge ein. Diesen Verlust muss der Pressdruck (Zwinge oder Furnierpresse) ausgleichen, sonst gibt es Hohlräume in der Klebefuge.

Zwischen den Klebstoffmolekülen wirken *Kohäsionskräfte* (Zusammenhangskräfte) (6.44d) um so höher, je größer die Moleküle sind. In der Regel sind die Kohäsionskräfte zwischen den Klebstoffmolekülen größer als die zwischen den Werkstoffmolekülen. Belastet man eine fachmännisch richtig vorbereitete und ausgehärtete Verleimprobe mittels einer Zugkraft bis zur Zerstörung, so führt dies zu Holzbruch (6.45).



**Bild 6.45** Probekörper für Zugversuch

Wird der Abbindevorgang durch saugende Werkstoffe, durch Wärmezufuhr/Wärmeentzug oder Verdunsten der Lösemittel herbeigeführt,

so ist dies ein *physikalischer* Vorgang. Wird durch Wärmezufuhr ein Härter wieder aktiviert (Stufenkondensation), ein Härter gesondert zugegeben oder werden die mindestens 2 Komponenten eines Klebstoffes so miteinander gemischt dass durch eine Synthese-Reaktion eine neue Verbindung entsteht, so ist dies ein *chemischer* Vorgang. Bei den meisten Abbindevorgängen von Klebstoffen treten physikalische und chemische Reaktionen nebeneinander auf.

#### Klebstoffe verbinden Werkstoffe

- durch mechanische Verankerung (Verdübelung) in den Poren,
- durch Adhäsionskräfte (Anhangskräfte) der Werkstoffoberflächen und des Klebstoffs,
- durch Kohäsionskräfte (Zusammenhangskräfte) des Klebstoffs.

6

**Viskosität.** Wenn ein dünnflüssiger Klebstoff durch die Kohäsion zähflüssig wird, verändert er sein Fließverhalten: Er fließt langsamer. Dieses Fließverhalten nennen wir Viskosität und unterscheiden

- dünnflüssige (niedrigviskose) Stoffe = geringe Kohäsion, z.B. Testbenzin;
- dickflüssige (mittelviskose) Stoffe = größere Kohäsion, z.B. Öl;
- zähflüssige (hochviskose) Stoffe = starke Kohäsion, z.B. Farbpaste.

Gemessen wird die Viskosität mit Viskosimetern, meist mit dem Auslauf-Viskosimeter (6.46). Man füllt den genormten Becher mit der Flüssigkeit, öffnet die Auslaufdüse und misst die Zeit bis zum vollständigen Auslaufen. Die Auslaufzeit in Sekunden ist die Viskosität. Eine andere Messmethode arbeitet mit dem Kugelfallviskosimeter.

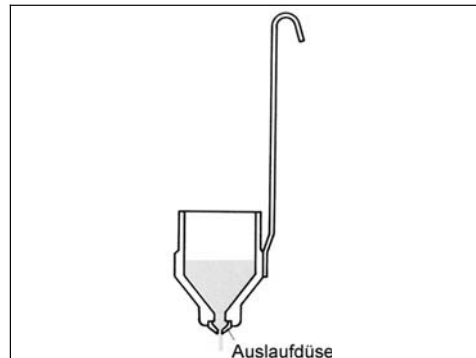
#### Beispiel

Auslaufzeit 50 Sekunden, Viskosität 50 DIN/s

**Viskosität** ist das Fließverhalten von Flüssigkeiten (dünn-, dick- oder zähflüssig).

Je dünner die Flüssigkeit, desto kürzer die Auslaufzeit und desto niedriger die Viskosität.

**Leimdurchschlag.** Die Viskosität des Klebstoffs ist nicht nur wichtig für die Klebwirkung, sondern kann auch Leimfehler verursachen. Ist die Viskosität des Leims zu hoch, wird zu viel Leim aufgetragen. Ist die Viskosität zu niedrig und das Furnier grobporig (z.B. Eiche), dringt der Leim durch Poren hindurch und ergibt hässliche Flecken. Außerdem wird das Holz zu stark durchfeuchtet (Verleimfehler s. Abschn. 3.8.2).



**Bild 6.46** Auslauf-Viskosimeter

**Normung.** Doch dies sind nicht die einzigen Fehlermöglichkeiten. Aus Erfahrung wissen wir, dass sich einige Klebverbindungen unter Einwirkung von Kraft oder Feuchtigkeit wieder lösen. Manche verlieren bei starken Temperaturschwankungen oder im Lauf der Zeit ihre Wirkung. Andere bleiben auch unter extremen Bedingungen unlöslich. Für viele Zwecke genügt ein nicht wasserfester Klebstoff, für andere ist ein besonders beständiger Klebstoff erforderlich. Um solche Leimfehler zu verhindern, sind in DIN 68602, EN 204 Beanspruchungsgruppen für die Holz-Leim-Verbindungen nach Mindestfestigkeit und Verhalten bei Feuchtigkeit festgelegt (6.47).

#### Beispiel

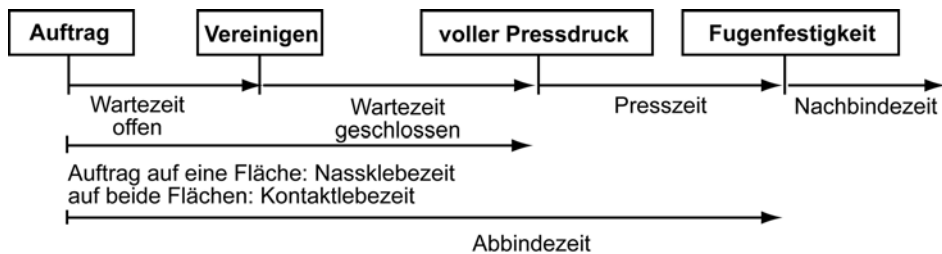
Eine gestemmte Außentür soll aus Sperrholz gefertigt werden, das nach DIN witterungs- und feuchtigkeitsbeständig sein muss. Nach Tabelle 6.47 ergibt sich dafür die Bezeichnung AW 100 G. Weil die Witterungseinflüsse sehr stark sind, muss die Rahmenkonstruktion den Beanspruchungen nach Gruppe D4 genügen.

**Tabelle 6.47** Beanspruchungsgruppen nach EN 204 (DIN 68602) und zugeordnete Verleimungsarten bei Holzwerkstoffen nach DIN 68763

Beanspruchungsgruppe	Beispiele der Klimabedingungen und der Anwendungsbereiche	Holzwerkstoffklasse	
		Spanplatten	Sperrholz
D1	Innenbereich, wobei die Temperatur nur gelegentlich und kurzzeitig mehr als 50 °C und die Holzfeuchte maximal 15 % beträgt. *)	(V)20	(IF) 20
D2	Innenbereich mit gelegentlicher kurzzeitiger Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser und/oder kurzzeitiger hoher Luftfeuchte mit einem Anstieg der Holzfeuchte bis maximal 18 %.	(V) 100	(A) 100
D3	Innenbereich mit häufiger kurzzeitiger Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser und/oder eine langzeitige Einwirkung hoher Luftfeuchte. Außenbereich vor der Witterung geschützt.	(V) 100 G	(AW) 100 G
D4	Innenbereich mit häufiger starker Einwirkung von abfließendem Wasser oder Kondenswasser. Außenbereich der Witterung ausgesetzt, jedoch mit angemessenem Oberflächenschutz.	(V) 100 G	(AW) 100 G

\*) Sind höhere oder andere als die in Gruppe 1 angegebenen Anforderungen an die Klebungen zu erwarten, z.B. bei Anwendung in anderen Klimazonen, dann sind besondere, den praktischen Bedingungen entsprechende Vereinbarungen über die Holzarten und Klebstoffarten zu treffen und eventuell weitere Prüfungen nach EN 205 durchzuführen.  
D = durability class (engl.: Dauerhaftigkeitsklasse)

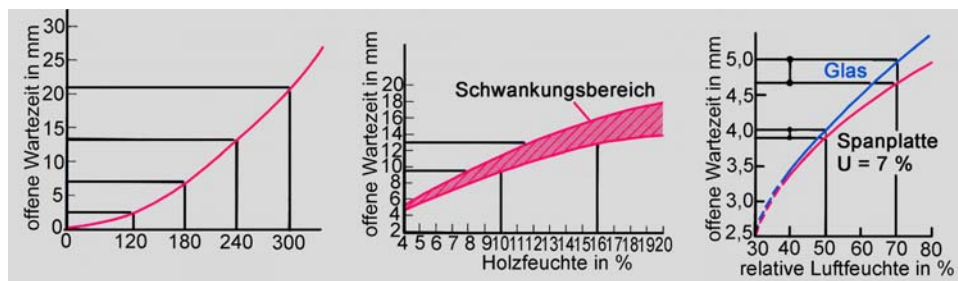
6

**Bild 6.48** Klebzeiten

Je größer die Leimauftragsmenge, desto länger ist die offene Wartezeit.

Je feuchter das Trägermaterial, desto länger ist die offene Wartezeit.

Trockenes, saugendes Trägermaterial verkürzt die offene Wartezeit um so mehr, je höher die Luftfeuchte ist.

**Bild 6.49** Einflussfaktoren auf die „offene Wartezeit“

**Zeitbegriffe.** Bevor wir uns mit den einzelnen Klebstoffen beschäftigen, müssen wir uns bestimmte Zeitbegriffe merken (6.48).

**Reifezeit** Die vom Hersteller angegebene Zeit vom Ansetzen bis zur Gebrauchsfähigkeit des Klebstoffs.

**Topfzeit.** Die Zeit, die ein gebrauchsfähiger Klebstoff (z.B. nach dem Mischen der 2 Komponenten) bis zum Abbindebeginn im Gefäß bleiben kann. Nachher ist er unbrauchbar. Deshalb geben wir immer nur so viel Leim an, wie wir in der Topfzeit verarbeiten können.

**Wartezeit** (Nassklebzeit beim Klebstoffauftrag auf eine Fläche, Kontaktklebzeit beim Auftrag auf beide Fügeflächen): die Zeit nach dem Klebstoffauftrag bis zum Abbindebeginn, in der der Pressdruck einsetzen muss. Die *offene Wartezeit* dauert bis zum Vereinen, die geschlossene von der Vereinigung der Teile bis zum Erreichen des vollen Pressdruckes.

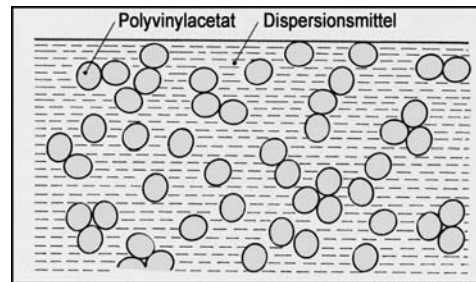
**Presszeit.** Die Zeitspanne zwischen Beginn und Ende des Pressdrucks. Sie endet, wenn der Leim abgebunden hat bzw. ausgehärtet ist.

**Abbindezeit.** Die Zeit vom Auftrag bis zum Erreichen der Fugenfestigkeit und Aufheben des Pressdrucks. Oft ist bis zur Weiterverarbeitung der Werkteile noch eine Nachbindezeit erforderlich.

**Leimflotte.** Leime sind Mischungen aus Leimolekülen und Molekülen des Dispersionsmittels. Diesen verarbeitungsfertigen Leimansatz nennt man Leimflotte. Hinzu kommen evtl. noch Füll- und Streckmittel (6.51), manchmal auch Härter, Holzschutzmittel und Farbmittel.

**Tabelle 6.50** Wichtige synthetische Klebstoffe im Holzbereich (Abkürzungen nach DN 08)

Synthese-Verfahren	Plastomer	Duro-mer	Elastomer
Polymerisation	KPVAC KCPD KSCH		KPCB
Polykondensation		KUF KMF KPF	
Polyaddition		KEP	PU



**Bild 6.51** Polyvinylacetat im Dispersionsmittel

### 6.3.1 Natürliche Leime

#### Arbeitsauftrag Nr. 43 Lernfeld LF 3

- Arbeiten Sie nach der „Puzzle- Methode“. Wählen Sie hierzu die Tabelle 6.5.4 *Übersicht über die Klebstoffe (Leime)*. Fertigen Sie eine Kopie der Tabelle 6.5.4. Zerschneiden Sie diese in „Puzzle- Teile“ entsprechend den Vorgaben Klebstoff, Lieferform etc. Mischen Sie die 60 Teile und ziehen Sie der Klassenstärke entsprechend 2-3 Puzzle- Teile. Übertragen Sie die Aufschrift der gezogenen Teile in großer Normschrift auf jeweils ein DIN A4 Blatt. Die Farben der Blätter und deren Beschriftung ist wählbar. Fügen Sie anschließend Ihre Arbeiten zu einem „Klebstoffinformationsplakat“.
- Visualisieren Sie das Plakat entsprechen den Anwendungen.  
Beispiel : Bootsbau  
Bringen Sie Verleimbeispiele aus der Praxis zur Vervollständigung Ihres Plakates mit in den Unterricht.
- **Prüfungsfragen zum Thema:**
  1. Welche Eigenschaft hat ein reversibler Klebstoff?
  2. Sind Kunstharzleime reversibel?

3. Nennen Sie drei Anwendungsgebiete für natürliche Leime.
4. Wie nennt man Dispersionsleime noch?
5. Worauf beruht die Wirkung von Glutinleimen?
6. Welche Kunststoffe verwendet man für thermoplastische Klebstoffe?
7. Was versteht man unter dem Weißpunkt?
8. Welche Gruppen von synthetischen Leimen gibt es?
9. An einer frischen Weißleimfuge bindet der Leim nach einiger Zeit nicht „glasig durchsichtig“, sondern „kreibig“ ab.
  - a) Worauf ist dies zurückzuführen?
  - b) Warum geht die Leimfuge auf?
10. Beschreiben Sie das Heißsiegelverfahren.
11. Vergleichen Sie Dispersions- und Kondensationsleime im Hinblick auf den Abbindevorgang.
12. Was sind Härter? Wie wirken sie?
13. Welche Wirkung hat abgebundener Kondensationsleim auf die Werkzeugschneide?
14. Worin unterscheiden sich Untermisch- und Vorstrichverfahren bei Kondensationsleimen?
15. Nennen Sie Füllmittel.
16. Was sind Streckmittel?
17. Was geschieht, wenn Sie zu viel Streckmittel beigegeben?
18. Warum brauchen Kleber eine Abluftzeit?
19. Was bedeutet „Metallkleber“?
20. Warum ist bei Kontaktklebern Vorsicht geboten?
21. Was ist Voraussetzung für den Einsatz eines Lösungsmittelklebers?
22. Wieviele Komponenten haben Epoxidharzkleber?
23. Unterscheiden Sie Schmelz- und Kontaktkleber
  - a) nach den Lösungsmitteln
  - b) nach dem Abbindevorgang.
24. Welche Leime verwendet man hauptsächlich im Fensterbau?
25. Warum nehmen Sie zum Aufleimen dekorativer Schichtpressstoffplatten auf Aluminiumplatten keinen Dispersionsleim?
26. Eine Fensterbank aus STAE 22 mm wurde beidseitig mit Schichtpressstoffplatten belegt (Oberseite schwarzes Schiefermuster). Nach einem Sommer - innerhalb der Gewährleistungsfrist - lösen sich Oberseite und Schichtkante. Was könnte die Ursache sein?
27. Welchen Leim nehmen Sie für Formingverleimungen?
28. Welche Klebstoffe eignen sich für Absperrarbeiten?
29. Warum wählt man normale Dispersionsleime nicht für Außenarbeiten?
30. Welche Kleber wählen Sie, wenn Sie Metalle miteinander verbinden wollen?

Die natürlichen Leime aus Glutin und Kasein wurden fast ganz von den künstlichen (synthetischen) Leimen verdrängt. In jüngster Zeit gewinnen sie jedoch infolge des verstärkten Umweltbewusstseins und der Hinwendung zu natürlichen Stoffen als *Bioleime* wieder an Bedeutung.

**Abbinden der Dispersionsleime.** Holzleime werden als kolloidale Lösungen, also im Sol-Zustand verarbeitet (lat. *solvere* = lösen; s. Abschn. 2.4.1). Verdunstet das Dispersionsmittel oder wandert es ins Holz ab, wird der Leim fester, sirupartig – er geht in den Gel-Zustand über (Gelatine). Glutinleim lässt sich jedoch in den Sol-Zustand zurückverwandeln:

Er ist reversibel (umkehrbar) im Gegensatz zu den irreversiblen (nicht umkehrbaren) Kunstharzleimen.

**Glutinleime (KG = Klebstoff Glutin).** Rohstoffe sind die Eiweißverbindungen Gliadin und Glutenin (pflanzlich), Glutin und Kasein (tierisch).

#### ■ Laborversuch

Waschen Sie ein Stück Teig in der hohlen Hand unter einem Wasserstrahl aus. Nach einiger Zeit wird das abfließende Wasser klar. In der Hand bleibt eine gummiartige, klebrige Masse - das quellfähige Gliadin und Glutenin.

Hauptbestandteil dieser Leime ist *Glutin*, das man in langwierigen Verfahren aus tierischen Häuten, Knochen, Sehnen und Knorpeln ge-

winnt. Nach ihnen bezeichnen wir diese Klebstoffe als Lederleim oder Knochenleim. Glutinleime werden als Granulat (Flocken, Perlen, Kristalle) oder Pulver geliefert, in Wasser gelöst und im Wasserbad erwärmt (daher die frühere Bezeichnung „Warmleime“). Die streichbare Flüssigkeit zieht sich beim Abkühlen zusammen (Kohäsion), bindet fest und elastisch ab. Voll ausgehärtet sind Glutinleime erst nach rund 24 Stunden.

Feuchtigkeits- und Wärmebeständigkeit sind gering – beim Durchfeuchten oder Erwärmen weichen die reversiblen Leime wieder auf. Wegen dieser Eigenschaften und ihrer Schimmelfälligkeit verwendet man Glutinleime nur für Innenarbeiten in trockenen Räumen. Weil sie elastisch binden, nicht durchschlagen und verfärben, nimmt man sie für Restaurationen, Antiquitäten, Schmirgelbänder, Kleberollen und den Instrumentenbau.

**Kaseinleime (KC)** sind Magermilchprodukte (Käsestoff). Kasein wird erst durch Zusatz von Kalk wasserlöslich. Das Leimpulver ist hygroskopisch (wasseranziehend) und muss daher gut verschlossen aufbewahrt werden. Kasein quillt im Wasser auf, und durch Beimengung von Alkalien entsteht Kaseinleim. Die elastischen Leimfugen zeigen darum eine geringe Feuchtigkeits- und Wasserbeständigkeit. Kaseinleime sind ebenfalls schimmelfällig. Der Kalkanteil verfärbt gerbstoffhaltige Hölzer (z.B. Eiche). Häufig gibt der Hersteller Zusätze bei. Deshalb müssen die Verarbeitungsvorschriften genau beachtet werden.

**Natürliche Leime** bestehen aus Eiweißverbindungen (Glutin, Kasein). Sie werden durch Abkühlen oder chemische Reaktion unter Wasserabgabe fest.

### 6.3.2 Synthetische Klebstoffe

**Plastomere (Thermoplaste).** Synthetische Leime lassen sich schneller, einfacher, kostensparender und „maßgerechter“ verarbeiten. Ihre Leimflotte besteht hauptsächlich aus Kunstharzteilchen in Lösung oder als Dispersion. Für bestimmte Verleimungsarbeiten werden noch Füllmittel oder auch Härter beigegeben. Der flüssige aufgetragene Klebstoff trocknet physikalisch, wird also bei Erwär-

mung plastisch. Nach der chemischen Zusammensetzung sind es PVAC-Leime.

**Polyvinylacetatleime (KPVAC)** gewinnt man durch Polymerisation von Vinylacetat (s. Abschn. 6.2.2) und nennt sie wegen ihrer Farbe auch **Weißleime**. Die Kunststoffmoleküle dispergieren in Wasser (6.51). Deshalb wird ein PVAC-Leim nur flüssig, gebrauchsfertig geliefert. Nach dem Auftragen verdunstet das Wasser, die Kunstharzbestandteile schieben sich eng zu einer plastischen Leimschicht zusammen. Wichtig ist die *Verarbeitungstemperatur*. Je nach Zusätzen liegt die niedrigste Verarbeitungstemperatur bei etwa 5 °C. Wird sie unterschritten, wird der Leim kreidig weiß und spröde, verliert Festigkeit und Bindefähigkeit. Wegen dieser Veränderung nennt man diese Temperatur die *Weißpunkttemperatur*.

Die Leimfuge ist beständig gegen Alterung und Schimmelpilze. Wasser lässt den Leim aufquellen und mindert seine Festigkeit, bis er wieder getrocknet ist. Bei Temperaturen von 40 bis 70 °C werden PVAC-Leime ohne Härter wieder weich. Kommen PVAC-Leime mit Eisen in Berührung, verfärben sie das Holz. Durchgeschlagene KPVAC waschen wir mit Aceton, Äthylacetat oder warmem Wasser und Bürste aus. Bei dauerhafter mechanischer Belastung der Leimfuge gleiten die Fadenmoleküle aneinander vorbei, es kommt zum „kalten Fluss“, daher ist dieser Leim nicht für statisch belastete Bauteile geeignet.

PVAC-Leime eignen sich vor allem für Eckverbindungen, Bautischler- und Furnierarbeiten, für den Zusammenbau von Möbelteilen, die Kantenieinnung sowie für das Aufleimen von Kunststoffschichtplatten. Durch entsprechende Zusätze gewinnen wir Montage-, Furnier-, Fenster- und Lackleime.

**Montageleime** sollen schnell abbinden und erhalten daher einen Härterzusatz. Der Tischler verwendet sie für Holz- und Holzwerkstoffverbindungen. Ihre Wartezeit liegt zwischen 5 und 30 Minuten, die Presszeit beträgt bis 30 Minuten bei 0,3 bis 0,4 N/mm<sup>2</sup> Pressdruck, die Nachbindezeit bis 3 Stunden. Am günstigsten sind Raum-, Holz- und Leimtemperaturen zwischen 18 und 22 °C, eine Holzfeuchte von 8 bis 12 % und eine relative Luftfeuchte von höchstens 65 %.

**Furnierleime** dienen, wie der Name sagt, meist zum Furnieren. Sie werden mit dem Leimpachtel

oder einer Leimrolle aufgetragen. Die Wartezeit liegt zwischen 5 und 30 Minuten, die Presszeit beträgt bei 20 °C 60 Minuten und verkürzt sich bei höheren Temperaturen. Der Pressdruck beträgt meist 0,3 N/mm<sup>2</sup>. Heißverleimungen sind bis 200 °C möglich; für die Kaltverleimung gelten die gleichen Werte der Holzfeuchte und Temperatur wie bei den Montageleimen.

**Fensterleime.** Durch Zugabe von Härtern unter 10 % (Isocyanat, Aluminiumchlorid) erreichen KPVAC-Leime die Beanspruchungsgruppe D3/D4 und sind somit im Außenbereich einsetzbar. Sie binden dann auch chemisch ab.

**Sonderleime.** NC-Lackleime lösen Lackschichten an der Oberfläche an und verbinden so die Werkstücke. Bei Kunstharzlacken wirkt die Adhäsion zwischen Leim und Lack als Verbindung. Die Wartezeit beträgt hier 5 bis 20 Minuten, die Presszeit bei 0,3N/mm<sup>2</sup> etwa 15 Minuten. Die Nachbindezeit dauert einige Stunden.

#### Polyvinylacetatleime

- binden in der Regel physikalisch durch Verdunsten des Wassers und Sol-Gel-Umwandlung ab.
- lassen sich am günstigsten zwischen 18 und 22 °C verarbeiten.
- erreichen bei etwa 5 °C den „Weißpunkt“ und verlieren dann ihre Binde-fähigkeit und Festigkeit.
- Leimdurchschlag lässt sich entfernen.
- Kalter Fluss bei Dauerbelastung.

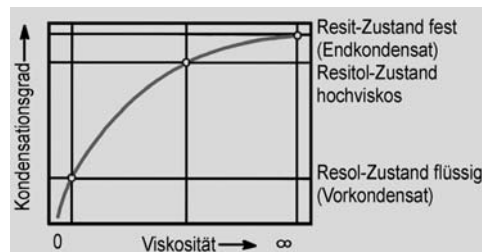
**Duromere (Duroplaste).** Im Gegensatz zu den thermoplastischen, reversiblen Dispersionsleimen binden Kondensationsleime chemisch und physikalisch ab (lat. *durus* = hart) und sind irreversibel.

- **Laborversuch** In einem Kolben wird Methylalkohol verdampft. Halten Sie eine glühende Kupferdrahtspirale hinein.

*Ergebnis* Der stechende Geruch zeigt eine chemische Reaktion an. Der Kupferdraht gibt den Sauerstoff ab. Durch die Oxidation des Methylalkohols CH<sub>3</sub>OH bildet sich das stechend riechende Formaldehydgas HCHO unter Abgabe von Wasser H<sub>2</sub>O. Weil sich bei diesem Prozess Wasser abspaltet, nennt man ihn Kondensation (s. Abschn. 6.2.2).

**Vorkondensation.** Durch die Reaktion von Formaldehyd und dem Kunstharz (Phenol, Harnstoff, Melamin) beginnt das Harz zu härten. Ausgehärtete Kunstharze lassen sich jedoch nicht mehr als Klebstoff verarbeiten. Deshalb unterbricht der Hersteller die Polykondensation, wenn die Mischung gerade noch ausreichend wasserlöslich ist. Beim Verarbeiten solcher „vorkondensierter“ Kunstharzleime setzt man den unterbrochenen Abbindeprozess durch Zugabe reaktionsfördernder Mittel (z.B. Härter und/oder Wärmezufuhr) wieder in Gang, so dass der Leim endgültig aushärtet. Danach sind Leimdurchschläge nicht mehr zu entfernen – selbst scharfkantige Werkzeuge stumpfen daran ab! Im Einzelnen unterscheiden wir drei Phasen (Stufenkondensation):

- **Im Resol-Zustand** wird die Aushärtung vom Hersteller unterbrochen. Das Harz-Formaldehyd-Gemisch ist als Vorkondensat wasserlöslich (flüssig), die Viskosität nimmt kaum zu.
- **Im Resitol-Zustand** wird der Aushärtungsprozess beim Verarbeiten fortgesetzt. Der Leim wird dickflüssig und zäh (hochviskos).
- **Im Resit-Zustand** bindet der duroplastische Leim als Endkondensat ab. Er ist irreversibel, nicht mehr löslich oder schmelzbar, sondern ausgehärtet und fest (6.52).



**Bild 6.52** Stufenkondensations-Reaktion

**Die Härter** (z.B. Ammoniumchlorid, Ameisensäure, Zitronensäure) werden dem Kunstharzleim beigemischt (Untermischverfahren) oder beim Kaltleimen vorher auf die Werkstoffflächen getrennt aufgetragen (Vorstrichverfahren). Wärmezufuhr beschleunigt das Abbinden.



### Polykondensationsleime

- entstehen aus der Verbindung von Kunstharzen und Formaldehyd.
- werden bei der Herstellung vorkondensiert (Resol-Zustand) und bei der Verarbeitung durch Zugabe von Härtern oder Wärme zur völligen Aushärtung endkondensiert (Resitol-, Resit-Zustand = Stufenkondensation).
- sind wasserfest und irreversibel.
- ergeben spröde Leimfugen, die die Werkzeuge abstumpfen, Leimdurchschlag lässt sich nicht mehr entfernen.
- haben bei Druck und Wärme eine kurze Abbindezeit.
- sind nur begrenzt lagerfähig.

Benannt werden die Kondensationsleime nach dem Ausgangsstoff: Harnstoff-Formaldehydharzleime, Melamin-Formaldehydharzleime, Phenol-Formaldehydharzleime.

**Harnstoffharzleime (KUF = Klebstoff Urea Formaldehyd; griech. urea = Harnstoff)** härten durch chemische Reaktion mit dem Härter aus. Der Härter ist also beim Kalt-, Warm- und Heißleimverfahren erforderlich. Wir erhalten Harnstoffharzleime pulverförmig oder als Lösung. Je nach dem Härteranteil beträgt die Topfzeit 2 bis 70 Stunden, die Wartezeit dagegen nur 10 Minuten. Montageleime erfordern einen Pressdruck bis  $0,3 \text{ N/mm}^2$  und eine Presszeit bis 6 Stunden, Furnierleime bis  $10 \text{ N/mm}^2$  Druck für 1 bis 5 Minuten.

KUF sind sehr hart, wasserunlöslich und farblos. Da sie spröde sind, eignen sie sich nicht für Konstruktionsfugen. Die Verleimungen sind meist feuchtfest und können durch Mischen mit Melaminharz wetterbeständig werden. Vor allem verwenden wir KUF beim Furnieren.

**Phenolharzleime (KPF)** verfärben sich meist rotbraun und zeigen deutliche Fugen. Der chemische Prozess der Aushärtung wird durch Zugabe entsprechender Stoffe fortgesetzt und durch Wärme bei Presstemperaturen bis  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  beendet. Die Reifezeit dieser Leime beträgt je nach Produkt bis 15 Minuten, die Topfzeit bis 3 Stunden, die Wartezeit höchstens 15 Minuten. Der durchschnittliche Pressdruck liegt zwischen  $1,0$  und  $2,5 \text{ N/mm}^2$ . Bei höheren Temperaturen und Härteranteilen sind 2 bis  $8 \text{ N/mm}^2$  erforderlich.

KPF sind witterungsbeständig („wetterfest“) und tropenfest. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden sie nach EN 204 der Verleimungsgruppe D4 zugeordnet. Eine Kaltaushärtung vollzieht sich, wenn starke Säuren (z.B. Paratoluolsulfonsäure) beigemischt werden. Wir verwenden Phenolharzleime für Zimmermannskonstruktionen (Holzingenieurbauten), Fenster, wasserfeste Spanplatten, Sperrholz sowie im Boots- und Schiffsbau.

Auch Papiere lassen sich mit Phenolharzen imprägnieren (tränken). Solche Kunstharzfilme (Tegofilm) werden für Furnierverleimungen bzw. Oberflächenvergütungen eingesetzt.

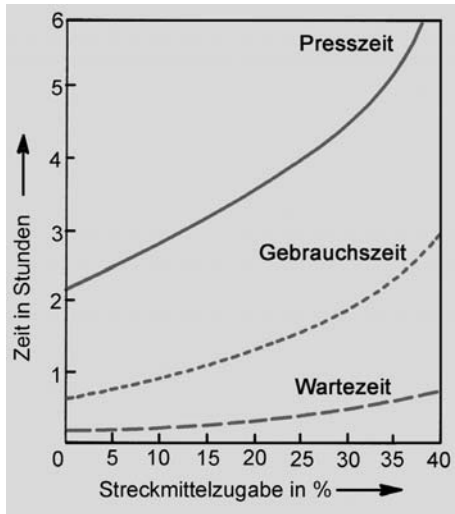
**Resorcinharzleim (KRF)** ist ein zweiwertiges Phenolharz und hat noch bessere Eigenschaften als der Phenolharzleim. Allerdings ist er erheblich teurer.

**Melaminharzleime (KMF)** sind teuer, oft kombinieren die Hersteller Melaminharze mit Harnstoffharzen. Eine besondere Stellung unter den Kondensationsleimen nehmen die Melaminharze auch deshalb ein, weil sie ohne Härter heiß abbinden. Als meist heißhärtend verwendete Furnierleime binden sie bei etwa  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  unter  $0,8 \text{ N/mm}^2$  Druck in wenigen Sekunden ab. Die Fugen sind klar und spröde. Verleimungen aus KMF sind feuchtfest bis wetterfest und tropenfest. Sie werden daher nach EN 204 in die Verleimungsgruppen D1 bis D4 eingeordnet. KMF verwenden wir zum Furnieren und Absperren von Platten.

**Zusatzstoffe** zur Verbesserung des Leimes oder der Leimausbeute wurden mehrfach erwähnt. Sie werden vom Hersteller oder Verarbeiter der Leimflotte zugesetzt. Dabei handelt es sich um Füll-, Streck-, Schaum- und Farbmittel.

**Füllmittel** (fein gemahlene Kreide) verwendet man auch bei PVAC-Leimen. Sie haben keine Klebkraft, verringern aber bei dicken Fugen Schrumpfspannungen und verhindern Leimdurchschlag.

**Streckmittel** sind quell- und verkleisterungsfähige Pflanzenstoffe mit Klebkraft (z.B. Roggenmehl 1370, Weizenmehl 550, Stärke). Sie verbessern die Klebwirkung und erhöhen die Viskosität des Leimes, machen die Leimfuge elastischer, vermindern den Leimdurchschlag und erhöhen die Füllkraft (Kostensenkung). Die Streckmittelzugabe liegt bei 5 bis 20 %. Geben wir zu viel bei, verliert der Leim seine Verleimungsfestigkeit (6.53).



**Bild 6.53** Wirkung eines Streckmittels auf einen Melaminharzleim ( $\bar{z}$ gabe bei  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

**Schaummittel** bilden kleine Luftbläschen in der Leimflotte und vergrößern das Leimvolumen. Ausbeute und Ergiebigkeit verbessern sich. Bei einer Volumenvergrößerung über 50 % lässt die Klebkraft des Leimes nach und führt zu Leimfehlern. Schaummittel werden heute nur äußerst selten der Leimflotte zugesetzt.

**Farbmittel.** Mischen wir entsprechende Farben (z.B. bei dunklen Furnieren) in die Leimflotte, bleibt der Leimdurchschlag unsichtbar.

**Zusatzstoffe** (Streck-, Füll- und Schaummittel) verbessern die Eigenschaften des Leimes und senken die Kosten. Farbmittel verdecken den Leimdurchschlag.

**Kontaktkleber (KPCB)** bestehen aus Lösungen von Kautschuk oder Kunstkautschuk (z.B. Polychloroprene) in organischen Lösungsmitteln. Als Lösungsmittel dienen Toluol, Äthylacetat, Spezialbenzin und Methyläthylketon. Sie sind leicht brennbar, die Klebstoffe daher feuergefährlich (Flammzeichen oder Aufdruck „Feuergefährlich“)! Bei den nicht brennbaren Lösungsmitteln Methylenechlorid, Trichloräthylen oder Perchloräthylen besteht diese Gefahr nicht. Jedoch können bei längerem Einatmen höherer Konzentrationen gesundheitliche Schäden entstehen. Der flüssig gelieferte Kleber wird mit Zahnpachtel, Auftragswalze, Sprühdose oder

Spritzpistole auf beiden Werkstücken aufgetragen. Wenn er beim Berühren mit dem Finger keine Fäden mehr zieht (*Fingerprobe*), ist das Lösungsmittel verdunstet und die Abluftzeit erfüllt. Die Werkstücke werden unter kurzem, aber hohem Druck zusammengepresst. Ein Verschieben oder Korrigieren der verbundenen Flächen ist nun nicht mehr möglich. Die verklebten Werkstücke können sofort weiterbearbeitet werden.

Durch Zusätze von Härtern und Weichmachern werden Kontaktkleber elastisch und wärmebeständiger bis  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Diese Elastizität verliert sich jedoch nach einigen Jahren, denn der Kleber versprödet durch Abwanderung der Weichmacher. Wir verwenden Kontaktkleber zum Bekleben von Rundungen sowie zum Verbinden von Metallfolien und Kunststoffen mit Holz.

#### Kontaktkleber (Polychloroprene)

- binden nach einer Abluftzeit ab (*Fingerprobe*).
- mit brennbaren Lösungsmitteln sind feuergefährlich!
- enthalten gesundheitsschädliche Lösungsmittel.

**Lösungsmittelkleber** bestehen ebenfalls aus Lösungen von Kunststoffen oder Kunstharzen (z.B. Polyvinylharz) in den gleichen organischen Lösungsmitteln wie Kontaktkleber. Wir müssen also auch hier entsprechende Vorsicht walten lassen: Sie sind feuergefährlich, ihre Dämpfe gesundheitsschädlich. Der Kleber wird nur auf einem Werkstück verteilt. Damit das Lösungsmittel gut abwandern kann und sich eine einwandfreie Verklebung ergibt, muss eines der Werkstücke *saugfähig* sein.

**Schmelzkleber (KSCH)** sind plastomer und entfalten ihre volle Klebwirkung erst beim Erhitzen auf  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Aufgetragen werden sie z.B. mit der Kantenleimmaschine oder der Schmelzkleberpistole. Sie enthalten keine Lösungsmittel und erstarren darum sofort nach dem Auftrag (*Heiß-Kalt-Verfahren*). Polyamid-Schmelzkleber sind widerstandsfähiger gegen hohe Temperaturen und reißfester als Vinylacetat-Kleber – aber sehr teuer. Um die Adhäsionskräfte zu vergrößern und das Fließvermögen zu verbessern, geben die Hersteller

dem Heißschmelzkleber noch klebrig machen-  
de Harze zu. Verwendet werden Schmelzkleber  
vor allem zum Aufkleben von Furnier-,  
Vollholz- oder Kunststoffkanten.

**Plastomere Schmelzkleber** werden bei  
etwa 200 °C aufgetragen und binden  
durch Abkühlen (physikalisch) ab.

**Epoxidharzkleber (KEP)** gebrauchen wir,  
wenn andere Kleber nicht genügen und bishe-  
rige Leime versagen. Sie haben eine hohe  
Festigkeit und sichern die dauerhafte Verkle-  
bung von Metall auf Metall, Holz auf Kunst-  
stoff, Glas auf Metall, Glas auf Glas, Kunst-  
stoff auf Kunststoff. Die flüssig, als Stangen,  
Pasten oder Pulver hergestellten Kleber sind  
hellgelb bis dunkelbraun. Sie binden chemisch  
ab, enthalten kein Lösungsmittel, aber Härter  
im Verhältnis 1 : 1. Es sind Zweikomponenten-  
kleber, die kalt oder warm ohne Pressdruck  
abbinden: die beiden Komponenten Epoxid-  
harz und Härter bei Temperaturen bis 200 °C  
innerhalb weniger Minuten.

Diese Kleber sind sehr fest, elastisch und viel-  
seitig verwendbar. Allerdings sind sie teuer und  
werden daher nur für besondere Verklebungen

genommen. Auch bei ihnen ist Vorsicht geboten  
– ihre Dämpfe sind gesundheitsschädlich.

**Epoxidharzkleber** sind Zweikomponenten-  
kleber. Ihre **Dämpfe sind gesundheits-  
schädlich.**

**Polyurethankleber (PU)** sind Ein- oder Zwei-  
komponentenkleber, die wir meist zum Auf-  
kleben von PVC-Folien, aber auch zum Ver-  
binden von Holz, Metall und Glas verwenden.  
Sie haben eine gute Adhäsion, Wasserbestän-  
digkeit und Elastizität, sind aber ebenfalls sehr  
teuer. Aufgetragen werden sie mit dem Zahn-  
spachtel oder der Leimauftragsmaschine. Die  
Einkomponentenkleber enthalten selten Lö-  
sungsmittel und binden durch Wasser (Luft-  
feuchte) ab. Sie sind feuchtigkeitsbeständig  
und bis etwa 70 °C wärmebeständig. Geben wir  
Härter bei, können wir die Wärmebeständigkeit  
bis auf 100 °C erhöhen. Als Zweikomponenten-  
kleber binden sie ohne Lösungsmittel durch  
Mischung beider Komponenten und Zugabe  
von Beschleunigern in einigen Minuten oder  
erst in Stunden ab. Ein- und Zweikomponenten-  
PU tragen wir nur einseitig auf. Sie erge-  
ben keine Verfärbungen.

**Tabelle 6.54** Übersicht über die Klebstoffe (Leime)

Klebstoff	Liefer- form	Verarbeitung/ Abbinden	Eigenschaften	Handelsnamen	Anwendung
<b>Natürliche Dispersionsleime</b>					
Glutinleim KG	fest pulver- förmig	kalt, warm, heiß durch Kohäsion	fugenelastisch, reversibel, nicht verfärbend oder durchschlagend, begrenzt feuchtigkeits- und wärme- fest, schimmelfähig	Cellatherm, Jowa- collwarmleim, Do- rus-Rapid	trockene Innenräume Restaurierung, Anti- quitäten Instrumen- tenbau, Furniere
Kaseinleim KC	pulver- förmig	kalt durch chemische Verbindung von Kasein und Kalk	elastisch, irreversibel, feuchtigkeits- und wär- mebeständig, verfärbt gerbstoffhaltige Hölzer	Jowat-Casein- Kaltleim, EMholz- Standardmarke	Sperrholz
<b>Synthetische Klebstoffe</b>					
Polyvinyl- acetatleim KPVAC	flüssig	kalt bis 5 °C, warm 18 bis 22 °C, heiß bis 70 °C durch Wasser- verdunstung	Plastomer, reversibel, feuchtigkeits-, aber nicht temperaturbeständig (ohne Härterzugabe)	Ponal, Keime, Ra- koll, Hymir, Dorus, Tempo S	Montage- und Furnier- leim für Holz, Ab- sperrarbeiten, Bau- tischler- und Forming- verleimungen
Harnstoff- harzleim KUF	pulver- förmig	kalt und heiß Polykondensation durch Härter	duroplastisch, irreversi- bel, sehr hart, spröde, farblos, wasserunlöslich, nicht wetterfest	Kaurit, Pressal, Kleberit, Heißpres- senleim 861, Rakoll UF 20	Montage- und Furnier- leim für Innenarbeiten
Melamin- harzleim KMF	pulver- förmig	kalt (Montage- leim) mit Härter, heiß (Furnierleim) ohne Härter Poly- kondensation	duroplastisch, irreversi- bel, wasserbeständig, kochfest, aber nicht wetterfest	Pressal, Melan, Kauramin	Furnieren und Verlei- men von Spanplatten

**Tabelle 6.54** Fortsetzung

Klebstoff	Lieferform	Verarbeitung/Abbinden	Eigenschaften	Handelsnamen	Anwendung
Phenolharzkleim KPF	flüssig	kalt (Montageleim) heiß (Furnierleim) durch Polykondensation	duroplastisch, irreversibel, wasser- und witterungsbeständig	Kauresin, Tegofilm, Kleiberit, Supracin 875	Montage- und Furnierleim für Zimmermannskonstruktionen, Fenster, wasserfeste Spanplatten, Boots- und Schiffsbau, Filme für Oberflächenvergütung
Kontaktkleber KPCB	flüssig	kalt mit Abluftzeit durch Kohäsion/Adhäsion Polymerisation	elastomer, sehr fest mit brennbaren Lösungsmitteln feuergefährlich! Dämpfe gesundheitsschädlich!	Neoprene, Baypren, Bostik, Kleiberit, Ardal, Pattex	Rundungen, Verbinden von Metallfolien und Kunststoffen mit Holz
Schmelzkleber KSCH	flüssig	bei 200 °C sofort ohne Lösungsmittel durch Abkühlen Polymerisation	plastomer, sehr fest, nicht wasserbeständig, nicht temperaturbeständig	Helmitherm Super, Elvax, Kleiberit Schmelzkleber 735, Jowatherm, Jowalin	Furnier-, Vollholz- und Kunststoff kanten
Epoxidharzkleber KEP	festpulverförmig-flüssig	kalt und warm ohne Pressdruck Zweikomponenten ohne Lösungsmittel Polyaddition	duroplastisch, sehr fest, elastisch schädlich!	Stabilit, Ultra Profix-Spezial-, kleber, Rakollit, Jowat-Metallix, Ceresit-Epoxidkleber	Metall auf Metall, Holz auf Kunststoff, Glas auf Glas, Kunststoff auf Kunststoff
Polyurethan-kleber PUR	flüssig pastös	Einkomponenten mit Lösungsmittel, kalt oder heiß bei 70 °C Zweikomponenten ohne Lösungsmittel Polyaddition	elastisch, wasserbeständig, wärmebeständig bis 70 °C, bei Härtezusatz bis 100 °C (Einkomponenten) gesundheitsschädlich!	Assil-M, Kleiberit-Plastic-Mastic 596.8, Jowatac Ponal-Pv-Leim	PVC-Folien, Verbinden von Holz mit Metall oder Glas

**Polyurethankleber** sind Ein- oder Zweikomponentenkleber.

Die **Einkomponentenkleber können gesundheitsschädliche Lösungsmittel enthalten.**

Tabelle 6.54 fasst noch einmal die Leime und Kleber zusammen.

**Dichtstoffe und Montageschäume.** Sie dienen dem Abdichten und Dämmen von Bewegungsfugen zwischen Bauteilen sowie dem Befestigen (Kleben) von Bauteilen. Sie haften auf verschiedensten Werkstoffen durch Adhäsion, wenn diese sauber, fett- und ölfrei und entsprechend den Verarbeitungsrichtlinien vorbereitet wurden.

Es gibt *1- und 2-komponentige Produkte*, die sich in der Art der Aushärtungsreaktion (chemisch und/oder physikalisch) und der nach der Reaktion entstandenen Endstruktur unterscheiden:

1. Flüssige oder pastöse Fugendichtungsmassen (FDM), die nach der Aushärtungsreaktion eine *gummilastische*, homogene Endstruktur meis-

tens in den Farben Weiß, Schwarz, Braun, Grau aufweisen (Behandlung s. Abschn. 10.8.7.1).

2. Flüssige Kunststoffmassen, die nach der chemischen Reaktion durch Gase um ein Vielfaches ihres ursprünglichen Volumens aufquellen und im Endzustand eine geschlossenporige Schaumstoffstruktur aufweisen. Sie werden als *Montageschäume* bezeichnet.

Die Basis für die Herstellung von *Montageschäumen* bilden Polyurethanverbindungen. Die flüssigen Ausgangssubstanzen werden in Aerosoldosen abgefüllt, die an der Arbeitsstelle mit Luftdruck ausgestoßen werden. Umweltfreundliche Treibgase bewirken eine 50- bis 100fache Volumensvergrößerung des Doseninhaltes im aufgeschäumten Endzustand. Unangenehme Begleiterscheinungen dieses Aufschäumens sind das Entstehen örtlicher Drücke, Wärme- und Gasentwicklung. Wichtig ist es deshalb, die Dosierung gleichmäßig und sparsam nach den Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers auszuführen. Bei Türfutter oder -zargen sollten nach dem Ausrichten Türfutterstreben angesetzt werden, um ein eventuelles Ausbeulen in die Türöffnung zu verhindern (6.55).

Verunreinigungen der Haut müssen sofort, vor dem Abbinden, mit Lösungsmittel entfernt werden. Polyurethan enthält den Gefahrstoff Isocyanat als Härter, deshalb sollten Schutzbrille und Schutzhandschuhe getragen, frei werdende Gase nicht eingeatmet werden. Die Montageschaumdosen sollen stehend, trocken und kühl (nicht über 50 °C), bei 20 °C ca. 12 Monate lagerfähig, gelagert werden. Von Zündquellen fernhalten, das Treibmittel ist brennbar. Leere Dosen sollten professionellen Entsorgungsfirmen zugeführt werden.

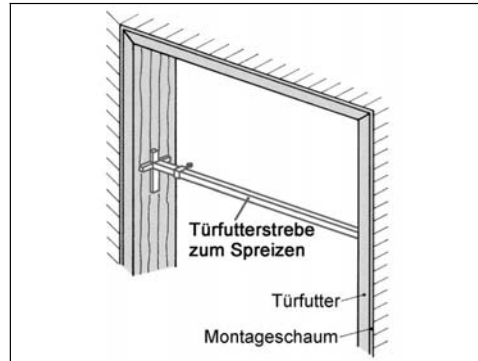


Bild 6.55 Türfutter mit Türfutterstrebe

## 6

### 6.4 Glas

#### Arbeitsauftrag Nr. 44 Lernfeld LF 3

- Erstellen Sie eine „Mind-Map“ zum Thema Glas in Partner oder Gruppenarbeit. Kernpunkt bzw. Ausgangspunkt sollte folgende Frage sein: „Was ist Glas und woraus wird es hergestellt?“ Nutzen Sie bei Ihrer Arbeit die Oberbegriffe des Textes einschließlich Kapitel 6.4.3.
  - Mit Hilfe Ihrer Mind-Map und des Textes beantworten Sie bitte die folgenden Fragen. Arbeiten Sie nach der „Dreischritt- Methode“ (vgl. Kapitel „Methoden“).
1. Was versteht der Glaser unter einem „kalten“ und einem „warmen“ Schnitt?
  2. Welche Rohstoffe braucht man zur Glasherstellung? Nennen Sie mindestens vier.
  3. Erklären Sie die Herstellung von Floatglas.
  4. Beschreiben Sie den Aufbau einer Isolierglasscheibe.
  5. Welche Oberflächengüte erreicht man beim Floatverfahren?
  6. Eine Isolierglasscheibe ist vom Zwischenraum her mit Feuchtigkeit beschlagen. Welche Ursachen können Sie dafür nennen?
  7. Welche beiden Herstellungsverfahren sind heute beim Flachglas üblich?
  8. Worauf beruht die Wärmedämmwirkung und Schalldämmwirkung von Isolierglas?
  9. Welcher Unterschied besteht zwischen Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas in der Herstellung und im Aufbau?
  10. Welche Bedeutung haben Metalloxide bei der Herstellung von Glasschmelze?
  11. Welche Beispiele für Drahtglas kennen Sie?
  12. Nennen Sie drei Möglichkeiten, die Schalldämmung eines Fensters zu verbessern.
  13. Wie verhalten sich Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas bei Bruch?
  14. Warum werden heute überwiegend Isolierglasfenster eingebaut? (drei Gründe)
  15. Nennen Sie drei Arten von Gussglas.
  16. Beschreiben Sie den Aufbau eines Sonnenschutzglases.
  17. Womit kann man Glas ätzen?
  18. Auf welche Weise werden die Glasscheiben einer Isolierglaseinheit miteinander verbunden?
  19. Was bedeutet SZR?
  20. Was müssen wir beim Lagern und Transportieren von Glas beachten?

- Erarbeiten Sie die nachfolgenden Schwerpunktbereiche der Glastechnik in Gruppen. Nutzen Sie die Hinweise für die Präsentation.
 

– Sonnenschutz	Flyer	original A4 zur Präsentation
– Wärmeschutz	Zeitungsanzeige	als Plakat
– Einbruchsschutz	Interview	Rollenspiel: Einbruch Kunstgalerie (Reporter/ Glaser)
– Brandschutz	Fernsehspot	Werbung /Power Point (wahlweise)
– Schallschutz	Kundengespräch	Rollenspiel (Kunde/Glaser)
- Informations- und Materialbeschaffung (Glas-Tec, Firmen, Liternet)

Glas begegnet uns überall und in vielfältigen Formen – als Fenster und Spiegel, als Isolier- und Sicherheitsglas in der Technik, in den Gefäßen der Industrie und des täglichen Gebrauchs.

**Eigenschaften.** Glas ist ein hartes, aber sprödes Schmelzprodukt aus mehreren Stoffen. Es ist lichtdurchlässig und sehr beständig gegen Luft, Wasser und viele Chemikalien. Wärme und elektrischen Strom leitet es schlecht (6.56). Alle diese Eigenschaften lassen sich durch entsprechende Glaszusammensetzung beeinflussen.

**Tabelle 6.56** Eigenschaften des Glases

Dichte	2,5 kg/dm <sup>3</sup>
Härte	5 bis 7 (zum Vergleich: Diamant hat die Härte 10)
Druckfestigkeit	80 000 bis 120 000 N/cm <sup>2</sup>
Biegefestigkeit	3500 N/cm <sup>2</sup>
Lichtdurchlässigkeit	bis 92 %

### 6.4.1 Herstellung

**Rohstoffe.** Eigentlicher Glasbildner ist der kieselsäurehaltige Quarzsand. Seinen hohen Schmelzpunkt (1600 °C) setzt man durch Zugabe von Flussmitteln herab (z.B. Soda, Sulfat, Borsäure, Pottasche). Dass diese Rohstoffe allein nicht zur Glasherstellung genügen, zeigen folgende Versuche.

- **Laborversuch 1** Wir mischen reinen Quarzsand (SiO<sub>2</sub>) mit Soda (NaCO<sub>3</sub>) und erhalten eine glasige Masse, die wir in Wasser legen und erhitzen.

*Ergebnis:* Die glasige Masse (Wasserglas) löst sich in Wasser auf.

- **Laborversuch 2** Wir wiederholen den Versuch, geben aber etwas zerkleinerten Kalkstein (CaCO<sub>3</sub>) oder Dolomit zu. Ergebnis Die Masse ist wasserunlöslich.

Kalkstein oder Dolomit stabilisieren also das Glas, geben ihm Härte und Glanz. Zum Färben der Glasmasse benutzt man Metalloide.

**Herstellung.** Die Rohstoffe Quarzsand, Kalk und Alkalien werden in bestimmten Mengenverhältnissen in langgestreckten Wannenöfen oder in Hafenoöfen bei etwa 1400 °C eingeschmolzen. (Ohne die alkalischen Flussmittel Soda und Sulfat erreichte man den Schmelzpunkt erst bei einer Temperatur von 1620 °C.) Da das Glas für die Formung der Glastafel bzw. des Glasbands durch Gießen oder Ziehen eine gewisse Zähigkeit erreichen muss, wird es auf etwa 1000 °C und in einem geschlossenen Kühlkanal weiter bis auf 100 °C abgekühlt, bevor es in einem offenen Kühlkanal die normale Umgebungstemperatur erreicht. Dieser Prozess geht verhältnismäßig langsam vor sich, denn durch zu schnelles Abkühlen können Spannungen auftreten. Am Ende der Kühlstraße befindet sich die Schneidanlage, an der das Glasband manuell oder maschinell in entsprechende Größen (Bandmaße) zugeschnitten wird.

Glas besteht aus Quarzsand, Kalkstein und Alkalien. Diese Rohstoffe werden bei großer Hitze vermengt und geschmolzen.

Bei den Herstellungsverfahren unterscheiden wir das Floaten, Gießen, Walzen, Ziehen, Blasen und Pressen.

**Beim Floaten oder Schwimmen** läuft die geläuterte (gereinigte) Glasschmelze auf geschmolzenem Zinn und breitet sich „obenauf schwimmend“ (floaten) aus, bis eine bestimmte Gleichgewichtsdicke erreicht ist (6.57). Durch die völlig ebene Oberfläche des flüssigen Metalls unter dem Glas und durch die Oberflächenspannung auf dem Glas entsteht ein planparalleles Glasband, das man nicht mehr schleifen und

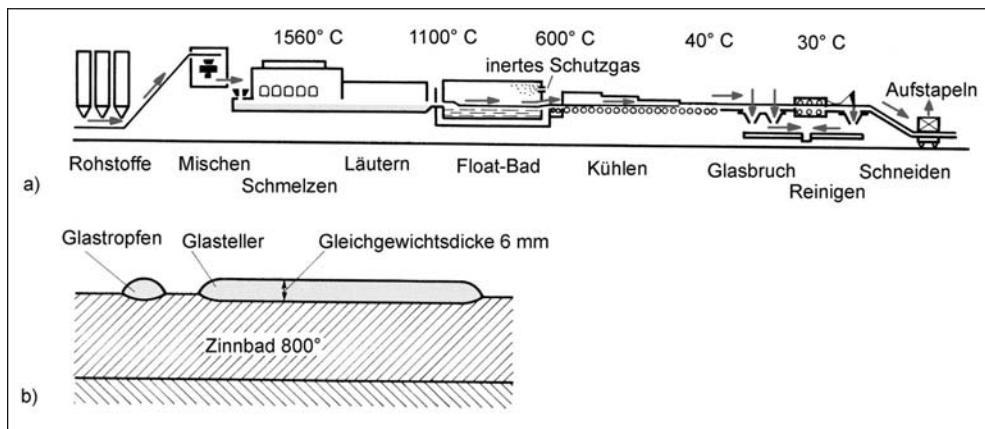
polieren muss. Am Ende des Metallbads heben Walzen die Glasmasse ab und befördern sie weiter, wobei die Schmelze in langen Kühlkanälen abgekühlt und entspannt wird. Floatglas hat zwischenzeitlich die zuvor üblichen Herstellungsverfahren zur Flachglas-Erzeugung abgelöst. Ausnahmen bilden lediglich die Guss bzw. Ornamentgläser.

**Beim Gießen und Walzen** läuft das zähflüssig eingegossene Glas zwischen zwei wassergekühlten Formwalzen durch (6.58). Aus dem Abstand der beiden Walzen ergibt sich die gewünschte Glasdicke. Zugleich können die Walzen Muster in die Glasoberfläche eindrücken oder wie beim Drahtglas Drahtnetze einrollen. Das endlose Glasband rollt in den Kühl tunnel und wird auf die geforderten Maße geschnitten. Auf diese Weise stellt man Draht- und Drahtornamentglas, Ornamentglas, Gar-

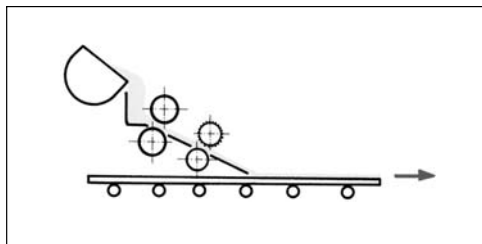
tenklarglas, Profilbauglas, Gussglas und Welldrahtglas her.

**Beim Blasen** unterscheidet man das schon im Altertum bekannte Mundblasen und das neuere Maschinenverfahren. Zum Mundblasen braucht man eine Glasmacherpfeife, ein etwa 1,5 m langes Rohr mit Mundstück. Damit nimmt der Glasbläser Schmelze auf und formt daraus durch Drehen und Blasen einen Hohlkörper (Kübel). Diese erste Form wird abgekühlt und nach Erwärmung in die endgültige Form geblasen (Gläser, Flaschen, 6.59). Das langwierige Mundblasen wird heute nur noch bei besonderen Gläsern (mundgeblasen) verwendet. Das maschinelle Verfahren nach dem gleichen Arbeitsprinzip ermöglicht viel höhere Stückzahlen und gleichbleibende Qualität für Form- und Verpackungsglas.

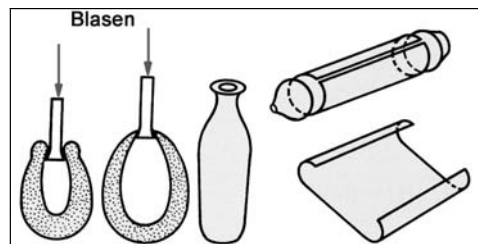
6



**Bild 6.57** Float-Verfahren (a) mit Ausschnitt der Glasschicht im Float-Bad (b)

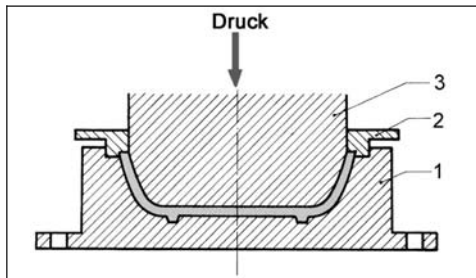


**Bild 6.58** Gießen und Walzen



**Bild 6.59** Gießen und Walzen

**Beim Pressen** fließt die Glasschmelze in eine Metallform und wird dort von einem Stempel auf die vorgesehene Dicke zusammengepresst (6.60).



**Bild 6.60** Pressen  
1 Form, 2 Deckring, 3 Stempel

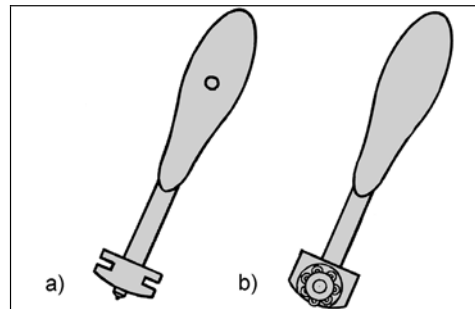
So entstehen massive oder hohle dickwandige Glasformen wie Glasbausteine, Glasdachziegel und Glasfliesen.

**Bearbeitung.** Glas lässt sich durch Schneiden, Schleifen, Polieren, Ätzen, Bedrucken und Sandstrahlen bearbeiten, außerdem kann man es thermisch vorspannen.

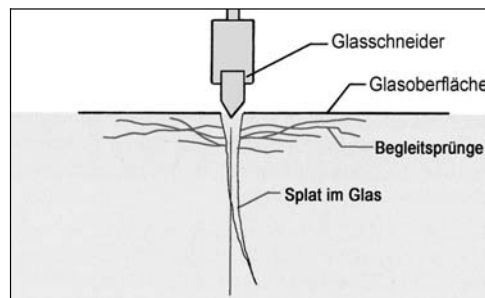
**Zum Schneiden** benutzt der Fachmann den Glasschneider mit einem Stahlrädchen oder Diamanten an der Spitze (6.61). Je nach Glasart und Glasstärke werden verschiedene Stahlrädchen angewendet. Stahl und Diamant sind härter als Glas. So können wir damit am Schneidlineal entlang eine Kerbe in die Glasplatte ritzen. Diese Kerbe vergrößert sich zu einem Spalt, an dem entlang das Glas bei Beanspruchung wie etwa einem leichten Schlag bricht. Ein dünner Film aus Petroleum auf der Glasoberfläche erleichtert das Schneiden. Wartet man nach dem Ritzen einige Tage mit dem Brechen, geht die Spannung in der Kerbe verloren und das Glas bricht nicht mehr sauber durch („kalter Schnitt“ im Unterschied zum sofortigen „warmen Schnitt“). Deshalb ritzen wir das Glas erst kurz vor dem Bruch (6.62). Die Nuten im Glasschneider dienen dazu, schmale Glasstreifen abzubringen.

**Schleifen und Polieren.** Durch kurzes Anhalten des Glases in einem Winkel von etwa 45° an ein Schleifwerkzeug wird der nach dem Schnitt verbliebene Grat etwas gebrochen, somit entschärft und entgratet. Zum Schleifen

dient ein mit Korund oder Siliciumcarbid beklebter Schleifkörper. Verschiedene Körnungen erlauben entsprechende Grob- oder Feinbearbeitung. Da beim Schleifen hohe Temperaturen entstehen, wird meist nass geschliffen. Poliert wird mit puderfeinem Schleifmittel.



**Bild 6.61** Glasschneider  
a) mit Diamantspitze  
b) mit Schneidrädchen aus Hartmetall



**Bild 6.62** Schnittverlauf im Glas

**Durch Ätzen und Sandstrahlen** kann man Glas schmücken oder undurchsichtig machen. Beim Ätzen mit Flußsäure (HF) oder einem anderen Ätzmittel löst sich die Kieselsäureverbindung Glas auf. Ätzmuster zeichnet man mit Ätztinte und Goldfeder auf oder deckt die anderen Flächen ab.

**Vorsicht!** Flußsäure ätzt nicht nur Glas, sondern auch Ihre Haut, wenn Sie nicht aufpassen!

Beim **Sandstrahlen** prallen unter Pressluft feinste Sand- und Korundkörner auf die Glascheibe und tragen die Oberfläche an unbedeckten Stellen ab. Je nach Entwurf und Schablone ergeben sich so verschiedene Muster.



Der **Siebdruk** ist ein modernes Verfahren zur Oberflächengestaltung von Architekturverglasungen. Dabei werden Muster, Flächen oder farbige Abbildungen mit keramischen Farben auf eine Floatglasscheibe gedruckt. Beim anschließenden Veredelungsprozess zu ESG (thermisches Vorspannen) werden die Farben eingebrannt. Dieses Verfahren erlaubt ebenfalls, auf umweltverträglichem Wege ätznartige Oberflächen zu gestalten.

#### 6.4.2 Glaserzeugnisse

Wir treffen überall auf Glas in verschiedenen Farben und Formen. Viele Gläser enthalten besondere Zusätze, z.B. Alkalisilitglas, Bleiglas, Elektrogas, Kalk-Natron-Glas oder Quarzglas. Zum Flachglas, das wir verarbeiten, zählen wir alle ebenen und gebogenen Scheiben wie Fensterglas, Gussglas, Kristallspiegelglas und Dickglas. Diese Glasarten werden zu Spezialgläsern (z.B. Mehrscheiben-Isolierglas) weiterverarbeitet.

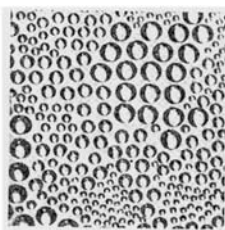
**Gussglas** wird gegossen und gewalzt. Je nach Ausführung wird es als Drahtglas (D), Drahtornamentglas (DO) oder Ornamentglas (O) bezeichnet. Es ist nicht klar durchsichtig, kann farbig und mit Mustern oder Drahtnetzeinlagen in verschiedenen Dicken hergestellt werden. Durch genau berechnete Abmessungen der Oberflächen-Prägeform wie Wellen, Rippen oder Prismen erzielt man eine Lichtstreuung und Lichtlenkung, die alle Winkel eines Raumes aufhellt (6.63). Zahlreiche Ornamentierungen erlauben verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten.

**Floatglas** ist klar, durchsichtig, reflektiert klar und ist verzerrungsfrei. Die hohe Qualität

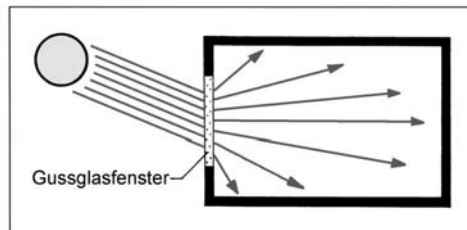
macht das früher notwendige Polieren von Glas überflüssig.

**Mehrscheiben-Isolierglas** ist eine Verglasungseinheit, hergestellt aus zwei oder mehreren Glasscheiben, die durch einen oder mehrere luft- bzw. gasgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt sind. An den Rändern sind die Scheiben luft- bzw. gas- und feuchtigkeitsdicht durch organische Dichtungsmassen. Bei geklebten Randverbundsystemen wird der Abstand der Scheiben durch hohle „Abstandhalterstege“ aus z.B. Aluminium oder verzinktem Stahl hergestellt. Die Stege enthalten Trocknungsmittel, die dem Scheibenzwischenraum bei der Herstellung des Mehrscheiben-Isolierglases eingeschlossene Restfeuchte entziehen. Für die Scheiben kommt vor allem Floatglas zum Einsatz. Weitere verwendete Glaserzeugnisse sind u.a. beschichtetes Floatglas (Wärmedämmung, Sonnenschutz), Einscheibensicherheitsglas, Verbundglas (Schalldämmung), Verbundsicherheitsglas, eingefärbtes Floatglas, Gussglas, Drahtglas usw.

**Isolierglas für die Wärmedämmung.** Das Maß für die Wärmeverluste durch einen Baustoff oder ein Bauteil (z.B. die Verglasung) ist der sogenannte  $U$ -Wert. Je niedriger der  $U$ -Wert einer Verglasung ist, desto besser ihre Wärmedämmung. Ein 4 mm dickes Floatglas hat einen  $U$ -Wert von  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ein Mehrscheiben-Isolierglas in Standardausführung besteht aus zwei 4 mm dicken Floatglasscheiben und einem luftgefüllten, 12 mm breiten Zwischenraum und hat einen  $U$ -Wert von  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Wärmedurchgang durch ein Mehrscheiben-Isolierglas wird von den Vorgängen im Scheibenzwischenraum (Wärmeabstrahlung 60 % durch Überstrahlung, Wärmeleitung und Konvektion) dominiert.



a)



b)

**Bild 6.63** Gussglas a) verschiedene Muster, b) Lichtverteilung

Bei Wärmeschutz-Isoliergläsern werden die Wärmeübergänge durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion verringert bzw. minimiert (Bild 6.64). Die Verringerung des Übergangs durch Wärmestrahlung erfolgt über eine Beschichtung der zum Zwischenraum zeigenden Oberfläche der raumseitigen Scheibe des Isolierglases. Während die unbeschichtete Oberfläche eines Floatglases noch etwa 84 % der sie erreichenden Wärme in Form von Wärmestrahlung in den Scheibenzwischenraum (SZR) abgibt, sind dies bei einer mit einer Wärmeschutzbeschichtung versehenen Oberfläche nur noch 10 % bis 5 % und weniger. Der Übergang durch Wärmeleitung wird über den Tausch von Luft gegen ein Füllgas mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (z.B. Argon) im Scheibenzwischenraum vermindert. Konvektion wird durch die Wahl der richtigen Breite des SZR nahezu unterdrückt. Für Argon-Füllungen sind 16 mm der Standard.

Xenon Füllungen kommen aufgrund des hohen Preises in der Praxis nur selten zur Anwendung.

Standard-Wärmeschutz-Isoliergläser haben einen  $U$ -Wert von 1,3 bis 1,1  $W/m^2K$ . Mit geeigneten Füllgasen und verbesserten Herstellungsmethoden sind auch Werte bis zu 0,7  $W/m^2K$  problemlos erreichbar. Wegen der Zwänge zur Energieeinsparung und Verringerung von Schadstoffemissionen infolge der Beheizung von Gebäuden wurden Wärmeschutz-Isoliergläser zwischenzeitlich zum Standardprodukt im Bereich der Mehrscheiben-Isoliergläser.

**Isolierglas für Schalldämmung.** Schall und Lärm bilden in unserer „lauten Welt“ eine große Belastung. Viele Menschen werden durch Lärm krank. Besonders groß ist der Lärm in belebten Straßen, Flugschneisen, an Autobahnen, in Diskotheken und Maschinenräumen. Eine normale Isolierverglasung reicht nicht aus, solchen Lärm „vor dem Fenster“ zu lassen (s. Abschn. 10.2). Dazu verbindet man Gläser unterschiedlicher Dicken zu einer Isolierglaseinheit oder Mehrscheibensysteme mit besonderen Gasfüllungen. Treffen die Schallwellen auf die Scheiben, geraten diese in Schwingung. Am stärksten schwingt die erste Scheibe. Die restliche Schallenergie trifft auf

weitere Scheiben und Luftzwischenräume und verzehrt sich an diesen Hindernissen. Dicke Scheiben an der Außenseite des Fensters nehmen die ersten Schallwellen auf und hemmen den Schall. Glasflächen unterschiedlicher Dicke verstärken die Wirkung der Schallhemmung (6.65). Zusätzlich wird bei Schallschutzgläsern der Scheibenzwischenraum mit einem schlechtschalleitenden Gas gefüllt. Für besonders hochschalldämmende Isolierglasprodukte verwendet man eine oder sogar beide Scheiben aus einem Gießharz-Verbundglas.

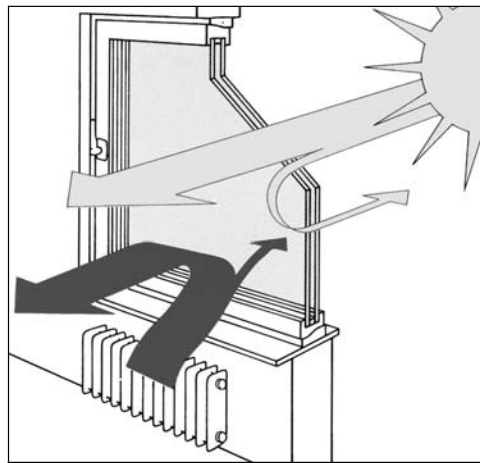


Bild 6.64 Wärmeschutz-Isolierglas

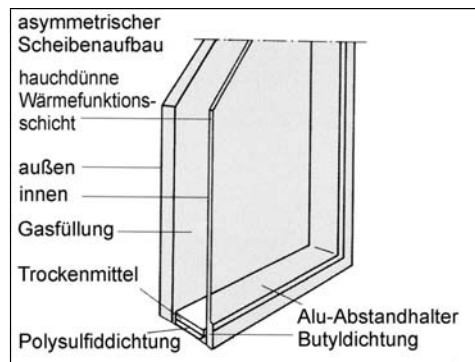


Bild 6.65 Schallschutz-Isolierglas

**Brandschutzgläser** werden als Einfach- oder Isoliergläser eingesetzt. Normale Glasscheiben bersten bei Feuersbruch und öffnen damit

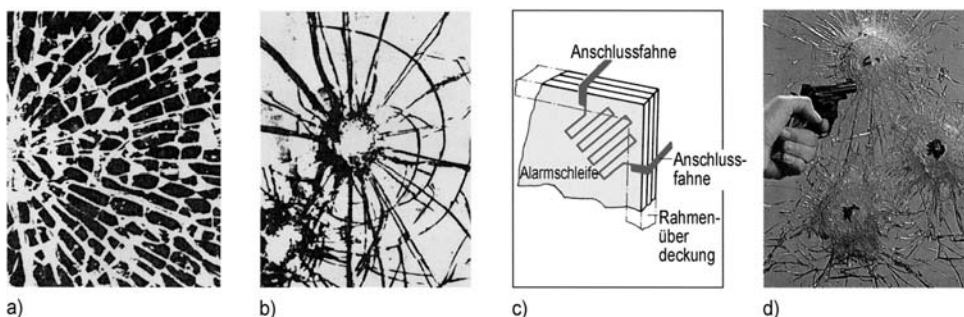
dem Zugwind die Bahn, der das Feuer anfacht. Verbundglasscheiben mit feuerhemmenden Zwischenschichten schäumen dagegen auf und bilden eine isolierende Platte aus Glas und Schaum. Sie verhindern Zugwind und halten lebensrettende Fluchtwege länger offen. Nach DIN unterscheidet man zwischen G-Glas (Schutz vor Feuer und Rauch) und F-Glas (Schutz vor Feuer, Rauch und Strahlungswärme). G-Gläser können im Brandfall Rauch und Flammen für eine bestimmte Zeit aufhalten. Sie sind jedoch nicht imstande, die Strahlungshitze eines Brandes abzuschirmen.

Die Gläser der F-Klasse verhindern nicht nur den Durchtritt von Rauch und Flammen, sondern auch den Durchtritt der Strahlungshitze bis zu 120 Minuten und bieten somit gefährdeten Personen ausreichend Schutz auf Fluchtwegen.

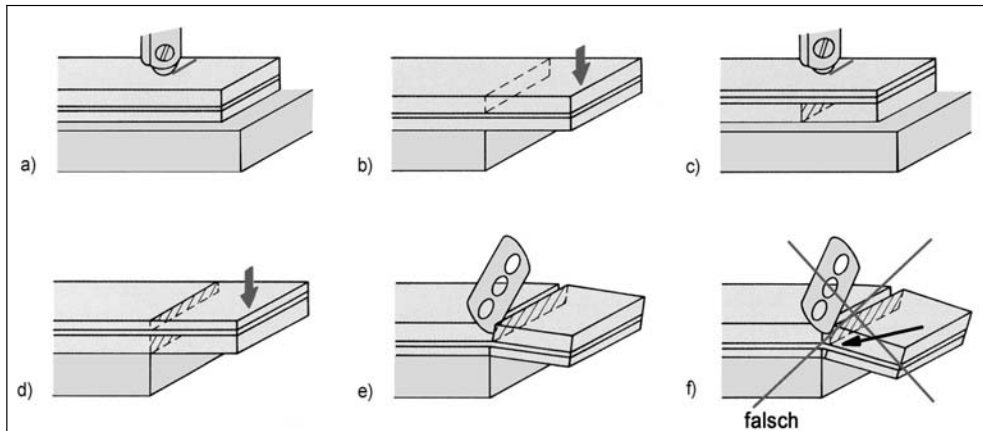
**Einscheibensicherheitsglas (ESG).** Wenn man eine Glasscheibe an der Oberfläche erhitzt und plötzlich stark abkühlt (abschreckt), kühlt das Glasäußere viel schneller als das Glasinnere ab. So entsteht außen eine *Druckspannung*, innen dagegen eine *Zugspannung*. Beim Einscheibensicherheitsglas erzeugt man diese Spannung künstlich. Dadurch wird das Glas elastischer, schlagfester und temperaturbeständiger. Beim Bruch zerfällt es in kleine Glaskrümel ohne scharfe Kanten, so dass die Verletzungsgefahr verringert ist (6.66). ESG verwendet man für Vitrinen, Treppengeländer, Ganzglastüren und -türanlagen, Sporthallenverglasungen und Seitenscheiben von PKW.

Beim **Verbundsicherheitsglas (VSG)** sind zwei oder mehr Scheiben mit durchsichtigen Kunststoff-Folien (z.B. Polyvinylbutyral) verbunden. An diesen zähelastischen Zwischenschichten bleiben die Glassplitter bei Stoß, Schlag usw. haften. So zeigen die einzelnen Glasscheiben lediglich Sprünge, während das gesamte VSG wegen seiner „Splitterbindung“ vor Verletzungen schützt. Der Verbund aus Glas und Folien wird im Autoklaven bei erhöhter Temperatur und hohem Druck erreicht. VSG wird z.B. verwendet in Kfz-Windschutzscheiben, als Einfach- und als Isolierglas in Schaufenstern, bei Überkopfverglasungen und überall dort, wo Menschen in Verglasungen fallen oder gedrückt werden können (Bild 6.67).

**Angriffhemmende Verglasungen** sind eine besondere Variante des VSG. Angriffshemmende Verglasungen (veraltete Bezeichnung: Panzerglas) werden je nach ihrem Einsatzzweck speziell geprüft und in Klassen eingeteilt. Es gibt durchwurf-, durchbruch-, durchschuss- und sprengwirkungshemmende Verglasungen. Ein besonderes Spezialprodukt ist die Kombination der Angriffshemmung mit einer Alarmgebung. Hier werden in der Verglasung enthaltene metallische Leiter z.B. bei einem Einbruch unterbrochen und lösen bei einer angeschlossenen Alarmanlage automatisch einen Alarm aus. Vereinzelt werden bei angriffshemmenden Verglasungen auch Verbünde aus Glasscheiben und durchsichtigen Kunststoffplatten (z.B. aus Polycarbonat) eingesetzt. Angriffshemmende Verglasungen werden als Einfach- und als Isolierglas hergestellt.



**Bild 6.66** Sicherheitsglas  
a) Bruch bei einem Einscheibensicherheitsglas, b) Bruch bei einem Verbundsicherheitsglas, c) Alarmglas, d) Beschuss von angriffshemmender Verglasung

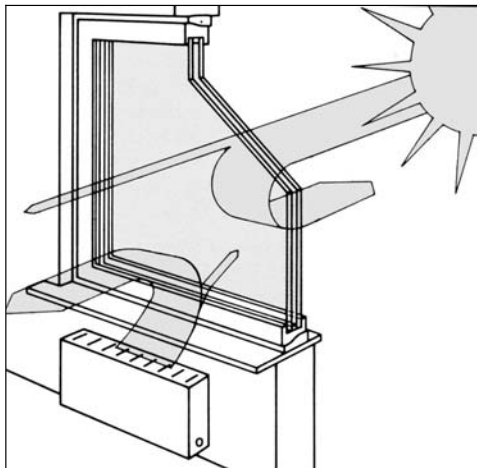


**Bild 6.67** Schneiden von Verbundsicherheitsglas

a) Erste Schnittkerbe auf das dickere Glas; b) erste Schnittkerbe vorsichtig anbrechen, wobei die untere Tafel auf Biegung beansprucht wird; c) Glas wenden und zweite Schnittkerbe genau über der ersten; d) zweite Schnittkerbe vorsichtig anbrechen; e) bei ungleich dicken Scheiben Glas noch einmal wenden und bei möglichst knappem Öffnen der Schnittfuge Rasierklinge zum Durchschneiden der Folie einführen oder trennen mit einem Heißdraht; f) bei zu weitem Auflegen der Schnittfuge zerrt die Folie und trennt sich am Rand vom Glas - Möglichkeit der späteren Folienablösung!

6

**Isolierglas für Sonnenschutz (6.68).** Isolierglas in Standardausführung lässt die Sonneneinstrahlung zu etwa 3/4 auf direktem oder indirektem Wege passieren. Die so in einen Raum gelangte Sonnenenergie kann genutzt werden („passiver solarer Gewinn“), kann aber auch zu einer übermäßigen Aufheizung des Raumes führen.



**Bild 6.68** Sonnenschutz-Isolierglas

In solchen Fällen bietet sich der Einsatz von Sonnenschutz-Isoliergläsern an. Ihre Wirkung beruht auf einer im Vergleich zum Isolierglas in Standardausführung erhöhten Reflexion („Reflexionsglas“) oder Absorption („Absorptionsglas“) der Sonnenstrahlung. Die Wirkung wird durch die Verwendung beschichteter und/oder eingefärbter Gläser erreicht. Sonnenschutzgläser werden zur architektonischen Gestaltung genutzt, weil eine erhöhte Reflexion und Absorption der Sonnenstrahlung auch eine erhöhte Reflexion und Absorption des sichtbaren Lichtes bedeutet. Der Aufbau der meisten Sonnenschutz-Isoliergläser ist so gewählt, dass gleichzeitig auch eine erhöhte Wärmedämmung erreicht wird. Alle Verglasungen gibt es auch als Kombischeiben, welche mehrere Anforderungen gleichzeitig erfüllen

Anforderungen an ein funktionssicheres Sonnenschutz-Isolierglas:

- hohe Lichttransmission ( $L$ )
- niedriger Energiedurchlassgrad ( $g$ )
- sehr gute Wärmedämmung ( $U$ -Wert).

### 6.4.3 Lagerung und Transport

**Gelagert** wird Glas senkrecht auf Holz, Gummi oder Filz – niemals auf Metall oder Stein (Bruchgefahr). Bei Feuchtigkeitseinwirkung auf zusammenstehenden Scheiben lösen sich Glasbestandteile und es bilden sich graue Beläge und rauhe Oberflächen – das Glas wird blind. Solche Scheiben sind unbrauchbar für Verglasungen. Nur trockenes Glas darf deshalb zusammenstehen und muss durch Luftzug ständig vor Feuchtigkeit bewahrt werden. Nasse Scheiben reibt man trocken und verarbeitet sie umgehend. Papier zieht Feuchtigkeit an und eignet sich deshalb nicht für die Glaslagerung.

**Transportiert** wird Glas stehend (hochkant). Distanzhalter wie Schaumstoff, Kork o.a. verhindern, dass Scheiben beim Transport verkratzen. Beim Tragen nimmt man einen Gummilappen, damit die Scheiben nicht abrutschen. Am sichersten transportiert man Glas mit dem Tragegurt oder mit Saughebern. Schutz vor Schnittverletzungen bieten lederne Schutzmanschetten um die Handgelenke (Pulsader, Sehnen!) und eine Lederschürze.

**Schutz vor Wärmeeinstrahlung.** Im Freien gelagerte Glaspakete absorbieren die Sonnenstrahlen wesentlich stärker als Einzelscheiben. Es kommt zu starker, ungleichmäßiger Aufheizung im Glasstapel. Dadurch sind Glasbrüche infolge thermischer Überbeanspruchung und Beschädigungen des Randverbundes möglich. Besonders gefährdet sind beschichtete oder gefärbte Gläser, Ornamentgläser und drahtgebundene Gläser.

**Schutz vor UV-Strahlung.** Ebenso dürfen die im Freien gelagerten Glas-Einheiten nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden, weil der normale Randverbund nicht UV-beständig ist und die Oberfläche des Randverbundes durch UV-Strahlung geschädigt werden kann. Sollten dennoch Scheiben im Freien gelagert werden müssen, so sind diese gegen UV-Strahlung durch Abdecken mit nichttransparenten Folien oder ähnlichem zu schützen.

**Chemische Einflüsse.** Glas-Einheiten sind vor alkalischen Baustoffen wie Zement, Kalk u.a. zu schützen. Intensiv-Anlauger zum Abbeizen alter Farben auf Holzrahmen etc. müssen in nassem Zustand von den Scheibenflächen entfernt werden.

Mechanische Beschädigungen. Bei Arbeiten mit Winkelschleifern, Sandstrahlgeräten, Schweißbrennern etc. müssen die Scheibenoberflächen mit Hilfe von z.B. Gips- oder Kunststoffplatten vor möglichen Oberflächenschäden durch Funkenaufschlag o.a. geschützt werden. Bei Arbeiten in Scheibennähe sind die Oberflächen gegen Kratzer, Spritzer, Dämpfe, Schweißnebel usw. zu schützen. Dies gilt insbesondere auch für Heiasphaltarbeiten an Geschossbden.

Glas senkrecht lagern, nicht auf Stein oder Metall stellen!

Feucht gelagertes Glas wird blind.

Glas hochkant transportieren, Gelenke durch Schutzmanschetten vor Schnittverletzungen schützen.

#### Produktkennzeichnungen

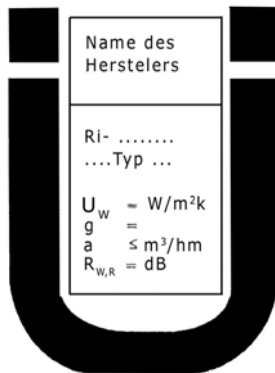
Im Glaserhandwerk finden Konformitäts-, Prüf- und Qualitätszeichen eine zunehmende Verwendung. Man findet sie auf Werkzeugen und Maschinen aber auch auf Produkten die der Glaser und Fensterbauer selbst verarbeitet und herstellt.

Fenster und Türelemente müssen in Bezug auf ihre wesentlichen Anforderungen seit 1996 gemäß den Landesbauordnungen und auf der Grundlage der Bauregelliste des Deutschen Instituts für Bautechnik mit dem **-Zeichen** (*ber-einstimmungszeichen*) gekennzeichnet sein.

Es wird in zwei Nachweistypen unterschieden. Die Zuordnung zu *Typ 1* besagt, dass alle Technischen Daten durch Vergleiche der technischen Merkmale (z.B. Konstruktionen) mit einem Regelwerk (z.B. DIN) festgelegt werden.

Die Zuordnung zu *Typ 2* besagt, dass mindestens ein technisches Merkmal durch die Messung in einem zugelassenen Prüfinstitut/-labor am Bauteil oder Baumuster überprüft worden ist. Das *-Zeichen* ist auf dem Bauprodukt, der Verpackung oder auf dem Lieferschein kenntlich zu machen.

Für alle Produkte, die auf den europäischen Markt kommen, und für die technischen EG-Produkt-Richtlinien nach § 100a EWGV existieren (z.B. EG- Richtlinien für Bauprodukte), besteht seit dem 1.1.1996 eine Kennzeichnungspflicht. Bauprodukte, die in den europäischen Mitgliedsstaaten in den Verkehr gebracht werden, müssen mit dem C- Zeichen gekennzeichnet sein (6.70).



$U_w$  = Wärmedurchgangskoeffizient  $k_F$  des Fensterelementes (Rahmen und Verglasung) in  $W/m^2k$

$g$  = Gesamtdurchlassgrad der Verglasung

$a$  = Fugendurchlasskoeffizient in  $m^3/hm$

$R_{w,R}$  = Schalldämmwert in dB

**Bild 6.69** Ü-Zeichen



**Bild 6.70** CE-Zeichen: Communautés Européennes (Europäische Gemeinschaften)

Die CE-Kennzeichnung belegt die Einhaltung von Mindestanforderungen der Produkte bezüglich der

- mechanischen Festigkeit
- Brandschutz
- Schallschutz
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Nutzungssicherheit
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

## 7 Holzverbindungen

Bereits beim Entwerfen eines Werkstücks stellt sich die Frage nach den konstruktiven Verbindungen der Teile und den erforderlichen Verbindungsmitteln. Wonach richtet sich die Auswahl? Welche Holzverbindungen und Verbindungsmittel kennen Sie?

Holzverbindungen sind nötig, um Einzelteile zu einem formschönen und funktionsgerechten Werkstück zusammenzubauen.

Die Geschichte des Möbels ist eng verbunden mit der Entwicklung von Verbindungstechniken und neuen Verbindungsmitteln, wie wir in

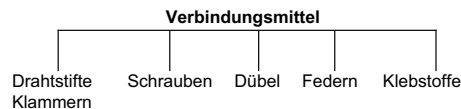
Abschn. 8 sehen werden. Neben gestalterischer Absicht und Beanspruchung bestimmen die besonderen Eigenschaften des Holzes seit jeher die konstruktiven Verbindungen. Man unterscheidet unverleimte und verleimte Holzverbindungen.

**Unverleimte Verbindungen** verwendet man, wenn wirtschaftliche Gesichtspunkte im Vordergrund stehen und Werkstücke zerlegbar oder Einzelteile auswechselbar sein sollen.

**Verleimte Verbindungen** sind unumgänglich, wenn besondere Ansprüche an Festigkeit, Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit gestellt werden.

### 7.1 Verbindungsmittel

Verbindungsmittel sind alle Arten von Fixierungs- und Verleimhilfen: Drahtstifte (Nägel), Klammern und Schrauben ebenso wie Dübel, Federn und Klebstoffe. (Leime und Klebstoffe s. Abschn. 6.3.)



#### 7.1.1 Drahtstifte und Klammern

##### **Arbeitsauftrag Nr. 45 Lernfeld LF 4,5**

- Ihr Meister benötigt einen Vorzeigericht für die Fachdokumentation in Ihrem Berichtsheft. Hierzu sollen Sie einen Bericht über Drahtstifte und Klammern erstellen.  
Arbeiten Sie mit vielen Skizzen und wenig Text. Nutzen Sie das folgende Kapitel.

Die Nagelung ist eine der ältesten Verbindungen. Am Anfang standen Holznägel, später fertigte man Nägel aus Kupfer und Eisen. Heute treffen wir genagelte Verbindungen vor allem im Holzbau, bei Montagearbeiten und in der Verpackungsindustrie (z.B. Kisten) an.

**Draht-Stifte (Nägel)** fertigt man meist aus ungehärtetem Kohlenstoffstahl. Sie bestehen aus Kopf, Schaft und Spitze. Entsprechend unterscheiden wir sie nach ihrer Länge, Schaftdicke und Kopfform. Die Kopfform ist genormt und richtet sich nach dem Verwendungszweck. Die

Länge misst stets von Kopfoberkante bis Nagelspitze (7.1).

Schlagen Sie einen 30 mm langen Nagel und drehen Sie eine gleich lange dicke Holzschraube jeweils fast ganz in ein Längsholz. Versuchen Sie dann beide mit der Kneifzange herauszuziehen. Was stellen Sie fest? Wie sieht das Werkstück nach Ihrer „Bearbeitung“ aus?

Die Abmessungen werden einheitlich angegeben. Der Angabe der Schaftdicke in Zehntelmillimetern folgt die Schaftlänge in Millimetern. Die Oberfläche kann blank (bk), verzinkt (zn), blau gegläht (bl g) oder metallisiert (me) sein.

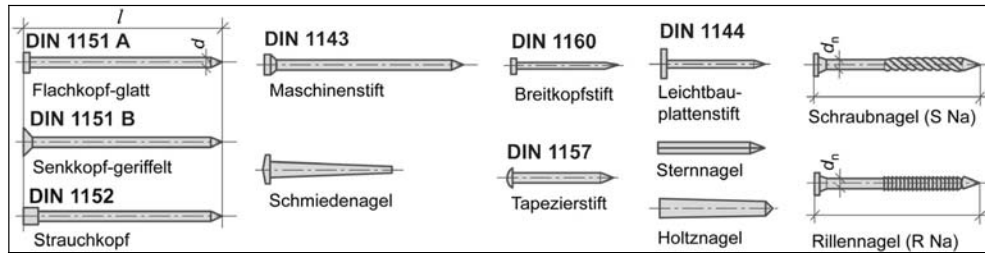
**Beispiel** 20 × 40 DIN 1151 A – bk

— Oberflächenbehandlung (blank)  
DIN-Nr. Form A (glatter Flachkopf)

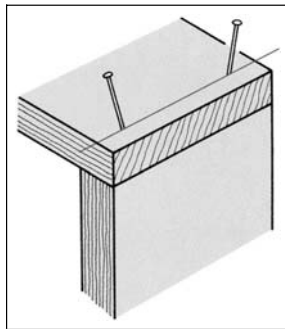
— Schaftlänge in mm (40 mm)

— Schaftdicke in  $\frac{1}{10}$  mm (2 mm)

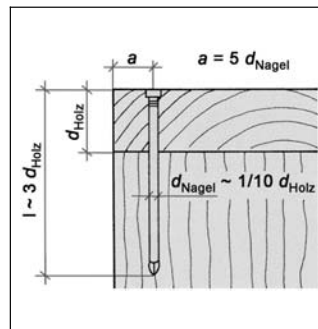
**Arten und Lieferformen.** Die in Holzverarbeitenden Betrieben verwendeten Drahtstifte zeigt Bild 7.1. Im Handel werden sie nach Gewicht verkauft. Die Pakete enthalten auf farbigen Aufklebern oder gestempelt DIN-Nr., Gewicht, Abmessungen und Angaben zur Oberflächenbehandlung.



**Bild 7.1** Genormte Drahtstifte und Sondernägel



**Bild 7.2** Drahtstifte schwalbenschwanzförmig ansetzen



**Bild 7.3** Festlegen der Nagelgröße und -anordnung



**Bild 7.4** Druckluftnagler mit Rundmagazin

7

**Die Festigkeit** einer Nagelverbindung hängt ab

- von Dicke, Länge, Oberflächenbeschaffenheit des Nagels,
- von der Holzart (Hart- oder Weichholz),
- vom Faserverlauf des Holzes (Längs- oder Hirnholz),
- von der Holzfeuchtigkeit

Quer zur Faser ist der Auszugswiderstand eines Stiftes erheblich größer als längs zur Faser. Besonders im Hirnholz halten schräg (schwalbenschwanzartig) angesetzte Stifte besser als gerade eingeschlagene (7.2), dürfen

aber trotzdem nach DIN 1052 nicht für tragende Verbindungen verwendet werden. Eine genagelte Verbindung hat zusätzliche Haltekraft, wenn die Stifte etwas länger sind und auf der Rückseite umgeschlagen werden. Hartes und trockenes Holz lässt sich mit Stiften fester verbinden als weiches und feuchtes Holz. Damit das Holz nicht spaltet, setzen wir die Nägel mit Abstand vom Brettende an. Die Haltekraft bzw. der Auszugswiderstand eines Drahtstiftes lassen sich auch durch eine hohe Reibung zwischen Stift und Werkstoff verbessern. Dies erreichen wir durch Drahtstifte mit profilierter Oberfläche (7.1).

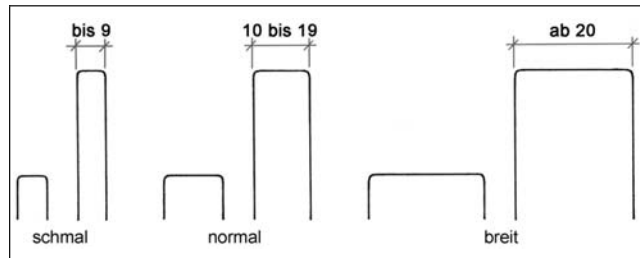


Der Nageldurchmesser richtet sich nach Dicke und Festigkeit des Holzes und soll nicht mehr als 1/10 der Brettstärke betragen (7.3). Die Nagellänge soll ca. das 3-fache der Dicke des zu befestigenden Bretts betragen.

Um die Spaltgefahr des Holzes zu vermindern, kann man die Nagelspitze leicht stauchen.

Dadurch verringert sich jedoch die Haltekraft des Nagels im Holz.

**Einschlagen und Ausziehen.** Stifte werden mit dem Hammer oder dem Magazinnagler eingeschlagen. Die rationell arbeitenden Magazinnagler haben Nagelstreifen oder Rundmagazine und werden meistens mit Druckluft aber auch elektrisch betätigt (7.4).



**Bild 7.5a** Klammerarten (Schmal-, Normal- und Breitrückenklammern)



**Bild 7.5b** Elektroklammernagler (Tacker)

7

Beim Ausziehen der Stifte aus Massivholz mit der Kneifzange müssen Sie darauf achten, dass keine Druckstellen auf der Holzoberfläche entstehen. Gut ist es, ein Stückchen Holz unterzulegen. Die Kneifzange darf nicht als Schlagwerkzeug benutzt werden! Die keilförmigen Schneiden des Zangenmauls können mit der Feile angeschärft werden. Die Kombinationszange hat gezahnte Greifbacken zum Festhalten von Metallteilen wie Draht oder Blech. Mit den Zusatzschneiden lassen sich Nägel, Schrauben und Drähte abwickeln.

**Klammern** verdrängen heute vielfach die Stifte. Die zweischäftigen Verbindungsmittel werden aus Stahldraht gefertigt. Je nach Einsatz gibt es schmale, normale und breite Klammern in unterschiedlichen Längen (7.5a). Für konstruktive Holzverbindungen verwendet

man meistens schmale und normale lange Klammern, für Verbindungen mit weichen Materialien (Stoff, Leder) breite kurze Klammern. Klammern eignen sich nicht für eine Ausführung im Sichtbereich. Verarbeitet werden sie in großer Schnelligkeit durch Druckluft- oder Elektronagler (Tacker) mit Speichermagazin (7.5b). Mit Klammern befestigt man Möbelerückwände, Verkleidungen auf Unterkonstruktionen und Polsterstoffe auf Holzgestellen.

Drahtstifte oder Klammern sind nicht ohne Beschädigung oder Zerstörung des Werkstücks zu lösen und gelten deshalb als unlösbare Verbindungen.

Zugbeanspruchte Teile dürfen nicht durch Nägel verbunden werden (DIN 1052).

## 7.1.2 Holzschrauben

### Arbeitsauftrag Nr. 46 Lernfeld 2,4,12

- Sie sollen sich einen Überblick über Holzschrauben verschaffen und präsentieren können. Nutzen Sie zur Lösung dieser Aufgabe die „1,2,3- Manager- Teamwriting- Methode“. Bilden Sie Gruppen mit vier, sechs oder acht Teilnehmern. Jeder Teilnehmer entwirft folgendes Formblatt:










Holzschrauben Skizze	Benennung u. Normung	Möglicher Verwendungszweck

Empfohlene Blattgröße DIN A3 hochkant. Verwenden Sie die Abbildungen 7.6 und 7.11 sowie den Text 7.1.2 zur Lösung.

Jeder Teilnehmer wählt jeweils eine Holzschraube, Benennung und Normung oder möglichen Verwendungszweck und vervollständigt das Formblatt.

Nach kurzer Bearbeitungszeit (empfohlen 3-5 Min) wird das jeweilige Formblatt weitergereicht und von dem nächsten Teilnehmer in entsprechender Zeitspanne weiter bearbeitet.

- Der Ablauf wiederholt sich bis zu Vollständigkeit des Formblattes. Nun kann die Repräsentation erfolgen.

Bezeichnung	Darstellung
<b>Senkholzschraube</b> (Flachkopfschraube) DIN 97	
<b>Halbrundholzschraube</b> (Rundkopfschraube) DIN 96	
<b>Linsensenkholzschraube</b> (Linsenkopfschraube) DIN 95	
<b>Schlüsselschraube</b> DIN 571	
<b>Kreuzschlitzschraube</b> DIN 7996	
<b>Inbusschraube</b> DIN 912	
<b>Sitschraube</b>	
<b>Spanplattenschrauben</b> (SPAX)	
<b>Nagelschraube</b>	

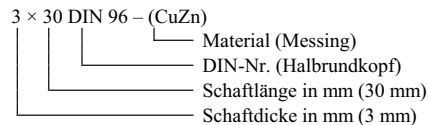
**Bild 7.6** Schraubenarten und Kopfformen

Soll eine Verbindung hoch belastbar und wieder lösbar sein, wählt man Schrauben als Verbindungsmittel. Schrauben bestehen aus dem Schaft mit Gewindeteil und dem Kopf. Nach Kopfform und Verwendungszweck unterscheiden wir die im Bild 7.6, gezeigten Arten. Sie sind genormt. Holzschrauben können aus Stahl (St), Messing (CuZn) oder Aluminium (Al) hergestellt sein. Die Oberfläche kann blank (bk), metallisiert (me) oder verzinkt (zn)

sein. Verkauft werden sie in Paketen zu je 200 Stück. Die farbigen Aufkleber auf den Paketen geben Stückzahl, Schaftdicke und -länge, DIN- Nr. und Kopfform an.

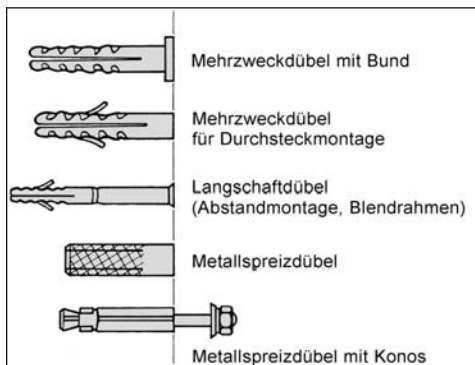
**Vorböhrn.** Vor dem Eindrehen kleiner Schrauben stechen wir mit dem Spitzbohrer vor. Bei dickeren Schrauben bohrt man mit dem Bohrer  $d \approx$  Schaftdurchmesser der Schraube) etwa ein Drittel Tiefe vor. Bei sehr langen Schrauben in Hartholz ist es ratsam, noch tiefer vorzubohren – allerdings mit einem Bohrungsdurchmesser  $\approx$  Schraubenkern-Durchmesser, so dass sich das Schraubengewinde noch ein Gegenprofil in Holz schneiden kann. Die Bohrungen für Linsensenk- und Senkkopfschrauben müssen mit einem Aufreiber (Krauskopf) trichterförmig erweitert werden, damit der Schraubenkopf später bündig liegt. Messingschrauben drehen sich leichter ein, wenn man etwas Seife zugibt.

#### Beispiel



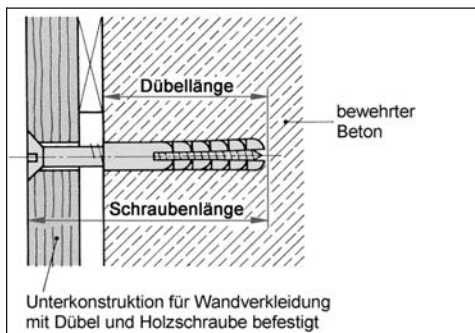
**Baudübel** (Mauerdübel) braucht der Tischler zur sicheren Verankerung von Unterkonstruktionen für Decken und Wandverkleidungen oder von Tür- und Fensterelementen im Baustoff (Beton, Mauerwerk, Gips). Sie bestehen aus Kunststoff oder Metall. Für die Auswahl des Dübels sind die zu erwartende Belastung, die Schraubendicke und die Gewindelänge der Holzschraube maßgebend (7.8). Je nach Un-

tergrund bohrt man mit der Bohrmaschine oder Schlagbohrmaschine und Hartmetallbohrer den Außendurchmesser des Dübels vor. Die Bohrtiefe richtet sich nach der Dübellänge. Nach dem Vorbohren setzen Sie den Dübel flächenbündig in das Bohrloch (7.9). Beim Eindrehen der Holzschraube spreizt der eingeschnittene Dübel auf, presst sich gegen die Bohrlochwandung, und stellt so eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Bohrlochwand und Schraubengewinde her („Presssitz“). Auf diese Art können Sie auch andere Teile in mineralischem Baumaterial verankern (z.B. Haken und Schlaufen).



**Bild 7.8** Baudübel

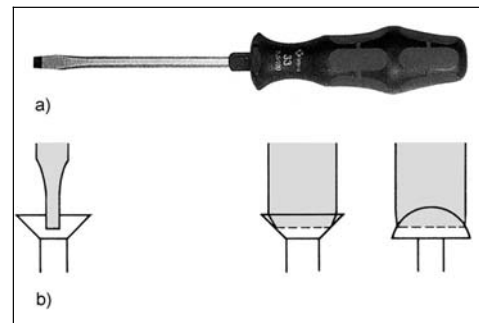
**Eindrehen.** Beim Eindrehen schneidet sich das Gewindeprofil der Holzschraube keilförmig ins Holz. Im Holz entsteht so ein Gewindeprofil, das die Haftreibung und damit den Auszugswiderstand der Schraube erhöht.



**Bild 7.9** Baudübel bei Unterkonstruktion

Wenn Sie Holzschrauben einschlagen zerreißt ihr Gewinde die Fasern. Die abgeknickten Fasern bieten keine Festigkeit. Folge: Eingeschlagene Holzschrauben halten noch weniger als Nägel!

Holzschrauben dreht man mit dem Schraubendreher oder dem Drillschrauber von Hand ein. Die Schraubendreherklinge muss in Größe (Breite und Dicke) und Form (Schlitz oder Kreuzschlitz) auf den Schraubenkopf abgestimmt sein, um ihn nicht zu beschädigen (7.10). Von Zeit zu Zeit kann sie nachgeschliffen werden. Wichtig ist die handgerechte Form des Griffs. Zum maschinellen Eindrehen gibt es verschiedene Einsatzklingen für Elektroschrauber mit eingebauter Rutschkupplung, Druckluftschrauber oder Magazinschrauber.



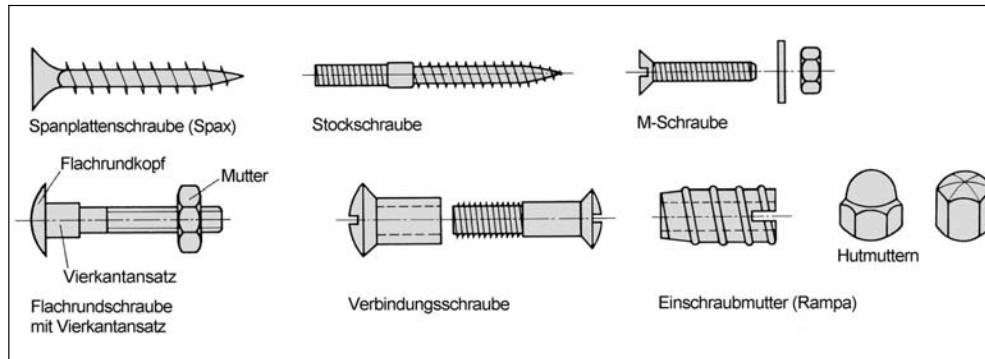
**Bild 7.10** Schraubendreher  
a) handgerechte Form,  
b) passend zum Schraubenschlitz

Eingeschlagene Holzschrauben ergeben keine haltbare Verbindung!

**Sonderformen** von Holzschrauben zeigt Bild 7.11.

**Spanplattenschrauben** (Spax) haben einen Senkkopf mit Schlitz- oder Kreuzschlitz. Das scharfkantige Gewinde verläuft meist von der Zentrierspitze bis zum Schraubenkopf. Die Schrauben lassen sich relativ leicht eindrehen und haben in Spanplatten und Holz durch die große Gewindefläche eine gute Haltekraft.

**Stockschrauben** haben ein Holz- und ein metrisches Gewinde (M5, M6, M8). Der vordere Teil wird in Holz oder einen Mauerdübel gedreht, auf den hinteren Teil kann man beispielsweise eine Platte mit einer Mutter befestigen.



**Bild 7.11** Sonderformen von Schrauben und Muttern

**M-Schrauben** (Maschinenschrauben) haben Senk-, Linsen oder Halbrundkopf und ein genormtes metrisches Gewinde.

**Holzschrauben** mit Vierkant- oder Sechskantkopf (DIN 570, 571) zieht man mit dem Schraubenschlüssel an, der durch die Hebelwirkung große Kraftübertragung ermöglicht. Verwendung finden sie hauptsächlich im konstruktiven Holzbau. Unterlegscheiben verhindern das Einziehen des Schraubenkopfes in das Holz.

**Schrauben** mit Innensechskant benutzen wir für vorgebohrte sichtbare Gestellverbindungen.

**Die Sechskantschraube** mit Unterlegscheibe kann man auf beiden Seiten mit dem Schraubenschlüssel anziehen. Sie wird ins Fundament einbetoniert (Kopfseite) und z.B. zum Festschrauben von Holzbearbeitungsmaschinen eingesetzt.

**Flachrundschauben (Schlossschrauben) und Senkschrauben mit Vierkantansatz** unterscheiden sich durch die Kopfform. Man verwendet sie bei einbruchsicheren Verbindungen von Metall-Holz und Holz-Holz. Beim Anziehen der Vier- oder Sechskantmutter auf einer Unterlegscheibe wird der Kopf ins Holz gezogen; der Vierkantansatz verhindert ein Mitdrehen.

**Nagelschrauben** lassen sich mit dem Hammer einschlagen, ohne dass die Holzfaser dabei zerstört wird. Lösen kann man sie mit einem Schraubendreher.

**Rückwandschrauben** haben einen breiteren Kopf. Dadurch vergrößert sich die Andruckfläche auf den Werkstoff.

**Mutterarten.** Neben Vier- und Sechskantmuttern, die mit dem Schraubenschlüssel festgezogen werden, gibt es *Flügelmuttern*, die man von Hand anzieht. Wir verwenden sie für einfache Tischgestelle. *Linsensenk-Hülsmuttern* haben einen Schlitzkopf und einen Schaft mit metrischem Innengewinde. Beim Verbinden zweier Schränke greift eine Linsensenk-Gewindeschraube mit dem Schlitzkopf ins Innengewinde und stellt so eine lösbare Verbindung her. Die Gewindelänge muss genau auf die Dicke beider Schrankseiten abgestimmt sein. *Einschraub- oder Einleimmuttern* (Rampamuffen) haben außen ein Holzgewinde und innen ein metrisches Gewinde. Sie werden mit einem breiten Schraubendreher in vorgebohrte Löcher eingedreht oder zusätzlich geleimt. An dem metrischen Innengewinde lassen sich später M-Schrauben eindrehen. *Hutmuttern* gibt es in hoher und flacher Form. Sie haben ein Lochgewinde und schützen das Schraubende vor Beschädigungen.

Verbindungen mit Holzschrauben sind lösbar. Sie haben eine größere Haltekraft im Holz als Drahtstifte. Für häufig zu lösende Verbindungen wählt man Kreuzschlitzschrauben.

### 7.1.3 Dübel und Federn

#### Arbeitsauftrag Nr. 47 Lernfeld LF 2,4,12

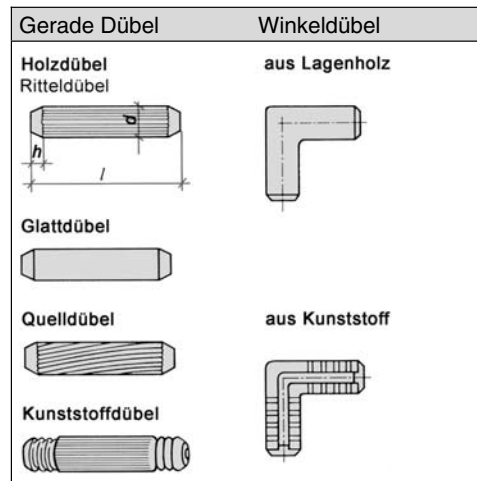
- Ihr Meister benötigt einen Vorzeigebericht für die Fachdokumentation in Ihrem Berichtsheft. Hierzu sollen Sie einen Bericht über Dübel und Federn anfertigen. Arbeiten sie mit Skizzen und wenig Text. Nutzen Sie das folgende Kapitel.
- Die folgenden Fragen sind ein Auszug möglicher Prüfungsfragen über Verbindungsmittel. Bitte beantworten Sie die Fragen und vervollständigen Sie Ihre Lernkartei.
  1. In welchen Fällen ist eine unverleimte Verbindung der verleimten vorzuziehen?
  2. Welche Verbindungsmittel kennen Sie?
  3. Was bedeutet die Angabe  $15 \times 30$  DIN 1152 - bk auf einer Verpackung?
  4. Wie misst sich die Länge eines Drahtstifts?
  5. Wovon hängt die Festigkeit einer Nagelverbindung ab?
  6. Wie können Sie die Haltekraft einer Nagelung im Hirnholz verbessern?
  7. Wie vermeiden Sie beim Herausziehen von Nägeln mit der Kneifzange Druckstellen in der Holzoberfläche?
  8. Erläutern Sie die Bezeichnung einer Holzschraube  $2,0 \times 25$  DIN 7996-St.
  9. Nennen Sie Arten und Sonderformen von Holzschrauben.
  10. Wozu verwenden Sie Kreuzschlitzschrauber?
  11. Nach welchen Gesichtspunkten wählen Sie die Schraubendreherklinge aus?
  12. Welche Mutterarten benutzt der Tischler?
  13. Welche Dübel setzt man für Gehrungs-, welche für stumpfe Korpus-Eckverbindungen ein?
  14. Nennen Sie die Vorteile von Dübelverbindungen gegenüber Federverbindungen bei Spanplatten.

7

Diese Verbindungselemente aus Holz, Holzwerkstoff oder Kunststoff verbinden Bauteile unlösbar oder lösbar miteinander. Sie dienen als Fixierungshilfen beim Zusammenfügen und Spannen, zum Übertragen und Ableiten von Kräften sowie zum Vergrößern der Leimfläche bei verleimten Verbindungen. Die Verbindung ist rationell herzustellen, sehr haltbar und in der Regel von außen nicht sichtbar.

**Dübel** gibt es in Hartholz (Buche) als Stangenware oder als Fertigdübel schon auf bestimmte Maße abgelängt, geriffelt und gefast. Die Riffelung der Dübel vergrößert die Leimfläche und verhindert außerdem, dass beim Einschlagen der Dübel der Leim abgestreift wird. Kunststoffdübel aus Polystyrol und Polyäthylen sind ebenfalls geriffelt, gefast und in bestimmten Längen für verleimte und unverleimte Verbindungen lieferbar (7.12).

**Dübelabmessung:** Die Wahl der richtigen Dübelgröße und die exakte Ausführung der Bohrungen sind für die Haltbarkeit der Verbindung von besonderer Bedeutung.



**Bild 7.12** Dübelarten. Gerade Dübel und Winkeldübel aus Holz und Kunststoff


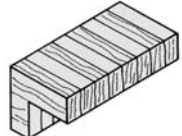

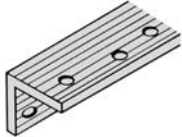


**Dübeldurchmesser:**  $1/3$  bis  $2/3$  der Holzdicke

**Dübellänge:** 2fache Holzdicke


Die Bohrungstiefe soll 2 bis 3 mm größer sein als die Dübellänge.

Bei stumpfen Korpus-Eckverbindungen setzt man gerade Dübel, bei Gehrungseckverbindungen Eck oder Winkeldübel ein. Sie bestehen aus Sperrholz oder Kunststoff.

**Federn** sind flächige Verbindungsmittel aus Furniersperrholz, Holzfaserplatten, Vollholz oder Kunststoff. Sie sind meistens eingeleimt, können aber auch lose in die Nuten eingesetzt werden (Brettverkleidung, Paneele).

Gerade Feder	Winkelfeder
 Längsholzfeder	 Sperrholzwinkelfeder
 Querholzfeder	 Kunststoffwinkelfeder
 Sperrholzfeder	
 Kunststofffeder	

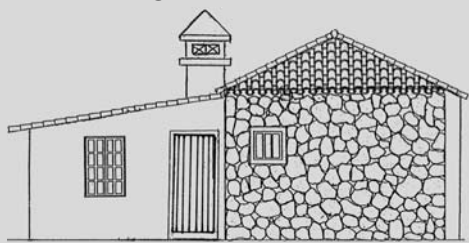
**Bild 7.13** Federarten. Längsholzfeder, Querholzfeder, Sperrholzfeder

Bezeichnung	Abmessung	Nuttiefe
Nr. 0	45/15/4	8mm
Nr. 10	55/19/4	10mm
Nr. 20	63/24/4	12,5mm
		Kunststoffformfeder

**Bild 7.14** Formfedern aus Holz und Kunststoff  
Federn gibt es aus Vollholz als gerade Hirnholz- oder Längsholzfeder. Häufig kommen auch die gerade Sperrholzfeder und die schichtverleimte Winkelfeder für Gehrungs-Eckverbindungen vor (7.13). Sie halten die Fuge beim Spannen besser zusammen als eine Dübelverbindung, schwächen allerdings Werkstücke durch die durchgehende Nut. Abhilfe bietet hier die Formfeder, die nicht durchgenutet werden muss. Das Einsatznuten, das mit Handmaschinen auch auf der Baustelle geschehen kann, schwächt das Werkstück nicht und fixiert die Möbelteile dennoch sicher (7.14). Für sehr dünne Korpus- oder Gehäuse Teile aus Vollholz oder Plattenwerkstoffen eignen sich geriffelte Kunststoff-Federn, die nur 2 mm dick sind.

## 7.2 Breitenverbindungen

**Arbeitsauftrag Nr. 48 Lernfeld LF 2,4,12**



Ansicht: Süden

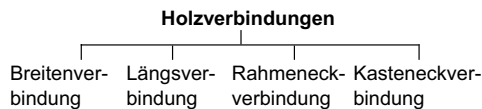
- Die Eingangstür an der Südseite des Hauses von Herrn/Frau Mustermann hat im Laufe der Jahre Schaden genommen. Die Brettverkleidung muss erneuert werden.

Bereiten Sie sich auf das Kundengespräch mit dem Kunden/der Kundin vor, indem Sie mehrere Möglichkeiten unverleimter Breitenverbindungen zeichnen/skizzieren.

Benennen Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile.

- Nach Abschluss Ihrer Ausarbeitungen führen Sie bitte ein Beratungsgespräch mit einem Mitschüler vor der Klasse.

Nach der Konstruktion unterscheiden wir folgende verleimte und unverleimte Verbindungen.



Sollen großformatige Flächen aus Vollholz hergestellt werden, muss man i.R. mehrere Bretter in der Breite zusammenfügen, wobei die besonderen Eigenschaften des Holzes zu beachten sind. Man unterscheidet verleimte und unverleimte Breitenverbindungen.

7

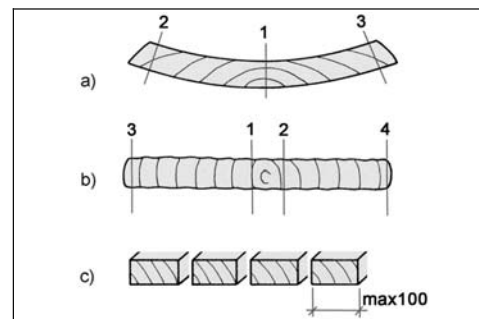
### 7.2.1 Unverleimte Breitenverbindungen

Bei sehr breiten Holzflächen, die Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt sind, wählt man unverleimte Breitenverbindungen.

Unverleimte Verbindungen aus Brettern erfordern in der Regel eine Unterkonstruktion. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass die Bretter schmal zugeschnitten werden (ca. 100 mm) und zumindest in einer Richtung ungehindert „arbeiten“ können. Beim Quellen und Schwinden dürfen sich keine störenden Fugen bilden.

**Holzauswahl.** Die verwendeten Bretter bestehen aus Seiten-, Mittel- und Herzbrettern. Ihre Holzfeuchte soll den klimatischen Verhältnissen angepasst sein, damit die Bretter später nicht zu viel quellen oder schwinden. Die Markzone neigt zum Reißen und wird deshalb herausgeschnitten (7.15). Seiten-, Mittel- und Kernbretter verarbeitet man getrennt, da ihr Holzbild und Formverhalten unterschiedlich ist. Bei Verwendung im Innenraum bildet die rechte Brettseite die Ansichtsfläche, weil ihre Textur (besonders bei Nadelhölzern) schöner ist. Im Außenbereich oder bei Fußbodendielen

ist dagegen die linke Seite Ansichtsfläche, weil hier die harten Jahresringe nach innen laufen und die weichen Jahresringe überdecken. So verhindern wir, dass sich die harten Jahresringe von den weichen ablösen. Dass die linke Brettseite dabei hohl wird („Schüsseln“), muss man in Kauf nehmen.



**Bild 7.15** Vorarbeiten

- Seitenbretter auftrennen, besäumen,
- Kernbretter Markzone ausschneiden, besäumen,
- schmalere Brettzuschnitt

Markzone heraus schneiden, schmale Zuschnittbreite, Bretter gleicher Stammlage zusammen verarbeiten (z.B. Seitenbretter mit Seitenbrettern).

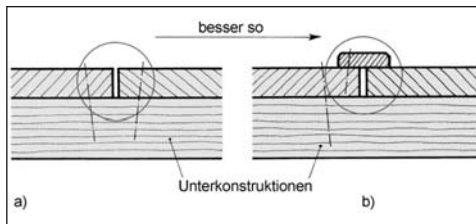
Im Innenbereich: rechte Seite ist Ansichtsfläche.

Im Außenbereich und bei Fußböden: linke Brettseite ist Ansichtsfläche.

Die unverleimte Breitenverbindung ist möglich durch stumpfe, überfällzte, gespundete und gefederte Fuge sowie durch überschobene Schalung.

**Die stumpfe Fuge** ist die einfachste Art eine Holzfläche zu verbreitern. Die Bretter werden ausgehobelt und nebeneinander mit Nägeln oder Schrauben auf der Unterkonstruktion (Rahmen oder Lattung) befestigt. Um die beim

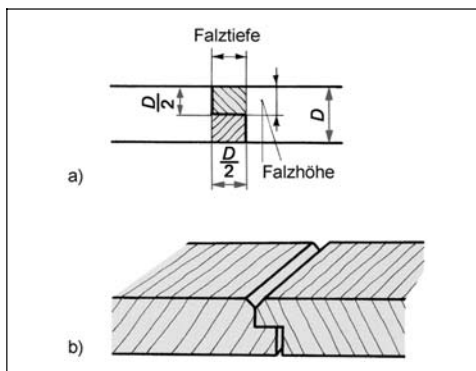
Trocknen auftretenden Schwindfugen zu verdecken, nagelt man einseitig eine Deckleiste auf (7.16). Die Verbindung mit stumpfer Fuge wird heute nur noch für untergeordnete Zwecke eingesetzt: bei Kellertüren, Kisten und Verschlägen.



**Bild 7.16** Stumpfe Fuge  
a) offen  
b) mit Deckleiste

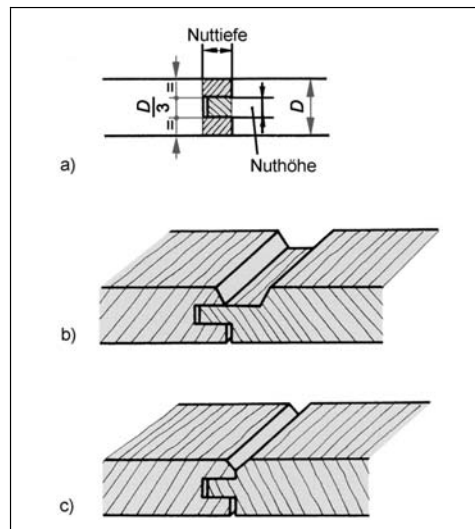
**Bei der überfälzten Fuge** können die Bretter schwinden, ohne dass eine durchgehende Fuge entsteht. Meist werden die Bretter an der Vierseiten-Hobelmaschine mit zwei einander ergänzenden Falzprofilen versehen (7.17a). Nachteilig sind der große Holzverlust durch das Fräsen und der bei Schwund entstehende Fuge. Um die Stoßfuge in der Sichtfläche hervorzuheben, können die Kanten angefasst oder mit einer Hohlkehle versehen werden (7.17b). Beides wirkt dekorativ und gliedert die Fläche; Schwindfugen werden weniger wahrgenommen.

*Anwendung:* einfache Verschalung. Decken und Wandverkleidungen.



**Bild 7.17** Überfälzte Fuge  
a) Schema, b) mit angefassten Kanten

**Die gespundete Fuge** besteht aus Nut und angeschnittener Feder. Beim Zusammenschieben der Verbindung sollte zwischen Feder und Nutgrund noch etwas Luft (Spiel) bleiben. Die Nut wird also etwas tiefer ausgearbeitet, als die Feder tief ist, damit die Stoßfuge auf der Sichtfläche dicht ist (7.18a). Bei Fußbodendielen liegt die Nut etwas aus der Mitte nach unten versetzt, damit die Abnutzungsschicht der Lauffläche dicker wird. Auch bei dieser Fuge geht zwar viel Holz in der Breite verloren, doch ist sie durch die Führung stabiler und verformt sich weniger als die Falzverbindung. Häufig wählt man die gespundete Fuge bei Wand- und Deckenverkleidungen, weil sich die Schwindfuge auf der Sichtfläche durch eine breitere Feder oder ein Faseprofil an den Kanten verdecken lässt – wenn man sie nicht bewusst betonen will (7.18b und c). Eine verdeckte Befestigung der Riemen auf der Unterkonstruktion ist möglich, wenn man in der Nutwanne verdeckt nagelt oder klammert.

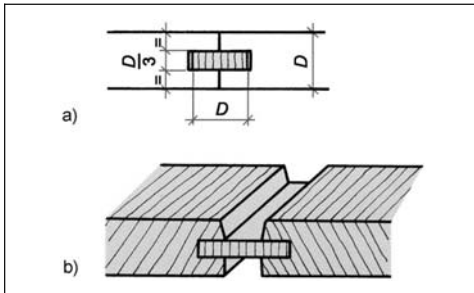


**Bild 7.18** Gespundete Fuge  
a) Schema, b) mit breiterer Feder, c) mit Faseprofil

**Bei der gefederten Fuge** geht wenig Holz verloren. Die Riemen werden auf beiden Längskanten genutet und durch eine eingeschobene Feder aus Furniersperrholz oder Vollholz verbunden (7.19a). Bei Vollholzfuge



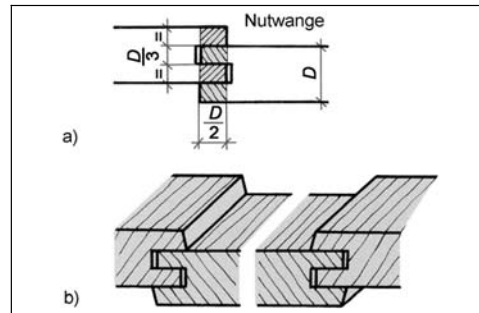
dern müssen die Fasern quer verlaufen. Die Federn sollten etwas schmaler als die Summe der beiden Nuttiefen sein, damit die Fuge an der Sichtfläche dicht ist. Die Fuge kann aber auch profiliert, also betont werden (7.19b). Der Tischler wählt diese Verbindung bei Wand- und Deckenverkleidungen sowie bei Tür-Aufdoppelungen. Der Parkettleger verbindet Riemen und Stäbe mit einer außermittig sitzenden Feder.



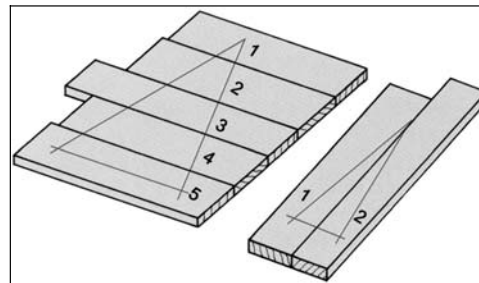
**Bild 7.19** Gefederte Fuge  
a) Schema, b) mit Faseprofil

Mit der **überschobenen Schalung** ergibt sich bei Haustüren und Verkleidungen eine besonders plastische Wirkung. Die Riemen werden an den Längskanten so genutet, dass die Nutwangen jeweils in die Riemennut passen (7.20a). Um sie leichter zusammenfügen zu können, fast man die Kanten an (7.20b).

Das **Zeichnen** der Hölzer vor der weiteren Bearbeitung verdeutlicht dem Facharbeiter Konstruktion und Zusammenbau. Die Kennzeichnung der Tiefe erleichtert die maschinelle Bearbeitung, verhindert Stillstandszeiten und Verwechslungen bei mehreren gleichen Teilen (7.21).



**Bild 7.20** Überschobene Schalung  
a) Schema, b) mit Faseprofil



**Bild 7.21** Gezeichnete Hölzer

Unverleimte Breitenverbindung durch stumpfe, überfällzte, gespundete und gefederte Fuge oder überschobene Schalung. Die Verbindungen und Befestigungen müssen bei Klimaschwankungen das Arbeiten der Bretter ermöglichen, ohne dass sich störende Fugen bilden.

Das Zeichnen der Hölzer machen die Konstruktion und den Zusammenbau kenntlich, verhindert Verwechslungen und damit Stillstandszeiten im Arbeitsablauf.

## 7.2.2 Verleimte Breitenverbindungen

### Arbeitsauftrag Nr. 49 Lernfeld LF 2,4,12

- Herr und Frau Mustermann waren von Ihrer Beratung und fachgerecht durchgeführten Erneuerung der Eingangstür ihres Wochenendhauses sehr angetan. Sie erhalten einen Folgeauftrag. Für die Küche wird eine verleimte Tischplatte aus Massivholz mit den Maßen 1,20 m × 1,80 m benötigt. Vor Beginn der Fertigung erwartet Ihr Ausbilder, dass Sie sich einen Überblick über die Vor- und Nachteile von verleimten Breitenverbindungen verschaffen und dies auf einem DIN A 3 Blatt festhalten.

Darüber hinaus sollen mehrere Pappen, entsprechend den zu verwendenden Hölzern ( $d = 40 \text{ mm}$ ,  $b = 80 \text{ mm}$ ) herstellen, um die bei der Fertigung zu beachtenden Verleimregeln besser veranschaulichen zu können.

- Um die Kosten für die bestellte Tischplatte zu ermitteln, müssen Fläche, Umfang und lfm der Bretter berechnet werden.
- Wählen Sie eine geeignete Holzart und berechnen Sie den Materialpreis der Tischplatte.

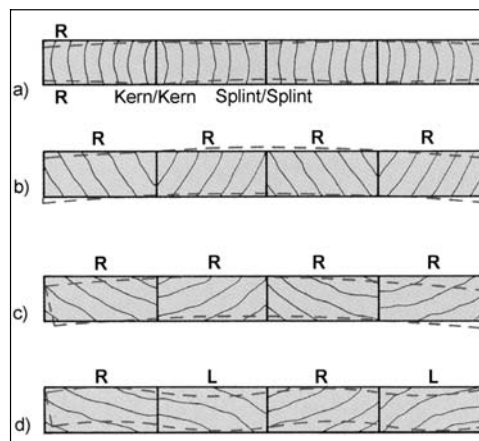
Oft erfordert der Verwendungszweck und die Beanspruchung, Vollholz in der Breite zu verleimen. Um stabile, fugenlose Flächen zu erhalten, müssen beispielsweise Arbeitsplatten (Werkbank), Tischplatten oder Füllungen verleimt werden. Dabei sind Holzbild, Schwundrichtung und Holzfeuchte der Bretter zu berücksichtigen. Wichtig ist auch, ob die Holzfläche später frei steht oder durch eine Rahmenkonstruktion bzw. Gratleiste gehalten wird.

**Holzauswahl und Verleimregel.** Eine fachgerechte Holzauswahl ist wichtig für eine qualitativ gute Arbeit. Haltbarkeit, Formbeständigkeit und gutes Aussehen der Fläche sind das Ziel.

Bei Herzbrettern trennt man vorher die rissanfällige Markzone heraus (7.15). Grundsätzlich verleimt man Kernkante an Kernkante und Splintkante an Splintkante, weil sich dadurch ein natürliches Holzbild ergibt. Außerdem arbeitet Splintholz stärker als Kernholz und man vermeidet so Absätze an der Leimfuge (7.22a). In jedem Fall sollen nur Bretter gleicher Stammelage miteinander verleimt werden: Mittelbretter mit Mittelbrettern, Kernbretter mit Kernbrettern. Sonst entstehen durch das unterschiedl. Schwindverhalten unebene Flächen mit Fugenmarkierung (7.22).

Auf eine annähernd gleiche Jahresringbreite ist zu achten (nur feinjähriges oder nur grobjähriges Holz verleimen). Für eine Fläche sind Bretter gleicher Stammteile zu verwenden (Zopf, Mittelstamm oder Stamm). Bei Füllungen ist das Fladerbild der Holzmaserung erwünscht und man verleimt deshalb Seitenbretter. Eine Rahmenkonstruktion oder eine Gratleiste verhindert, dass sich die Holzfläche beim Schwund rundzieht (7.22c). Spielt das Fladerbild keine Rolle (Blindholzflächen), werden die Seitenbretter vor dem Verleimen schmal aufgetrennt und gestürzt, so dass wechselseitig

einmal die rechte, einmal die linke Brettseite oben liegt (7.22d). Dadurch bekommt man fast diagonal verlaufende Jahresringe und eine einheitliche Schwundrichtung. Grundsätzlich sind die Bretter in schmale Streifen aufzutrennen (max. 100 mm Breite) und wieder zu verleimen, dadurch verringern wir die Schwindspannungen und die Gefahr des Werfens (7.15). Für Aussehen und Bearbeitung ist es wichtig, dass die Fasern der einzelnen Bretter in gleicher Richtung verlaufen.



**Bild 7.22** Holzauswahl (Verleimregel)  
a) Verleimte Herzbretter Kern an Kern, Splint an Splint, schlichte Zeichnung, kein Werfen  
b) Mittelbretter Kern an Kern, Splint an Splint, rechte Seite als Sichtseite, geringes Werfen  
c) Seitenbretter Rechte Seite als Sichtseite, schönes Aussehen, starkes Werfen, Gratleiste oder Rahmenkonstruktion erforderlich  
d) Seitenbretter Rechte Seite neben linker Seite (gestürzt), als Blindholz verwenden, geringes Werfen

- Markzone herausschneiden
- Splint an Splint und Kern an Kern leimen
- Bretter gleicher Stammlage und Stammteile verleimen
- Jahresringbreite beachten
- Rechte Seite als Sichtfläche wählen
- Aufgetrennte Seitenbretter für Blindholzflächen stürzen
- Brettbreite max. 100 mm – gleiche Richtung der Holzfaser
- Holzfeuchte am Einbauort beachten

**Zusammenlegen, Zeichnen.** Die Bretter werden nach den genannten Regeln ausgewählt und so zusammengelegt, wie sie verleimt werden sollen. Man zeichnet sie mit dem Tischlerdreieck, um sie bei der weiteren Bearbeitung nicht zu verwechseln.

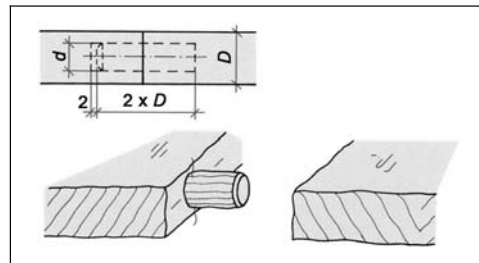
Wenn mehrere Flächen herzustellen sind, unterscheidet man diese durch Kennzeichen mit verschiedenen Ziffern (7.21).

**Fügen.** Die Bretter können in der Breite mit einer stumpfen Fuge oder durch eine formschlüssige Verbindung angeschlossen werden. Das Zusammenpassen der Brettenden nennt man Fügen. Voraussetzung für eine haltbare Leimverbindung ist ein exaktes Fügen der Bretter. Beim stumpfen Verleimen von Brettern lassen sich Unebenheiten an der Fuge auch bei großer Sorgfalt kaum vermeiden. Zusätzliche Verbindungsmittel oder ein Profilieren der Kante dienen der Fixierung beim Verleimen, vergrößern gleichzeitig die Verleimfläche und erhöhen die Festigkeit der Verbindung.

Die **stumpfe Leimfuge** erfordert eine gut passende, rechtwinklige Fuge. Bei fachgerechter Herstellung und fehlerfreier Verleimung erzielen wir damit eine hohe Festigkeit. Zunächst werden die gezeichneten sägerauen Bretter maschinell oder mit der Raubank gut passend gefügt. Für das Fügen mit der Raubank spannt man die nebeneinander liegenden Bretter – mit der Zeichenseite zusammen – in die Vorderzange. Beim Zurückklappen passt die Kante auch bei Abweichung vom rechten Winkel (Wechselwinkel). Die Fuge sollte leicht hohl gestoßen werden, damit die Enden nicht sperren (geschlossen bleiben). Zur Leim-

angabe legt man die Brettenden bündig aufeinander. Beim Verleimen verhindern wir durch zusätzliches Einspannen in der Dicke ein Verrutschen der gefügten Bretter und erreichen eine ebene Fläche. Erst nach dem Entspannen werden der Fachboden oder die Tischplatte auf der Fläche abgerichtet und auf Dicke gehobelt, damit der Holzverlust gering bleibt. Mittels eingearbeiteter Gratleisten (liegende und stehende Gratleisten, s. Eckverbindungen aus Vollholz, Abschn. 7.5.2) können große Vollholzflächen wirkungsvoll stabilisiert werden.

**Die gedübelte Fuge** erhält durch eine passgenaue Anordnung der Dübel eine sichere Fixierung und größere Stabilität. Die Dübellöcher bohrt man etwas tiefer als die Dübel lang sind, so dass Raum für überschüssigen Leim bleibt. Die Dübel sollen am Umfang gerillt und an den beiden Enden angefasst sein, damit beim Einsetzen der Leim nicht gänzlich abgestreift und das Holz nicht beschädigt werden kann (7.24). Eine Dübelmaschine erleichtert die Arbeit wesentlich.



**Bild 7.24** Gedübelte Fuge

**Die gefederte Fuge** kann ebenso wie bei unverleimten Breitenverbindungen zum Fixieren und zum Vergrößern der Leimfläche eingesetzt werden. Für die Federn verwendet man häufig Furniersperrholz, aber auch Kunststoff oder Formfedern (Lamello, 7.13, 7.14).

**Die Kronenfuge** wird maschinell mit einem Spezialfräser und nur bei Vollholz hergestellt. Je nach Fräserbauart gibt es sie in verschiedenen Formen. Bevorzugt verwendet man sie bei Schulmöbeln (Tisch-, Stuhlsitz-, Arbeitsplatten), wo es auf hohe Fugenfestigkeit ankommt. Erreicht wird dies durch die Passgenauigkeit der Kronenfuge und die große Leimfläche (7.25).



**Bild 7.25** Maschinell gefräste Fuge (Kronenfuge). Größere Leimfläche (46 mm gegenüber 15 mm bei stumpfer Leimfuge)

Als Sicherung gegen das Verwerfen von Vollholzflächen dienen Hirn- und Gratleisten, die wir im Abschn. 7.5.2 näher kennenlernen werden.

Verleimte Breitenverbindung durch stumpfe, gedübelte, gefederte Fuge oder Kronenfuge.

## 7.3 Längsverbindungen

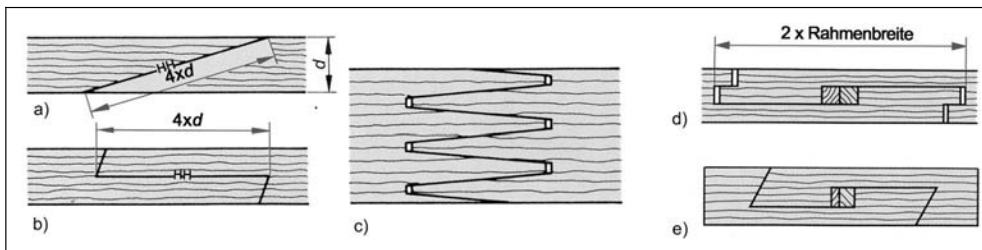
### Arbeitsauftrag Nr. 50 Lernfeld LF 2,4,12

- Auf Empfehlung von Frau Mustermann wendet sich ihr Nachbar Herr Kleinschmidt an Ihre Firma.

Ein durch Schädlingsbefall stark geschwächter Dachbalken seines Wochenendhauses muss erneuert werden. Um die Dacheindeckung nicht aufnehmen zu müssen, entscheidet sich Ihr Meister für einen neuen zweiteiligen Balken, der vor Ort zusammengesägt werden kann.

Erarbeiten Sie Lösungsvorschläge einschließlich Zeichnungen/Skizzen und Benennen Sie Vor- und Nachteile der Längsverbindungen.

7



**Bild 7.26** Längsverbindungen (Schnitte)  
a) Schäftung, b) Überblattung, c) Keilzinken, d) französischer Keilverschluss,  
e) schräges Hakenblatt, verkeilt

**Längsverbindungen** ermöglichen das Zusammenfügen (Stößen) von Holzteilen in Richtung der Faser. Wir führen sie aus um handelsübliche Längen zu vergrößern oder aus Gründen der Konstruktion. In der Tischlerei verwenden wir Längsverbindungen hauptsächlich im Fenster- und Innenausbau bei langen oder bogenförmigen Werkstücken. Ausschlaggebend für die Wahl der Längsverbindung sind die Beanspruchung des Holzes und der Verwendungszweck. In der industriellen Holzverarbeitung finden wir die wirtschaftlich herzustellende, sehr haltbare *Keilzinkenverbindung* besonders häufig. Die Verbindungsform wird mit einem

Spezialfräser an den abgelängten Werkstücken angefräst (7.26c). Durch die Keilform ergeben sich formschlüssige Fügeflächen mit großem Langholzanteil für die Verleimung. Gefräste Holzteile sind binnen 24 Stunden zu verleimen, bevor sie ihre Form ändern können. Diese Längsverbindung verwendet man für lamelierten Fensterkanten, Leimholzbinder und zur Verlängerung von Brettern. Andere, meist handwerklich hergestellte weniger haltbare Längsverbindungen sind die *Schäftung*, *Überblattung*, *Schlitz und Zapfen* (7.26a, b). Lösbar sind die verschiedenen *Keilverschlüsse* (z.B. Französischer Keil, 7.26d, schräges Ha-

kenblatt, 7.26e). Bei der Schichtverleimung verleimt man gleich dicke gehobelte Bretter in mehreren Schichten, wobei die Stöße versetzt sind. Der Tischler verwendet diese Verbindung bei Rundbogentüren und -fenster oder runden Tischzargen.

Wesentlich für die Haltbarkeit der Langholzverbindung sind die Formschlüssigkeit der Fügekannte, die Größe der Leimfläche und der Langholzanteil. Keilverbindungen können lösbar ausgeführt werden.

## 7.4 Rahmeneckverbindungen

### Arbeitsauftrag Nr. 51 Lernfeld LF 2,4,12

- Als Übung zur Handfertigkeitsprobe für die anstehende Prüfung bietet sich die Möglichkeit einen Spiegelrahmen zu bauen.

Der Kunde hat die gewünschten Maße telefonisch mitgeteilt.

Der Spiegel hat die Maße 520 mm × 640 mm. Der Rahmen soll eine Breite von 50 mm und eine Dicke von 24 mm haben.

Ermitteln Sie die Rahmenaußenmaße. Legen Sie eine Auftragsmappe mit folgendem Inhalt an:

- Entwurf eines Deckblattes
- fünf mögliche Rahmenverbindungen in Perspektive
- Zeichnung nach DIN 919 mit Schlitz und Zapfenverbindung entsprechend den vorgegebenen Maßen im M 1:1; Horizontalschnitt A-A, Vertikalschnitt B-B, Vorderansicht mit Schnittlagen
- Entwurf dreier möglicher Spiegelhalteleisten als Profil
- Arbeitsablaufplan
- Materialliste
- Preisberechnung/verwendetes Holz : Kiefer oder Nussbaum

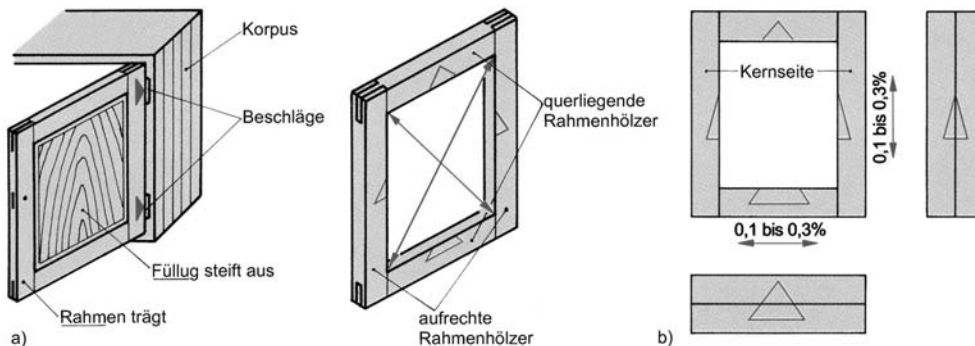
7

**Der Rahmen** ist eines der ältesten Konstruktionselemente im Tischlerhandwerk. Als der Tischler noch keine Plattenwerkstoffe kannte, war der Rahmen mit Füllung ein wesentliches Element, um größere, freistehende Holzflächen bei Türen und Korpussteilen zu schaffen. Einfache Rahmenkonstruktionen treffen wir bereits in der Gotik an. Heute finden wir Rahmenkonstruktionen bei nahezu allen Tischlerarbeiten (im Innen- und Möbelbau, bei Fenster und Türen). Bei Rahmenelementen nutzt man die geringen Schwundmaße in Faserrichtung der Rahmenhölzer aus (0,1 bis 0,3 %). Im Gegensatz zu einer Vollholzfläche quillt und schwindet ein gleichgroßer Rahmen in der Breite weniger. Rahmen sind maßhaltiger und formbeständiger als Voll-

holzflächen. Hinzu kommt das geringe Gewicht und die vielen Gestaltungsmöglichkeiten.

**Der Rahmen** hat die Aufgabe, die Last der gesamten Konstruktion über die Beschläge auf den Korpus zu übertragen. Damit der Rahmen Stabilität erhält und nicht aus dem Winkel geht, wird er durch die eingelegte Füllung ausgesteift (7.27).

**Die Rahmeneckverbindung** hat vor allem die Aufgabe die auftretenden Belastungen aufzufangen und ein Verformen der Rahmenhölzer zu verhindern. Die fachgerechte Ausführung der Verbindung ist wichtig für die Stabilität und das Stehvermögen des Rahmens.



**Bild 7.27** Rahmeneckverbindungen und Zusammenzeichnungen der Hölzer

#### Beispiel

Das Fenster ist eine typische Rahmenkonstruktion, die das erhebliche Gewicht großer Glasflächen und starke Windkräfte aufnehmen muss.

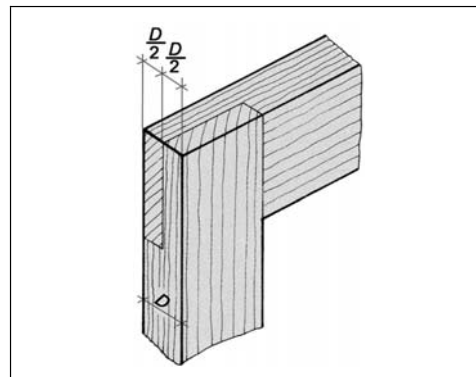
**Der Rahmen** überträgt die Konstruktionslast über die Beschläge auf den Korpus. Die eingelegte Füllung gibt ihm Stabilität und verhindert, dass er aus dem Winkel geht. Die Rahmenverbindung verhindert ein Verformen der Rahmenhölzer.

**Holzauswahl.** Rahmenhölzer dürfen sich nicht verziehen, sonst schließen Türen oder Fenster nicht einwandfrei. Deshalb ist die Wahl des richtigen Holzes sehr wichtig. Für die Rahmenhölzer eignen sich Kern- oder Mittelbretter (stehende Jahresringe) mit geradem Faserverlauf, ohne Äste und Risse.

**Zusammenzeichnen und Anreißen.** Nach der Holzauswahl folgt das Zusammenlegen und Zeichnen der Rahmenhölzer. Die aufrechten Hölzer gehen in der Regel durch, die dem Kern zugewandten Seiten liegen außen (fester Sitz der Bänder, schöneres Aussehen). Um bei der weiteren Bearbeitung Verwechslungen zu vermeiden, zeichnen wir die Rahmenhölzer mit einem Tischlerdreieck (7.27b). Angerissen wird von der Zeichenseite bzw. Innenkante aus.

**Die Überblattung** ist die einfachste Eckverbindung im Rahmenbau. Sie ist mit wenig Aufwand herzustellen aber nur gering belastbar (7.28). Die Rahmenhölzer werden wechselseitig bis zur Hälfte ausgeklinkt und müssen verleimt werden, damit die Verbindung wenigstens eine geringe Biegesteifigkeit erhält. Sinnvoll ist eine

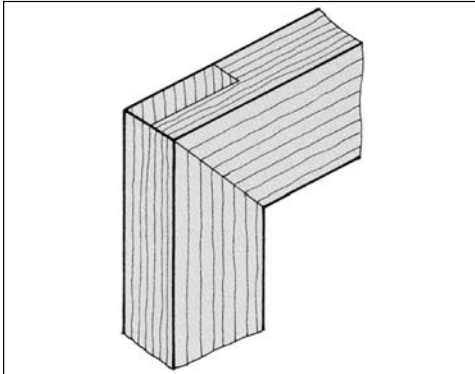
zusätzliche Sicherung durch Sternnägeln oder Schrauben. Diese einfache Verbindung verwenden wir bei dünnen Rahmenhölzern und wenig beanspruchte Konstruktionen wie Zierbekleidungen oder aufgesetzten Rahmen.



**Bild 7.28** Überblattung

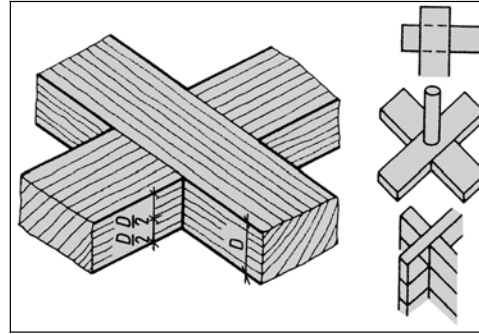
**Die Überblattung auf Gehrung** hat nur die halbe Leimfläche und ist daher noch weniger haltbar (7.29). Wir treffen sie nur bei einfachen Zierbekleidungen, Bilder- und Spiegelrahmen an.

**Die Kreuzüberblattung** wird bei sich kreuzenden Hölzern angewendet, z.B. bei Sprossenkonstruktionen, Zierrahmen, als Ständerfuß oder stapelbaren Kastelementen, deren Eckverbindung bewusst hervorgehoben werden soll. Bei der Herstellung wird das eine Holz auf der Oberseite, das andere auf der Unterseite um die halbe Holzdicke eingeschnitten und ausgeklinkt (7.30).



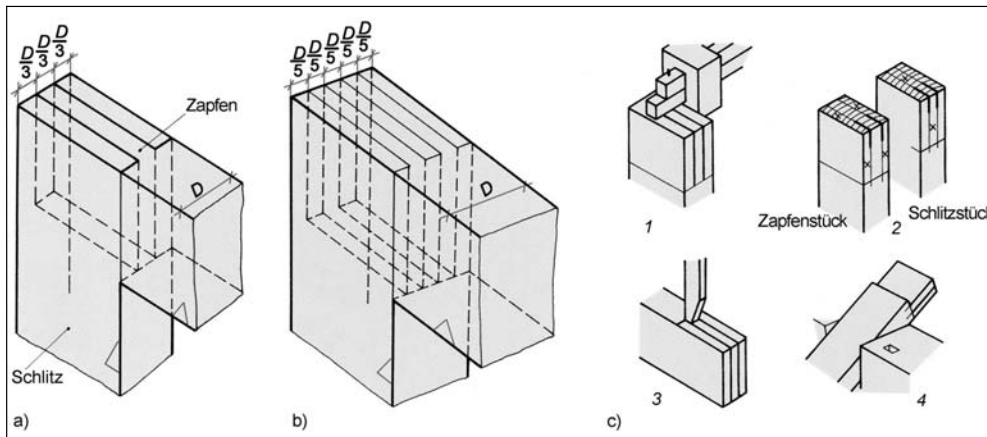
**Bild 7.29** Überblattung auf Gehrung

Die **Schlitz- und Zapfenverbindung** ist die häufigste Rahmeneckverbindung (7.31). Während wir im Möbel- und Innenausbau häufig auch andere Eckverbindungen finden, ist sie im Fensterbau die Regel. Sie hat eine doppelt so große Leimfläche wie die Überblattung und daher eine erhebliche höhere Festigkeit gegen Verdrehen.



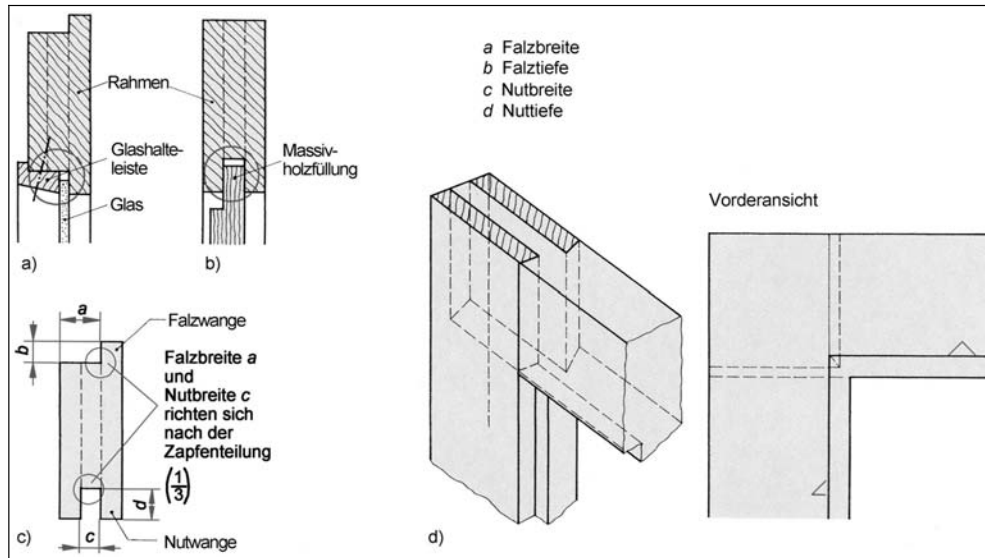
**Bild 7.30** Kreuzüberblattung

In der Regel erhalten die aufrechten durchgehenden Rahmenhölzer die Schlitz, während die querliegenden abgesetzt werden und die Zapfen bekommen (7.31). Bei Fensterblendrahmen dagegen erhalten die querliegenden Rahmenhölzer die Schlitz, damit die Nuten bzw. Falze für Fensterblech, Innensims und Rolladendeckel im Längsholz durchgefräst werden können. Bei dickeren Rahmenhölzern im Fensterbau werden Doppel oder Dreifachzapfen angeschnitten (7.31b).



**Bild 7.31** Schlitz- und Zapfenverbindung

- a) einfache Schlitz- und Zapfenverbindung (Teilung),
- b) doppelte Schlitz- und Zapfenverbindung
- c) Herstellen der Schlitz- und Zapfenverbindung
  - 1 Anreißen der Verbindung
  - 2 Anschneiden von Schlitz und Zapfen
  - 3 Ausstemmen des Schlitzes
  - 4 Absetzen des Zapfen



**Bild 7.32** Rahmen mit Nut und Falz

- a) Rahmen mit Falz, b) Rahmen mit Nut, c) Breiten und Tiefen am Rahmen,  
d) Schlitz und Zapfen mit Kittfalz und Fase

Die Verbindung wird außerdem für Rahmen im Möbel- und Innenausbau verwendet. Voraussetzung für eine gute Schlitz- und Zapfenverbindung ist genaues Anreißen. Nach dem Anreißen der Schlitz- und Zapfenlänge ist die Zapfeneinteilung mit dem Streichmaß auszuführen ( $1/3$ ,  $2/3$  der Rahmendicke). Der Schlitz wird innen am Riss, der Zapfen außen am Riss mit der Schlitzsäge geschnitten (7.31). Nur bei exaktem Sägeschnitt hat man die Gewähr, dass die Verbindung gut zusammenpasst. Mit einem Stechseisen oder Lochbeitel stemmen wir den Schlitz von beiden Seiten aus. Für das Absetzen der Zapfenwangen spannen wir das Holz schräg in die Hinterzange und schneiden die Wangen mit der Absetzsäge leicht schräg, um eine dichte Fuge zu erhalten. Vor dem Verleimen stecken wir die Verbindung probeweise zusammen. Der Zapfen soll straff im Schlitz sitzen, ohne ihn zu spalten. Beim Verleimen und Spannen ist darauf zu achten, dass der Rahmen im Winkel ist.

**Schlitz- und Zapfenverbindung mit Innenfalz oder Nut.** Um die Füllung zu befestigen, erhalten die Vollholzrahmen eine umlaufende Nut oder einen Falz. Bei Glasfüllungen wählt

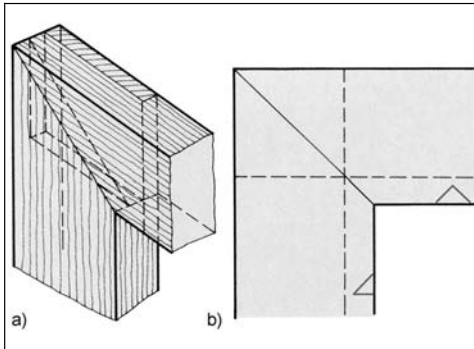
man den Falz und befestigt die Scheibe mit geschraubten oder genagelten Glashalteleisten fest an der Falzwange (s. Fenster 7.32). So kann die Scheibe jederzeit in der verleimten Rahmenkonstruktion erneuert werden. Soll die Füllung jedoch fest eingebaut werden, erhalten die Rahmenteile eine Nut in Dicke des Zapfens. Bei dieser einfachen Art der Befestigung muss man die Füllung beim Verleimen der Eckverbindung mit einsetzen (7.32b).

Nut- und Falzbreite und -tiefe müssen sich der Zapfeneinteilung anpassen, sonst ergibt sich beim Zusammensetzen im Schlitzgrund ein Loch.

Um Rahmenelementen ein schöneres Aussehen zu geben, werden Innenkanten gefast, profiliert oder erhalten einen eingelegten Profilstab. Für die Ausführung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten.

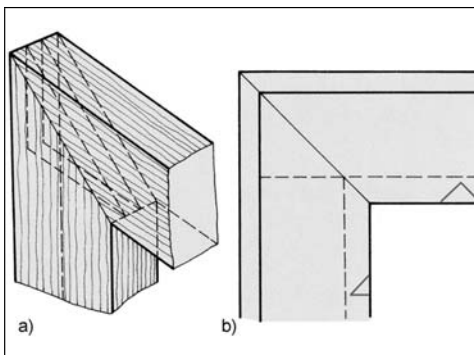
Werden Falz- und Nutwanke gefast, müssen die entsprechenden Gegenstücke im Schlitz- und Zapfenteil ebenso eine Fase erhalten. Dies ist schon beim Anreißen zu berücksichtigen (7.33d).





**Bild 7.33** Schlitzzapfen einseitig auf Gehrung a) Schema, b) mit Innenfalz (Vorderansicht)

**Schlitzzapfenverbindung auf Gehrung.** Bei Möbeltürrahmen mit Füllungen kann die Schlitzzapfenverbindung aus formalen Gründen einseitig oder beidseitig auf Gehrung gearbeitet werden (7.33, 7.34). Dies geschieht, wenn das Holzbild am Rahmenfries umlaufen soll, die Innenkante ein Profil erhält oder die Füllungsstäbe auf Gehrung abgesetzt sind. Entsprechend müssen wir die Schlitzwange ein- oder beidseitig auf Gehrung absetzen und beim Schneiden des Zapfens die Wange passend auf Gehrung arbeiten.



**Bild 7.34** Schlitzzapfen beidseitig auf Gehrung a) Schema, b) mit Nut und Außenfalz (Vorderansicht)

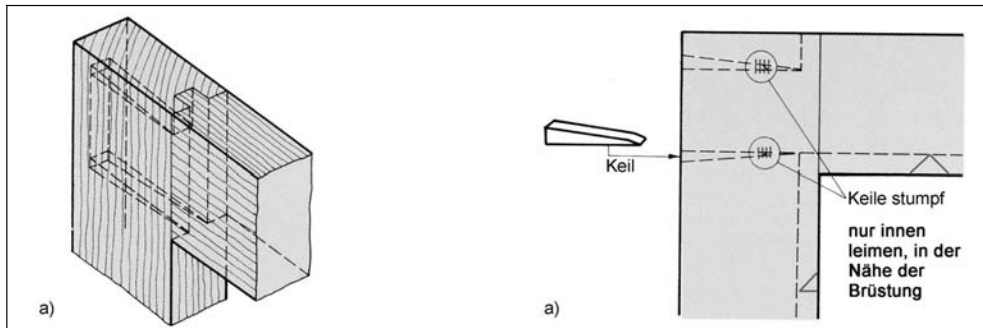
**Auf Hobel geschlitzte Rahmenverbindung.** Soll die Innenkante eines Rahmens mit Schlitz

und Zapfen ein Profil erhalten, so muss bei der manuellen Herstellung in Profilbreite eine Gehrung angeschnitten werden (auf Hobel geschlitzte Verbindung). Die Zapfenbreite und Schlitztiefe verringert sich um das Profilmaß.

**Überschobene Brüstung.** Bei der maschinellen Fertigung verwendet man für profilierte Innenkanten vorzugsweise einen entsprechenden Fräsersatz aus Profil- und Konterprofilfräser. Damit lässt sich die Verbindung rationell herstellen und eine dichte Brüstungsfuge erzielen. Das aufrechte Rahmenholz erhält auf der gesamten Länge ein durchgehendes Profil, die Zapfenbrüstung ein Konterprofil.

**Die Schlitzzapfen- und Zapfenverbindung mit durchgestemmt Zapfen** setzen wir ein, wenn die Rahmenfrieße Breiten von 100 bis 160 mm erreichen, also bei Innen- und Außentüren sowie schweren Tischgestellen. Die Verbindung hat durch den Zapfen eine große Formschlüssigkeit und erzielt hohe Festigkeitswerte. Weil Holz in Längs- und Querrichtung sehr unterschiedlich arbeitet, verleimt man Längsholz nicht mit Querholz in großer Breite. Bei den schmalen Rahmenfriesen im Möbelbau besteht wegen der geringen Schwundmaße keine Rissgefahr. Um jedoch bei großen Rahmentüren eine haltbare Eckverbindung zu schaffen, die das Holz ungehindert arbeiten lässt, wird der Zapfen durchgestemmt. Er ist nur etwa  $\frac{2}{3}$  so breit wie der Türfries. Das letzte Drittel der Breite wird als Nutzapfen bis zur Hirnkante der Längsfrieße weitergeführt. Der Nutzapfen ist etwa so lang wie dick. Er führt den Zapfen beim Quellen und Schwinden in der Nut des Längsfrieses und hält beide bündig. Deshalb darf er *nicht* geleimt werden.

Stemmen wir den Zapfen ganz durch, so dass er als Hirnholz auf der Kante des Längsfrieses sichtbar wird, können wir ihn zusätzlich im Längsfries verkeilen, wenn wir das Zapfenloch nach außen breiter ausstemmen. Die Keile müssen so zugeschnitten sein, dass sie dort den höchsten Pressdruck erzeugen, wo der Zapfen geleimt wird – und das darf nur in der Nähe der Zapfenbrüstung geschehen (7.35). Diese Verbindung ist stark belastbar und eignet sich darum besonders für große Rahmentüren.



**Bild 7.35** Gestemmter Zapfen mit Nutzapfen  
a) Schema b) mit Innennut (Vorderansicht)

Schlitz- und Zapfenverbindungen mit durchgestemmten Zapfen sind stark belastbar. Voraussetzungen:

- passgenaues Anreißen und Ausarbeiten unter Berücksichtigung des arbeitenden Holzes,
- richtig zugeschnittene Keile,
- Zapfenleimung nur in Nähe der Zapfenbrüstung.

**Andere Rahmeneckverbindungen.** Die *gefederte* Rahmeneckverbindung mit dem eingesetzten oder falschen Zapfen ist heute selten. Häufig finden wir Gehrungsecken mit Sperrholz- und *Formfedern* (7.36). In welchen Fällen Rahmenecken mit Schlitz und Zapfen, Formfedern oder Dübel verbunden werden, hängt von dem Verwendungszweck und der

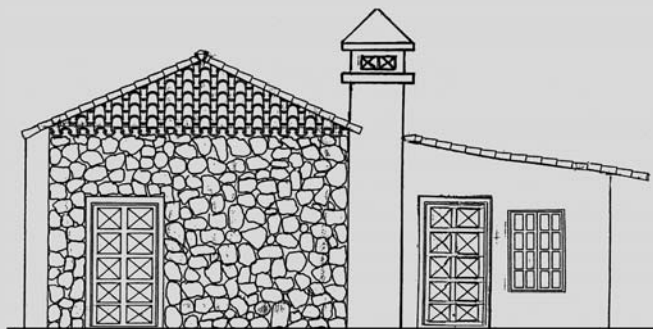
Fertigung bzw. der maschinellen Einrichtung des Betriebs ab. Besonders bei der *stumpfen Dübelung* (also wenn die aufrechten Rahmenfriese durchgehen) ist die Holzeinsparung ein gewichtiger Vorteil gegenüber der Schlitz- und Zapfenverbindung – an einem Querschnitt wird die doppelte Zapfenlänge gespart! Damit die Verbindung nicht verdreht, sind wenigstens zwei Dübel nötig. Dübelung auf Gehrung wird wegen des Verdrehens mit zwei Winkel- oder Eckdübeln ausgeführt (7.37).

Dübelverbindungen erfordern genaues Anreißen und Bohren. Die Dübellöcher werden etwas tiefer gebohrt als die Dübel, damit der Leim voll aufgenommen wird und die Verbindung bündig schließt.

7

### Sprossenverbindung

#### Arbeitsauftrag Nr. 52 Lernfeld LF 2.4.12



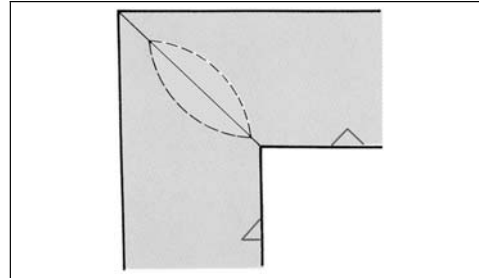
Ansicht Nord

- Im Wochenendhaus der Familie Mustermann ist in einem Nordfenster eine Kreuzsprosse beschädigt worden. Die Sprosse ist auszuwechseln.

Beschreiben Sie die Anfertigung einer traditionell überblatteten Kreuzsprosse mit Profil auf Gehrung.

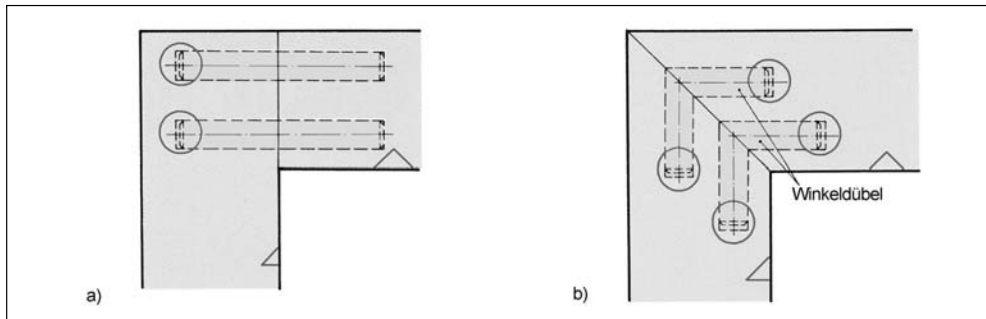
Die **Sprossenverbindung** gibt es vorwiegend bei alten Fenstern. Der Bautischler wendet sie auch bei Innen- und Außentüren an, wenn größere Glas oder Füllungsflächen aufzugliedern oder einbruchsicher zu machen sind. Die Sprossenhölzer werden kreuzweise überblattet und erhalten in Abstimmung mit dem umlaufenden Rahmen dessen Falz- und Faseprofil (7.38a, b). In der Altbausanierung von Fenstern werden heute auch Kreuzsprossenverbindungen gekontert. D.h., ein Sprossenprofil läuft durch, während das querlaufende Profil abgesetzt („gekontert“) wird (7.38c).

Bei der Kreuzsprosse mit Fase führt man die Überblattung mit überschobenem Profil oder auf Gehrung geschnitten aus (7.38).

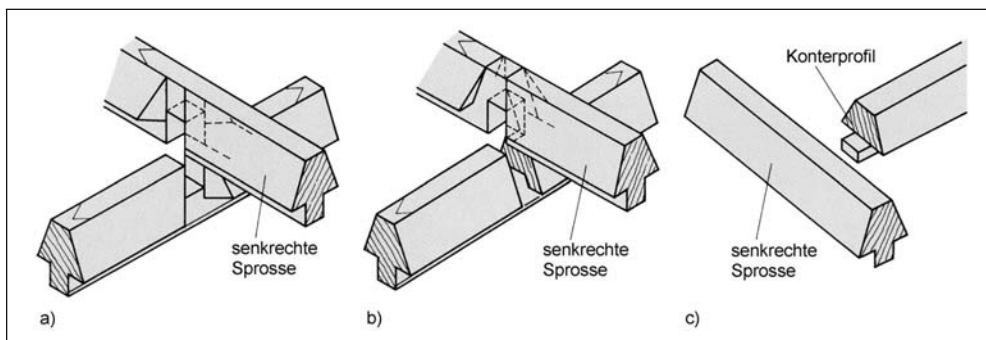


**Bild 7.36** Formfeder (Lamello) auf Gehrung

7



**Bild 7.37** Dübelung a) stumpf, b) auf Gehrung



**Bild 7.38** Kreuzsprosse a) überblattet, Profile auf Gehrung, b) überschobenes Profil, c) gekontert, Profil abgesetzt

**Arbeitsauftrag Nr. 53 Lernfeld LF 2.4.12**

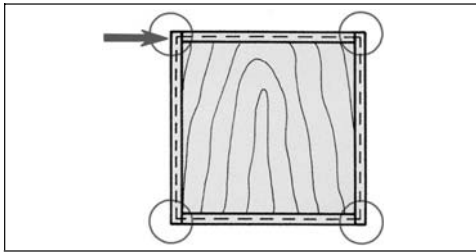
- Zur Vorbereitung auf eine mögliche Klassenarbeit erhalten Sie den folgenden Fragenkatalog. Erarbeiten Sie diesen mit Hilfe der Erstellung von Lernkarten und vervollständigen Sie Ihren Lernkarteiordner.
  1. Zählen Sie die Hauptgruppen der Holzverbindungen auf.
  2. Nennen Sie unverleimte Breitenverbindungen bei Vollholz.
  3. Welche Regel gilt für unverleimte Breitenverbindungen?
  4. Warum schneidet man Herzstellen bei Vollholzverbindungen heraus?
  5. Welche Brettseite ist Ansichtsfläche im Innen- und Außenbereich? Begründen Sie Ihre Antwort.
  6. Welche unverleimte Breitenverbindung wählen Sie a) für Fußbodenriemen, b) für eine Kellertür, c) für Deckenverkleidungen?
  7. Warum sollen Sie die Hölzer vor der Weiterbearbeitung reißen oder zeichnen?
  8. Warum ist bei verleimten Breitenverbindungen auf die Schwundrichtung des Holzes zu achten?
  9. Dürfen Sie Kernholz am Splintholz leimen? Begründen Sie Ihre Antwort.
  10. Wozu dienen die Fugen beim Verleimen?
  11. Was müssen Sie bei einer gedübelten Fuge beachten?
  12. Worauf kommt es bei der Längsverbindung an?
  13. Warum müssen Sie gefräste Holzteile innerhalb 24 Stunden verleimen?
  14. Wozu setzt man die Schichtverleimung ein?
  15. Welche Aufgaben haben Rahmen und Füllung bei der Rahmeneckverbindung?
  16. Welche Möglichkeiten der Rahmeneckverbindung kennen Sie?
  17. Warum wird die Schlitz- und Zapfenverbindung bevorzugt?
  18. Beim Zusammenstecken einer Schlitz- und Zapfenverbindung entsteht im Schlitzgrund ein Loch. Welcher Fehler wurde gemacht?
  19. Erläutern Sie die Fertigung einer Schlitz- und Zapfenverbindung mit durchgestemmtem Zapfen.
  20. Welchen Vorteil bietet die stumpfe Dübelung gegenüber der Schlitz- und Zapfenverbindung?

**7.5 Kasteneckverbindungen****Arbeitsauftrag Nr. 54 Lernfeld LF 2.4.12**

- Für eine Skulpturengalerie sollen 32 Säulen aus Buche mit quadratischer Grundfläche hergestellt werden. Die Maße betragen für die Seitenlänge 30 cm und für die Höhe 1,20 m. Der Künstler wünscht aus Designgründen, dass die Eckverbindungen genagelt werden. Erstellen Sie eine Auftragsmappe mit folgendem Inhalt:
  - Deckblatt
  - Skizzen von drei verschiedenen Korpusverbindungen
  - Materialliste
  - Preisermittlung/verwendetes Holz: Buche oder Kiefer
  - Vorschlag für verschiedene Drahtstifte/Nägel

Besprechen Sie in Gruppen den möglichen Arbeitsablauf in der Werkstatt.  
Überlegen Sie, wie viel Zeit Sie für die jeweiligen Arbeitsschritte benötigen werden.
- Ermitteln Sie die Lohnkosten bei einem angenommenen Stundenlohn von 36,50 €. Suchen Sie nach Möglichkeiten einen günstigen Preis anbieten zu können (evtl. Plattenwerkstoffe verwenden). Präsentieren Sie Ihr Säulenprojekt der Klasse.  
Die folgenden Fragen dienen als Strukturhilfe für eine erfolgreiche Projektbearbeitung.
  1. Wie werden Kasteneckverbindungen belastet?
  2. Durch welche Maßnahmen können Sie die Belastbarkeit von Kasteneckverbindungen verbessern?
  3. Für eine Korpuseckverbindung werden Längs- und Hirnholz unterschiedlicher Feuchtigkeit miteinander verleimt, a) Welche Folgen hat das? b) Welche Holzfeuchte sollte Vollholz beim Verleimen haben?
  4. Warum sollen Sie die Drahtstifte schwalbenschwanzförmig und versetzt einschlagen?
  5. Welche Stifte nehmen Sie für Rahmeneckverbindungen im Möbelbau und bei Paletten?

Bei Möbeln, Truhen oder Türfuttern müssen Tischler und Holzmechaniker Seiten und Böden über Eck zu einem stabilen Korpus oder Kasten verbinden (7.39). Die Eckverbindungen werden im Wesentlichen durch das Eigengewicht der Korpusteile (bei Transport oder Lagerung) belastet. Die Belastbarkeit verbessert sich durch größere Leimflächen und besondere Formgebung (z.B. Zinken → kraft- und formschlüssige Verbindung). Kasteneckverbindungen werden rechtwinklig angerissen und ausgearbeitet. Zusammen mit der aussteifenden Rückwand halten sie den Korpus im Winkel, so dass die Tür bzw. der Deckel angeschlagen und einwandfrei geschlossen werden können. Bei zerlegbaren Korpusverbindungen ist ein aussteifendes Element wie Rückwand oder Boden unerlässlich.



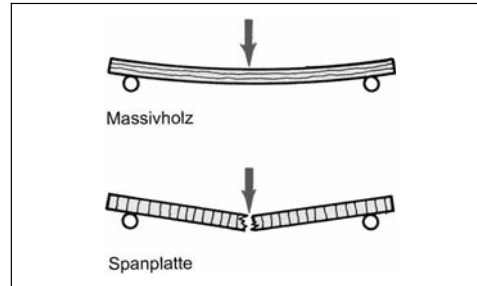
**Bild 7.39** Belastung der Kasten- oder Korpuseckverbindung

**Holzauswahl.** Auch bei Korpuseckverbindungen müssen wir die Materialeigenschaften berücksichtigen. Vollholz hat eine höhere Biege- und Zugfestigkeit als z.B. Spanplatten (7.40), doch dürfen wir nur Längsholz mit Längsholz und Hirnholz mit Hirnholz verleimen. (*Warum?*) Vollholz braucht Platz zum „Arbeiten“ und soll daher bei Eckverbindungen eine einheitliche Holzfeuchtigkeit aufweisen. Man kann die Eckverbindungen nageln, graten, zinken, spunden, dübeln oder federn.

Für unlösbare Eckverbindungen eignen sich nur Werkstoffe mit etwa gleichen Eigenschaften.

Bei Eckverbindungen Längsholz mit Längsholz, Hirnholz mit Hirnholz verleimen!

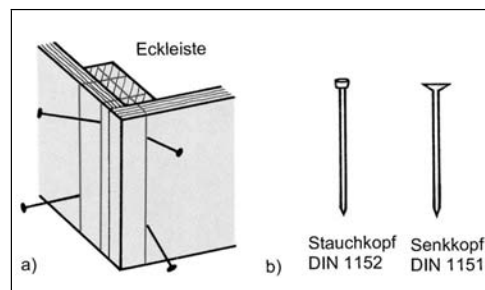
Bei Massivholzverleimungen einheitliche Holzfeuchtigkeit von 8 bis 12 % im Innenbereich.



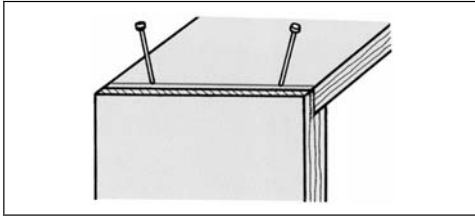
**Bild 7.40** Biegefestigkeit von Massivholz und Spanplatte

### 7.5.1 Genagelte Eckverbindungen

Die genagelte Kasteneckverbindung kommt bei einfachen und unsichtbaren Vollholzverbindungen vor. Im Möbel- und Innenausbau verwenden wir dazu ausschließlich Drahtstifte mit Stauchkopf nach DIN 1152. Sie lassen sich leicht versenken und auskitten (z.B. beim Befestigen der Türbekleidung am Türfutter). Für Kisten und Paletten setzt man dagegen Drahtstifte mit Senkkopf nach DIN 1151 ein, weil sie bei Belastung nicht so leicht ins Holz eindringen. Die Verbindung wird haltbarer, wenn wir die Drahtstifte schwalbenschwanzförmig ansetzen und ganz durchschlagen, so dass die überstehenden Spitzen zu „Widerhaken“ umgelegt werden können (s. Abschn. 7.1.1). Weil Nägel im Hirnholz schlechter halten als im Längsholz, setzt man bei Transportkisten Eckleisten ein (7.41).



**Bild 7.41** Stumpf genagelte Kasteneckverbindung a) schwalbenschwanzförmig und möglichst versetzt, b) Drahtstifte



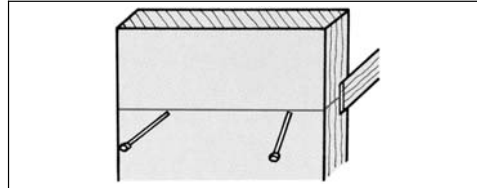
**Bild 7.42** Ausgefälzte Nagelverbindung

Die Spaltgefahr beim Verbinden von Längsholz mit Längsholz vermindert sich, wenn die Nägel nicht im gleichen Jahresring, sondern versetzt einschlagen.

Nagelverbindungen in Hirnholz sind weniger haltbar als in Längsholz. Drahtstifte schwalbenschwanzförmig und versetzt einschlagen.

Stauchköpfstifte im Möbel- und Innenausbau, Senkköpfstifte für Kisten und Paletten.

**Ausgefälzte und stumpf eingelassene Kasteneckverbindungen** gibt es neben den behandelten stumpfen Nagelungen. Die ausgefälzte Nagelung ist angebracht, wenn keine Drauf- und Untersicht gegeben sind. Sie sichert die Holzfläche beim Nageln gegen Verutschen und wird meist zusätzlich verleimt (7.42).



**Bild 7.43** Stumpf eingelassene Nagelverbindung

Bei stumpf eingelassener Verbindung geht Zweckmäßigkeit vor Schönheit. Sie erhöht die Belastbarkeit und sichert den Boden gegen Verformung (7.43).

## 7.5.2 Gegratete Vollholzverbindungen

### Arbeitsauftrag Nr. 55 Lernfeld LF 2.4.12

- Ihre Arbeit für die Skulpturengalerie war ein voller Erfolg und sorgte bei der Vernissage für eine positive Stimmung der Besucher.

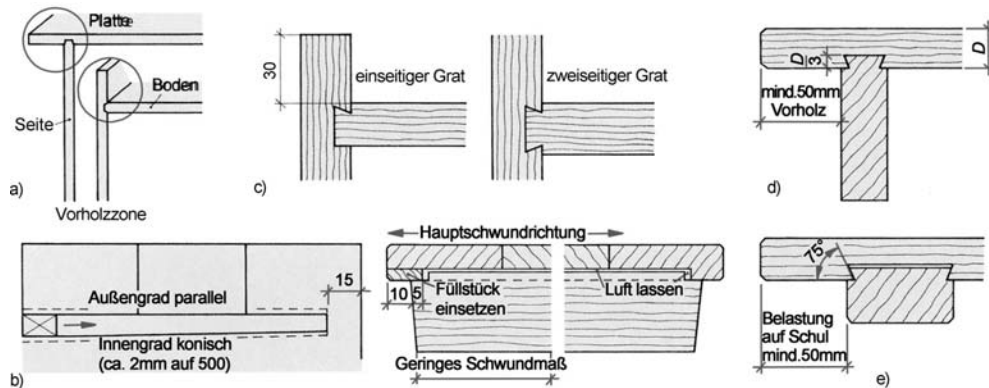
Die Galerie benötigt für die Präsentation und Ablage der Ausstellungskataloge eine Vollholztischplatte aus Buche. Diese soll auf einige der Säulen gelegt werden.

Die fertige Tischplatte hat die Maße  $2,40 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} \times 40 \text{ mm}$ . Die Verleimregeln sind unbedingt zu beachten.

- Erstellen Sie eine Zeichnung mit selbst gewählter Gratverbindung im M 1:1 als Vorder- und Seitenansicht.
- Skizzieren Sie vier verschiedene Hirnholzleisten perspektivisch.
- Erstellen Sie einen Arbeitsablaufplan für die Herstellung einer Gratverbindung.
- Bilden Sie ein Team aus vier Mitschülern und kalkulieren Sie einen Angebotspreis. Der Stundenlohn beträgt 36,50 €. Die Oberfläche wird  $2 \times$  geölt.
- Überprüfen Sie durch eine Handarbeitsprobe Ihre geschätzte Zeitermittlung.
- Zeichnen Sie Ihr Projekt in Isometrischer Darstellung im M 1:20 auf ein DIN A4 Blatt.

Die Erarbeitung der nachfolgenden Fragen dient der Wissensfestigung.

- Ergänzen Sie Ihren Lernkatalog.
  1. Wofür werden stehende und liegende Gratleisten eingesetzt?
  2. Welche Teile erhalten die Gratnut?
  3. Warum schneidet man die Gratnut nicht auf die gesamte Holzbreite?



**Bild 7.44** Gegratete Vollholzverbindungen

a) Seite und Boden gegratet, b) Brettfläche mit Gratleiste, c) ein- und zweiseitiger Grat, d) stehende Gratleiste, e) liegende Gratleiste

## 7

Diese handwerklichen Verbindungen sind besonders stabil und formschlüssig. Auch ohne Leimangabe nehmen sie bei passgenauer Form große Belastungen auf.

Die Gratverbindung sichert freistehende verleimte Vollholzflächen gegen Verformen und ermöglichen ihnen gleichzeitig das Arbeiten in der Breite ohne Rissbildung (7.44). Wir finden sie ausschließlich bei Vollholzkonstruktionen. Sie kann von Hand oder maschinell mit der Oberfräse hergestellt werden.

**Gegratete Seiten und Böden.** Das durchgehende Teil erhält stets die Gratnut, die quer dazu angeordneten Böden oder Mittelseiten erhalten den Grat mit einer Schräge von ca. 75° (7.44a).

Die Tiefe der Gratnut soll nicht mehr als  $\frac{1}{3}$  betragen, damit die Brettfläche genügend Stabilität behält und sich beim Einschieben des Grats nicht hohl zieht. Gratfeder und Gratnut sind leicht konisch (keilförmig) auszuführen. Dadurch wird das Zusammenfügen erleichtert. Durch den Druck der Gratfeder an die Nutwangen entstehen im Holz Scherkräfte. Erforderlich ist deshalb bei Brettflächen ein Vorholz von mind. 30 mm, um ein Abscheren in der Faser zu vermeiden. Der Grat kann einseitig oder zweiseitig ausgeführt werden (7.44c). Der zweiseitige Grad weist durch die Einspannung eine höhere Festigkeit auf. Da man bei Böden und Seiten Holz mit gleichem Faserverlauf verbindet, kann der Grat auf der ganzen Länge ver-

leimt werden. Die Gratfeder muss sich etwa  $\frac{2}{3}$  der Länge leicht einschieben lassen und im letzten Drittel stramm anziehen.

### Gratleisten

Das Werfen freistehender Vollholzflächen (Platten, Türen) verhindert man durch Grat- oder Hirnleisten. Sie müssen gleichzeitig das Arbeiten der Holzfläche in der Hauptschwundrichtung ohne Rissbildung ermöglichen. Sie verlaufen immer quer zum Langholz der Vollholzfläche. Für das Quellen und Schwinden in der Fläche muss am Ende der Gratnut Luft bleiben. Damit die Verbindung fest anzieht und die auftretenden Kräfte aufnimmt, verjüngen sich Gratfeder und Gratnut um ca. 2 mm auf 500 mm Länge. Bei der Holz Auswahl für die Gratleiste muss auf einen günstigen Jahresringverlauf geachtet werden, um das Schwinden gering zu halten. Besonders geeignet ist Hartholz mit feinen Jahresringen. Da unterschiedliche Holzrichtungen zusammenkommen, dürfen Gratleisten nur ca.  $\frac{1}{3}$  verleimt werden, damit der Rest ungehindert arbeiten kann.

Man unterscheidet stehende und liegende Gratleisten:

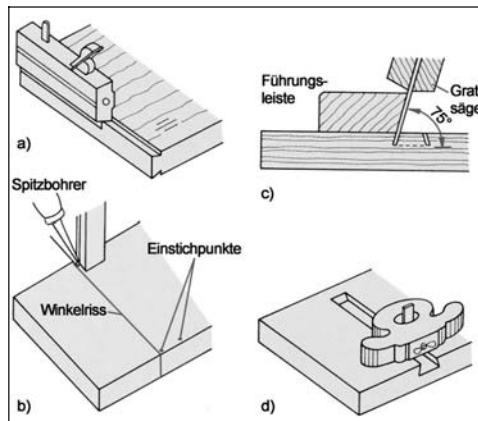
Die **stehende Gratleiste** ist schmal und hoch (7.44d). Wir verwenden sie für Tische, Arbeitsplatten, wo vorwiegend Belastungen senkrecht zur Fläche auftreten. Sie widersteht der Verformungskraft des Vollholzes am besten und hält die Fläche eben.

Die **liegende Gratleiste** ist breit und flach (7.44e). Wir verwenden sie meist für stehende Flächen (Türen), wo die Hauptbelastung in der Plattenebene auftritt. Bei Türen werden häufig die Bänder daran angeschlagen.

Wegen ihrer großen Breite muss auf stehende Jahresringe besonders geachtet werden. Sonst lockert sie sich leicht beim Schwinden und verzieht sich.

#### Herstellung von Hand (7.45)

*Gratfeder anstoßen:* Den Grathobel auf ein Drittel der Brettstärke einstellen. Damit den Außengrad gerade und den Innengrad verjüngt anstoßen (ca. 2 mm auf 500 mm).



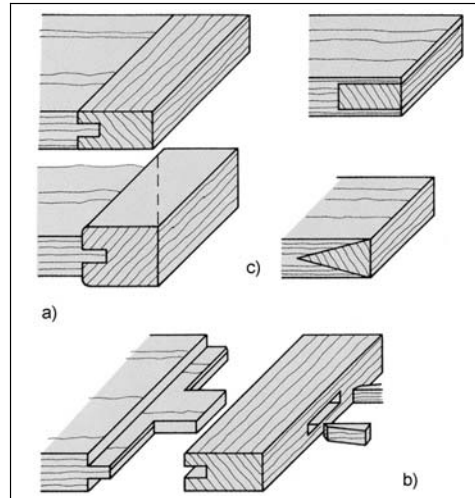
**Bild 7.45** Herstellen einer Gratverbindung

- a) Gratfeder anstoßen
- b) Gratnut anreißen
- c) Gratnut schneiden
- d) Gratnut ausarbeiten

*Gratnut anreißen:* Mindestens 50 mm Vorholz stehen lassen, parallel zur Hirnholzkante werden Außen- und Innenkante der Gratleiste angerissen, mit beiden Enden die Maße der angestoßenen Gratfeder mit Spitzbohrer markieren. Mit einer geraden Leiste sind die Punkte zu verbinden. Nuttiefe an der Brettkante anreißen.

*Gratnut einschneiden:* an einer Führungsleiste mit der Gratsäge schneiden.

*Gratnut ausarbeiten:* mit einem Stecheisen grob vorstemmen. Nutgrund mit einem Grundhobel sauber ausarbeiten. Zwischen dem Grund der Gratnut und der Gratfeder muss etwas Luft bleiben.



**Bild 7.46** Hirnleisten und Hirnfedern

- a) Hirnleisten
- b) Hirnleiste gestemmt
- c) Hirnfeder

*Zusammenpassen und verleimen:* Die Verbindung soll erst im letzten Drittel stramm passen, Leimangabe auf ein Drittel der Länge. Bei der maschinellen Herstellung mit Oberfräse wird meist zuerst die Gratnut eingefräst und dann die Gratleiste angepasst.

#### Hirnleisten

Hirnleisten und -federn verwendet man zur Stabilisierung schmaler Holzflächen, wenn Gratleisten störend sind. Sie schützen gleichzeitig das Hirnende der Fläche. Als Verbindung am Hirnende der Platte dient eine Feder oder ein verkeilter Zapfen (7.46). Die Federn oder Leisten sollten aus Hartholz sein. Weil Quer- und Langholz zusammentreffen, dürfen Hirnleisten und -federn nur in der Mitte verleimt werden. Dadurch ist das Arbeiten nach beiden Seiten möglich.

#### Beachte beim Gratzen:

- Ausreichend Vorholz stehen lassen
- Nuttiefe max.  $\frac{1}{3}$  der Holzdicke, Gratfeder und Gratnut verjüngen, am Gratgrund Luft lassen, Gratleiste aus hartem Holz, Jahresringverlauf beachten. Gratleisten nur im vorderen Drittel verleimen.



### 7.5.3 Gezinkte Eckverbindung

#### Arbeitsauftrag Nr. 56 Lernfeld LF 2,4,12

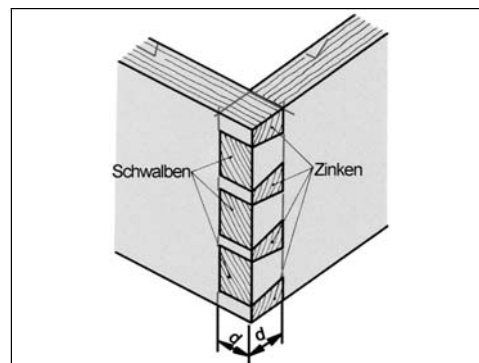
- Die Galerie benötigt acht Aufbewahrungskästen für Prospektmaterial.  
Aus Gründen der optischen Gestaltung sollen je zwei Kästen mit offener Zinkung, halbverdeckter Zinkung, schräg Zinkung (15 Vorder- und Hinterstück) und Fingerzinkung gefertigt werden.  
Die Maße für die Kästen betragen 25 cm in der Breite und Länge (Bodenmaß), 120 mm in der Höhe. Für den Boden ist eine Furnierplatte mit 6 mm Stärke zu verwenden, die stumpf angeleimt werden kann.  
Beachten Sie bei der Erstellung Ihrer Projektmappe folgende Hinweise:
  - Präsentationsdeckblatt
  - Zeichnung der Zinkeneinteilung mit Berechnungsbeispiel für jede Zinkenart
  - Arbeitsablaufpläne für die verschiedenen Zinkungsarten
  - Kalkulation für 8 Kisten bei einem Stundenlohn von 36,50 €.
  - Die Oberflächen werden 2 × geölt.
  - Überlegen Sie, wie der Angebotspreis durch alternative Verbindungen und Materialeinsatz günstiger gestaltet werden kann
  - Überprüfen Sie Ihre Zeitvorgabe durch praktische Handarbeitsproben in Ihrer Ausbildungswerkstatt.
- Die folgenden Fragen können als Strukturhilfe zur Lösung Ihres Arbeitsauftrages genutzt und in Ihren Fragenkatalog eingearbeitet werden.
  1. Nennen Sie Eigenschaften und Vorzüge der Zinkenverbindungen.
  2. Was müssen Sie bei der Zinkenteilung berücksichtigen?
  3. Wie lautet die Grundregel zur Zinkenteilung?
  4. Warum erhalten bei Schubkästen die Vorder- und Hinterstücke die Zinken?
  5. Welche Möglichkeiten der Zinkenverbindung gibt es?
  6. Welche Vorzüge haben Fingerzinken?

**Zinken** sind eine alte handwerkliche Eckverbindung bei Vollholzkonstruktionen wie Schubkästen, Truhen und Kastenmöbeln. Die Verbindung ist zweckmäßig und formschön zugleich. Sie dient heute noch als Nachweis für handwerkliches Können und ist Bestandteil der Gesellen- und Meisterprüfung.

**Gezinkte Eckverbindungen** sind ähnlich wie Gratverbindungen in der Hauptbelastungsrichtung formschlüssig. Die Verbindungselemente sind keilförmige und gerade Zapfen, die man Zinken bzw. Schwalben nennt. Durch die Verzahnung erhält die Verbindung eine große Festigkeit und kann ohne Spannwerkzeug verleimt werden. Die verbundenen Teile können ungehindert schwinden und quellen, aber sich nicht werfen. Von Bedeutung für die Haltbarkeit der Verbindung ist die Schräge der Schwalben. Sie können leicht in Faserrichtung abscheren,

wenn die Schräge zu groß gewählt wird (ideal sind 75 bis 80°).

Wir unterscheiden offene, halbverdeckte, Gehrungs-, Schräg-, Zier- und Fingerzinken.



**Bild 7.47** Einfache (offene) Zinken

Bei den *offenen Zinken* sind Schwalben und Zinken an beiden Außenseiten sichtbar (7.47). Welches Teil der Zinken bekommt, hängt von der späteren Beanspruchung und dem Zusammenbau ab. Bei Schubkästen erhalten in der Regel die Vorder- und Hinterstücke die Zinken. (*Warum?*)

**Zinkeneinteilung.** Weil die Zinken Kräfte übertragen und zugleich schmücken, müssen sie gleichmäßig eingeteilt werden. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Als wichtige Gesichtspunkte sind zu beachten:

- Richtmaß für die Zinken- und Schwalbenabmessung ist die Holzdicke „ $d$ “
- die Zinkenschräge soll ca.  $80^\circ$  betragen (Seitenverhältnis 1:6)
- der Eckzinken darf nicht zu schwach ausgebildet werden.

Von den verschiedenen Möglichkeiten für die Einteilung werden zwei näher beschrieben.

**1. Möglichkeit.** Die Einteilung der Zinken und Schwalben wird dabei auf der Mittellinie der Hirnholzhälfte am Zinkenstück vorgenommen (Streichmaßriss). Die mittlere Schwalbenbreite entspricht etwa der Holzdicke. Die Zinken sind halb so breit wie die Schwalben. Daraus ergeben sich auf der Mittellinie bei gleichmäßiger Einteilung in der Holzbreite jeweils 2 Teile für die Schwalben- und ein Teil für die Zinkenbreite (7.48a).

$$\text{Anzahl der Schwalben} = \frac{\text{Holzbreite}}{1,5 \times \text{Holzdicke}}$$

$$\text{Anzahl der Zinken} = \text{Anzahl der Schwalben} + 1 \text{ (Eckz.)}$$

$$\text{Anzahl der Teile} = \text{Schwalbenzahl} \times 2 + \text{Zinkenzahl}$$

$$\text{Teilemaß} = \frac{\text{Holzbreite}}{\text{Anzahl der Teile}}$$

**Regel:** Mittlere Schwalbenbreite = 2 Teile (etwa Holzdicke)  
Mittlere Zinkenbreite = 1 Teil (etwa halbe Holzdicke)

#### Beispiel

Holzbreite 100 mm, Holzdicke 20 mm

$$\text{Anz. der Schw.} = \frac{100}{30} = 3,33 = 3 \text{ Schwalben}$$

$$\text{Anz. der Zinken} = 3 + 1$$

Anz. d. Teile: 3 Schw.  $\times$  2 + 4 Zinken = 10 Teile

$$\text{Teilemaß: } \frac{100}{10} = 10 \text{ mm}$$

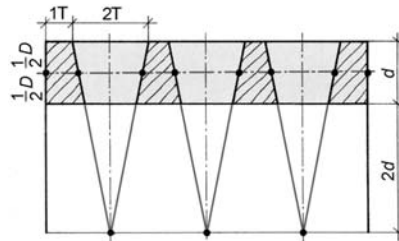


Bild 7.48 Zinkeneinteilung auf der Mittellinie

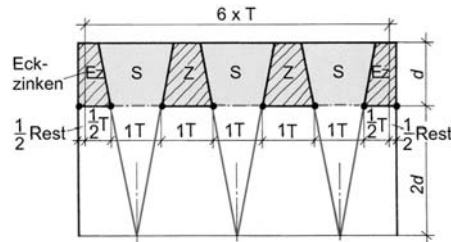


Bild 7.49 Zinkeneinteilung an der Innenkante

**2. Möglichkeit.** Die Einteilung erfolgt an der Innenkante der Hirnholzfläche des Zinkenstücks. Man teilt die Holzbreite durch die Holzdicke. Das Ergebnis wird auf eine gerade Zahl gerundet (z.B. 4, 6, 8) und ergibt die Anzahl der Teile. An der Innenkante sind Sch + Z gleich breit und entsprechen den Abmessungen der Teile. Anschließend teilt man die Holzbreite durch die Anzahl der Teile. Dabei rechnet man auf volle mm, Restbeträge werden später auf die Eckzinken verteilt. Für die Eckzinken rechts und links wird je  $1/2$  Teil +  $1/2$  Rest abgetragen. Die restlichen Teile werden an der Innenkante abgemessen (7.49).

$$\text{Anzahl der Teile} = \frac{\text{Holzbreite}}{\text{Holzdicke}}$$

Ergebnis runden auf *gerade* Zahl

$$\text{Abmessung der Teile} = \frac{\text{Holzbreite}}{\text{Teile}}$$

Ergebnis abrunden auf mm, der Rest wird je zur Hälfte auf die Eckzinken verteilt ( $1/2$  Teil +  $1/2$  Rest)

**Beispiel**

Holzbreite: 100 mm, Holzdicke: 20 mm

Anzahl der Teile:  $\frac{100 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 5 \rightarrow 6$

(gerundet auf gerade Zahl)

Abmessung der Teile:  $\frac{100 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 16 \text{ mm} + 4 \text{ mm}$

(Rest)

Eckzinken: 1/2 Teil + 1/2 Rest

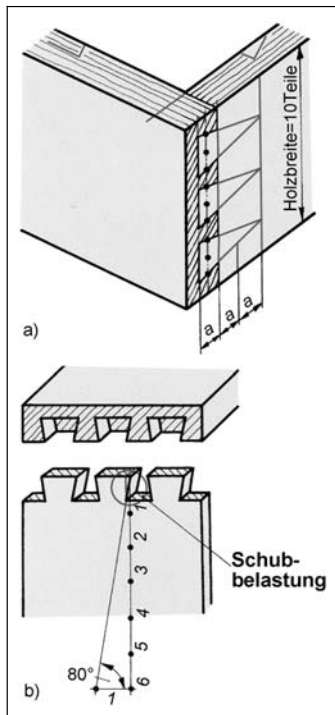
8 mm + 2 mm = 10 mm

Zinken und Schwalben abmessen.

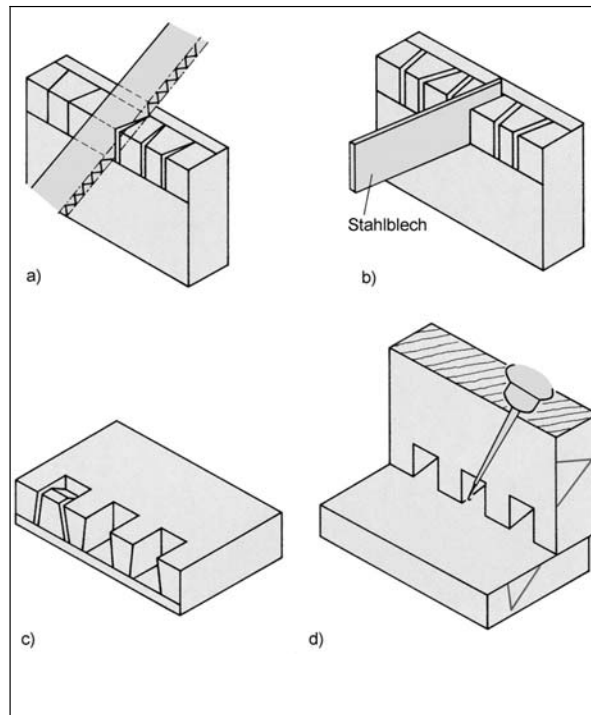
Die Zinkenschräge kann vom geübten Tischler nach Augenmaß ausgeführt werden. Eine Zinkenschablone erleichtert jedoch die Arbeit und ermöglicht eine gleichmäßige Teilung.

**Herstellung der offenen Zinkung.** Mit dem auf die Holzdicke des Gegenstücks eingestellten Streichmaß reißen wir die Schwalben- und Zinkenlänge von der sauber bestoßenen Hirnkante aus an. Nach dem Anreißen der Zinken werden die abfallenden Teile gekennzeichnet. Mit der Absetzsäge schneiden wir auf der abfallenden Seite genau am Riss. Beim Ausstemmen beginnen wir neben dem Riss, stemmen bis zur halben Holzdicke, wobei eine Auflage stehen bleibt. Anschließend stemmen wir von der Rückseite das Stück fertig aus. Zum Anreißen der Schwalben stellen wir das fertige Zinkenteil mit der Hirnseite so auf das Gegenstück, dass es mit den seitlichen Kanten bündig steht. Mit dem Spitzbohrer reißen wir die Zinkenumrisse auf das Schwalbenteil an und übertragen die Risse winklig auf die Hirnseite. Nun können wir die Schwalben anschneiden und ausstemmen. Nach dem Absetzen der Außenecken des Schwalbenstücks werden die Teile zusammengepresst, innen verputzt und verleimt.

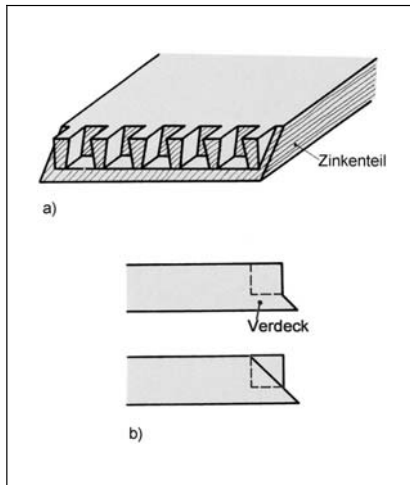
7



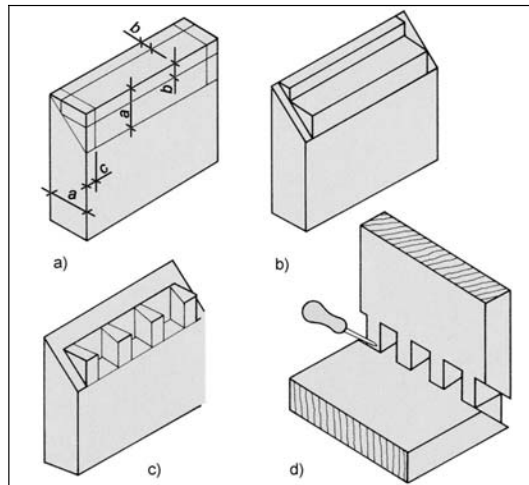
**Bild 7.50** Halbverdeckte Zinken  
a) Schema b) Seitenverhältnis 1:6  $\triangle 80^\circ$  = Zinkenschräge



**Bild 7.51** Herstellen einer halbverdeckten Zinkung  
a) Zinken anschneiden, b) Sägeschnitt nacharbeiten, c) Zinken ausstemmen, d) Schwalben anreißen



**Bild 7.52** Verdeckte Zinken (Gehrungszinken) a) Schema  
b) 2 Möglichkeiten der Fugenausbildung



**Bild 7.53** Herstellen einer verdeckten Zinkung (Gehrungszinkung) a) Verdeck anreißen, b) Falzen, c) Zinken herstellen, d) Schwalben anreißen

**Halbverdeckte Zinkung.** Hierbei ist nur eine Seite der Verbindung sichtbar, die Hirnholzflächen der Schwalben bleiben verdeckt (7.50). Diese Verbindung wählt man für Schubkasten-Vorderstücke und andere Teile, wo die Zinkung von einer Seite nicht sichtbar sein soll. Die Dicke des Verdecks sollte etwa  $1/3$  bis  $1/4$  der Holzdicke betragen.

**Herstellung.** Das Verdeck wird von der Innenseite aus mit dem Streichmaß angerissen (Holzdicke- $1/4$ ). Mit der gleichen Einstellung reißen wir von der Hirnfläche aus die Schwalbenlänge an. Die Zinkeneinteilung erfolgt wie beschrieben und lässt das Verdeck unberücksichtigt. Die Zinken schneidet man von der Innenseite des Werkstücks aus mit schräg geführter Säge an. Da der Zinkengrund von der Säge nicht erfasst wird, kann durch vorsichtiges Einschlagen eines Stahlblechs (angeschliffenes altes Sägeblatt) der Sägeschnitt in diesem Bereich vertieft werden. Nach dem Ausstemmen der Zinken folgen für das Schwalbenteil die gleichen Arbeitsgänge wie bei der offenen Zinkung (7.51).

**Gehrungszinkung.** Hierbei ist die Konstruktion nicht sichtbar. Sie eignet sich für furnierte Werkstücke. Die Haltbarkeit ist geringer als bei der offenen Zinkung. Beim Anreißen ist darauf zu achten, dass außer dem Zinken- auch das Schwalbenstück ein Verdeck erhält wie bei der halbverdeckten Zinkung  $1/4$  bis  $1/3$  der Holzdicke (7.52). Wir das Verdeck um den Eckzinken herum jeweils um  $45^\circ$  abgesetzt, bekommt man eine Gehrung.

**Herstellung.** Mit dem Streichmaß reißt man von der Hirnfläche aus auf der Innenseite die Holzdicke an (a). Es folgt das Anreißen der Verdeckwange ( $1/3$  bis  $1/4$ ) an den Hirnkanten – anders als bei der verdeckten Zinkung – von der Außenseite (b). Mit der gleichen Streichmaßeinstellung wird von der Hirnfläche die Innenfläche angerissen (b). Anschließend reißt man an den Außenkanten die Gehrung und Gehrungsbreite (c) an. Mit der Absetzsäge werden die Teile so eingeschnitten und abgesetzt, dass ein Falz entsteht und die Verdeckwange stehen bleibt. Dann werden die Gehrungen an den Ecken angeschnitten. Das Anschneiden und Ausstemmen führt man wie bei der halbverdeckten Zinkung aus. Zuletzt wird mit einem Simshobel die Gehrung an den Verdeckwangen angestoßen (7.53).

**Schrägzinkung.** Die einfache Schrägzinkung wendet man bei Werkstücken mit einer schrägen Neigung an einer Seite an wie z.B. Schubkästen mit schrägem Vorderstück. Die Zinkung wird offen oder halbverdeckt ausgeführt.

Beim Anreißen der Schrägzinkung muss man darauf achten, dass die Mittellinie der Schwalben parallel zur Holzfaser verläuft, damit die Schwalben nicht abscheren. Deshalb ist es sinnvoll zuerst die Schwalben anzureißen und fertig zustellen. Ein einfaches Verfahren für das Anreißen soll beschrieben werden.

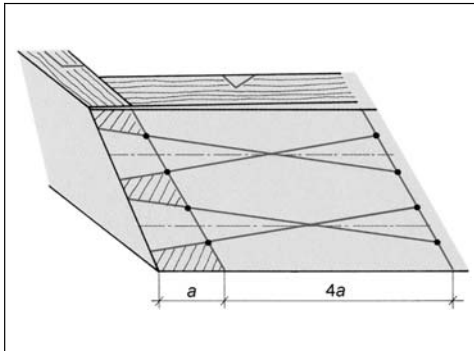


Bild 7.54 Schrägzinken (halbverdeckt)

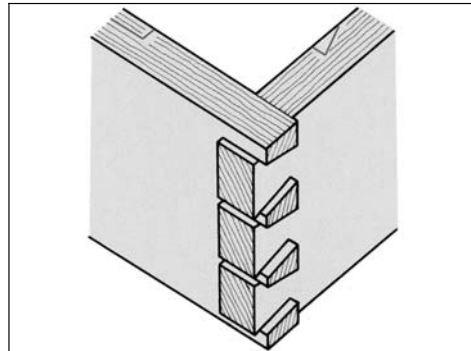


Bild 7.55 Zierzinken

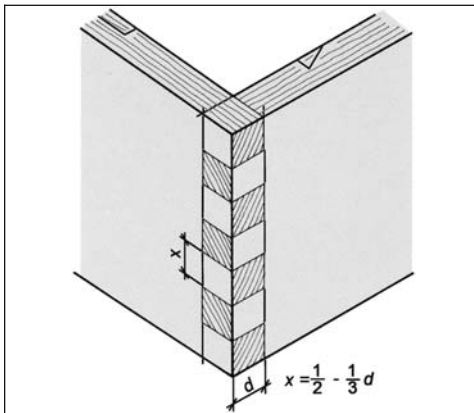


Bild 7.56 Fingerzinken

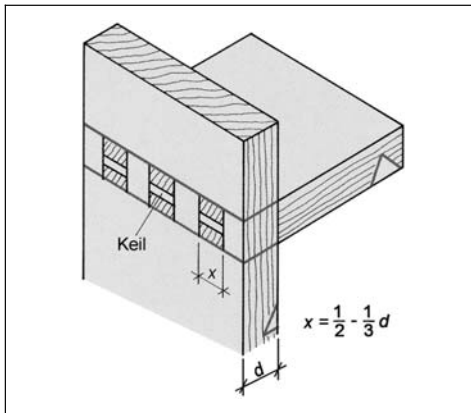


Bild 7.57 Fingerzapfen

7

Nach Anreißen der Holzdicke teilen wir die Zinken am Schwalbenstück ein. Mit der Schmiege reißen wir die vierfache Holzdicke als Parallelriss an und übertragen die Zinkeneinteilung auf diesen Riss. Durch die diagonale Verbindung der Punkte erhalten wir die Schwalbennurrisse, deren Mitte faserparallel verläuft (7.54).

**Zierzinken.** An freistehenden Vollholzmöbeln wie Truhen oder Kästen kann man die Zinkeneckverbindung hervorheben und dem Möbel damit ein besonderes Gepräge verleihen. Die Zinken- und Schwalbenteile lässt man etwas überstehen (mind. 5 mm) und fast oder rundet die Kanten (7.55).

**Maschinenzinken** ermöglichen es, die zeitaufwendige handwerkliche Fertigung durch Maschineneinsatz zu verkürzen. Bei maschinell hergestellten Zinken fräst man mit einem Gratfräser Zinken und Schwalben. Die Schwalbenecken sind an der Stirnseite gerundet – bei

offenen Zinken fällt dies sofort auf, bei halbverdeckten ist es von außen nicht erkennbar. Die Herstellung der passgenauen Verbindung ist bei großer Stückzahl zeitsparend.

**Fingerzinken** (Parallelzinken) haben parallele Schnittflächen. Die formgleichen Zinken beider Teile mit einer Breite von  $1/2$  bis  $2/3$  der Holzdicke ähneln Zapfen (7.56). Man kann die Verbindung mit der Kreissäge oder Tischfräse herstellen, erzielt so eine hohe Passgenauigkeit und damit besonders hohe Festigkeitswerte. Die Anfertigung von Hand ist selten.

**Fingerzapfen** eignen sich für Vollholzböden in Regalen (7.57). Die Zapfenlöcher sind von beiden Seiten genau anzureißen und zu stemmen. Durch Verkeilen der Zapfen diagonal oder quer zur Faser der Seite erhält die Verbindung mehr Festigkeit.

### 7.5.4 Gespundete, gedübelte und gefederte Eckverbindungen

#### **Arbeitsauftrag Nr. 57 Lernfeld LF 2.4.12**

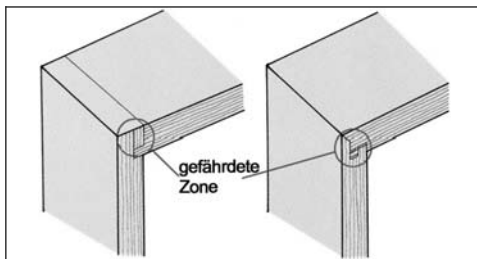
- Ihre Firma benötigt für das Verkaufsbüro ein Präsentationsplakat auf dem gespundete, gedübelte und gefederte Eckverbindungen dargestellt sein sollen.

Wählen Sie für das Plakat das DIN A2 Format.

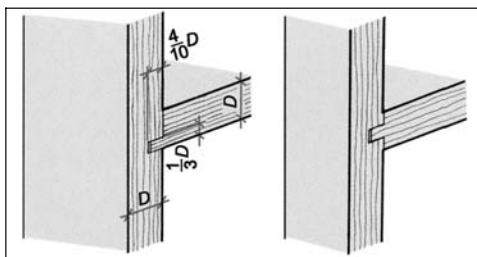
Skizzieren/Zeichnen Sie die Verbindungen im M 2:1 um die Anschaulichkeit zu verbessern. Beschriften und bemaßen Sie Ihre Darstellungen nach DIN 919.

- Folgende Fragen können als Strukturhilfe dienen und in Ihren Lernkarteiordner eingearbeitet werden.
  1. Erläutern Sie den Unterschied von gespundeten, gedübelten und gefederten Eckverbindungen.
  2. Welche Arbeiterleichterungen bieten Dübelloch-Schablonen und Dübelfix?
  3. Mit welchen Dübeln stellen Sie Korpuseckverbindungen auf Gehrung her?
  4. Warum setzt man Federeckverbindungen nur bei Vollholz und Sperrholz ein?
  5. Beschreiben Sie den Schrankverbinder und seine Anwendung.

Die Belastbarkeit von verleimten Eckverbindungen in Plattenbauweise richtet sich vor allem nach der Größe der Leimfläche und ihrer Oberfläche. Verbindungsmittel dienen oft vorrangig der Lagefixierung, aber auch dem Vergrößern der Leimfläche und dem Ableiten von Kräften.



**Bild 7.58** Gespundete Korpuseckverbindungen



**Bild 7.59** Gespundete Böden

Die **gespundete Eckverbindung** ist eine Nut- und Federverbindung mit angeschnittener Feder (7.58). Sie wird bei Korpuseck- und

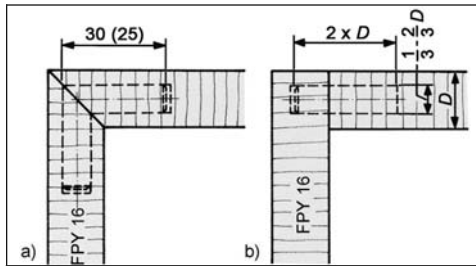
T-förmigen Verbindungen von Seite und Zwischenboden aus Vollholz verwendet (7.59). Man setzt sie heute nur noch selten ein, weil Vollholz leicht absichert bzw. bei Zwischenböden leicht spaltet und die Seitenteile durch die durchgehende Nut stark geschwächt werden.

Für Vollholz- und Plattenbaukonstruktionen dienen heute vorzugsweise Dübel, Federn und Schrankverbinder als Verbindungsmittel. In der Serienfertigung haben sie Vorteile: rationelle Fertigung, wenig Verschnitt. Bei Korpuseckverbindungen gibt es lösbare und feste Verbindungen sowie stumpfe und auf Gehrung gearbeitete.

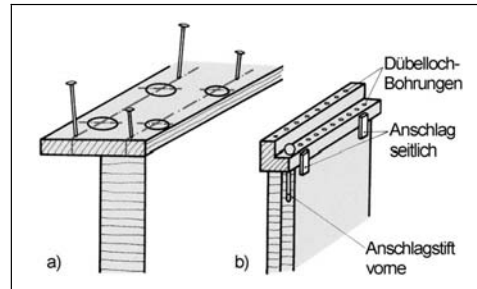
**Gedübelte Verbindungen** sind leicht herzustellen und schwächen vor allem bei Spanplatten den Querschnitt nicht allzu sehr. *Gerade* Dübel richten sich in Länge und Durchmesser nach der Holz oder Plattendicke (7.60b). Das Dübelloch wird etwas tiefer gebohrt, um Platz für überschüssigen Leim zu lassen. Im Handwerk wird teilweise noch mit dem Streichmaß angerissen, rationeller arbeitet man mit selbst gefertigten Dübelloch-Schablonen, dem Dübelfix oder mit Dübelmaschinen (7.61). Bei diesen Methoden entfällt das Anreißen, die Anzahl der Dübellöcher und ihre Abstände in der Korpustiefe sind bestimmbar. Wichtig ist das genaue Anschlagen und Fixieren der Geräte, bevor man mit der Hand- oder Ständerbohrmaschine bohrt.

*Winkel-* oder *Eckdübel* ermöglichen Korpuseckverbindungen auf Gehrung (7.60a). Zuerst werden die Dübellöcher in Korpuseite und

Boden gebohrt, dann erst sägt oder fräst man auf Gehrung. Bei umgekehrter Reihenfolge würde der Bohrer auf der schrägen Gehrungsfläche abrutschen, weil er nicht durch die Spitze geführt wird.



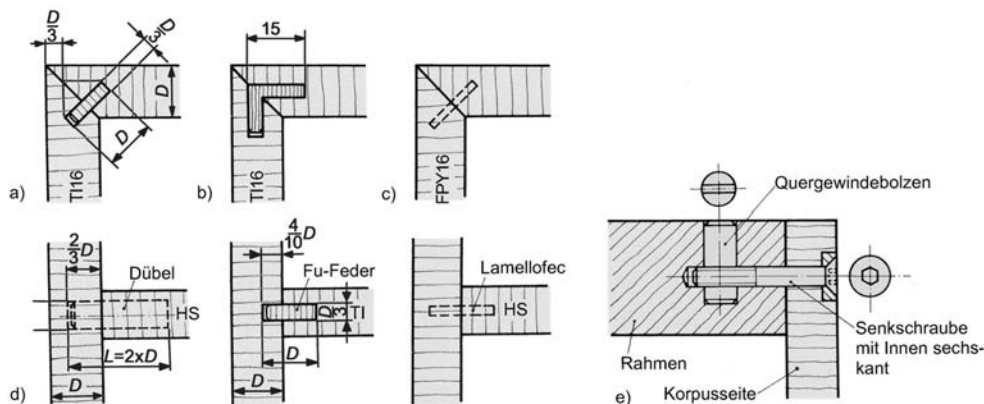
**Bild 7.60** Gedübelte Korpuseckverbindungen (Schnitte) a) auf Gehrung gedübelt, b) stumpf gedübelt



**Bild 7.61** a) Dübelloch-Schablone, b) Dübelfix

Die in Bild 7.60 gewählte Darstellung der Dübel ist weiterhin zulässig. Empfohlen wird die vereinfachte Darstellung im Bild 8.14b.

7



**Bild 7.62** Gefederte Korpuseckverbindungen (Schnitte) a) auf Gehrung gefedert (gerade Feder), b) Winkelfeder, c) Formfeder, d) T-förmige Verbindungen von Seite und Boden, e) Schrankverbinder, demontabel (lösbar)

**Gefederte Verbindungen** haben im Gegensatz zu gespundeten keine angeschnittene, sondern eine eingesetzte Feder (Fremdfeder, 7.62). Sie schwächen den Holzquerschnitt erheblich und werden deshalb nur bei Massivholz- oder Sperrholz-Eckverbindungen eingesetzt. Auch für die T-förmige Verbindung von Seiten und Boden können wir Federn oder Dübel verwenden (7.62d). Eine besondere Verbindung ist der Schrankverbinder, eine Senkschraube mit Quergewindebolzen (7.62e).

**Lösbare Korpuseckverbindungen.** Zur Platzersparnis beim Lagern und Transportieren

werden Schränke heute überwiegend mit lösbaren Verbindungen gebaut. Es gibt eine große Auswahl von Beschlägen für zerlegbare Möbel aus Metallen, Metalllegierungen und Kunststoffen. Sie unterscheiden sich

- in der Form der Korpusverbindung (stumpf, auf Gehrung),
- in der Wirkungsweise des Verbindungsmittels (Trapez-, Exzenter-, Schraubverbinder),
- im Einbau in Seite oder Boden (aufgesetzt, ganz oder teilweise eingelassen).

Im eingebauten Zustand werden die Anzugsbolzen mit Schraubendreher oder Inbusschlüssel angezogen. Als Fixierungshilfe können vorher eingeleimte Dübel ein Versetzen der

Böden nach oben oder unten verhindern. Bei der Auswahl des Beschlags sind das Material (Vollholz, Plattenwerkstoffe), die Holzdicke und die Optik zu beachten.

## 7.6 Gestellverbindungen

### Arbeitsauftrag Nr. 58 Lernfeld LF 2,4,12

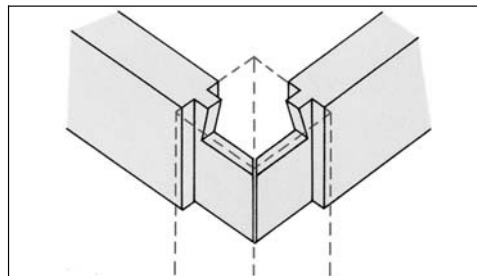
- Ihr Berufsschullehrer möchte, dass Sie einen Kurzvortrag über Gestellverbindungen halten. Schreiben Sie zur Vorbereitung einen Bericht, den Sie auch für Ihr Berichtsheft verwenden können.  
Entwerfen Sie zur Unterstützung Ihres Vortrages eine Folie mit Beispielhaften Verbindungen (Skizze /Zeichnung).
- Die Beantwortung der folgenden Fragen dient der Vorbereitung und Strukturierung Ihres Vortrages.
  1. Welche Eckverbindung wählen Sie für eine dekorative Telefonkonsole aus Vollholz? Begründen Sie Ihm Wahl.
  2. Was versteht man unter Gestellverbindungen?
  3. Woraus bestehen Gestellverbindungen?
  4. Weshalb baut man bei Hockern und Tischen einen verkeilten Steg zwischen zwei Stollen ein?

7

Gestellverbindungen finden wir bei Tischen, Sitz- und Liegemöbeln sowie Möbelunterbauten. Sie verbinden Stollen und Zargen winkelt stabil miteinander. Stege steifen häufig die Konstruktion zusätzlich aus. Die Gestellverbindung ist eine Weiterentwicklung der Rahmeneckverbindung: durch das Verbinden von drei Teilen entsteht eine Raumeckverbindung (7.63). Wegen der hohen Belastungen und der auftretenden Drehmomente, die besonders beim Verrücken der Möbel wirksam werden, muss die Eckverbindung eine große Festigkeit aufweisen. Die Verbindung von Stollen und Zarge kann gestemmt oder gedübelt ausgeführt werden. Durch die Anordnung der Zargen außen am Stollen erhalten wir eine große Zapfen- bzw. Dübellänge, was die Stabilität der Verbindung erhöht.

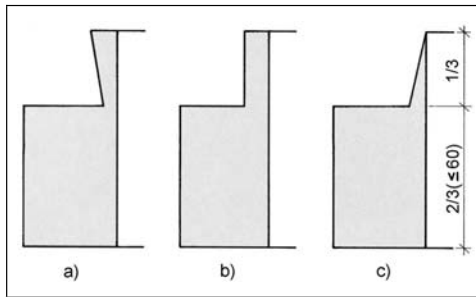
**Gestemmt Stollenverbindung.** Diese Verbindung ist sehr stabil aber aufwendig herzustellen (7.63). Die Zarge sollte aus gestalterischen Gründen mit einem kleinen Rücksprung an den Stollen anschließen. Die Zapfenenden erhalten eine Gehrung mit ausreichend Luft (ca. 2 mm), damit die Zarge beim Schwinden nicht auseinandergedrückt wird. Durch den Gehrungsanschluss erreicht man eine große Zapfenlänge

und Leimfläche. Der Zapfen wird i.R. bei 2/3 der Höhe ausgeklinkt, soll aber nicht breiter als 60 mm sein, damit er durch starkes Schwinden nicht locker wird. Im oberen Bereich bleibt ein Nutzapfen stehen, der nicht verleimt wird. Er hält die Brüstungsfuge dicht und verhindert das Werfen der Zarge. Der Nutzapfen kann unterschiedlich ausgebildet sein (7.64). Günstige Festigkeitswerte erzielt man mit dem schräg verlaufenden Nutzapfen (unterschnitten), weil dadurch der Zapfen in der gesamten Länge eingespannt ist. Bleibt das Hirnholz des Stollens sichtbar (z.B. Stuhlbein), wählt man den schräg auslaufenden Nutzapfen (7.64c).

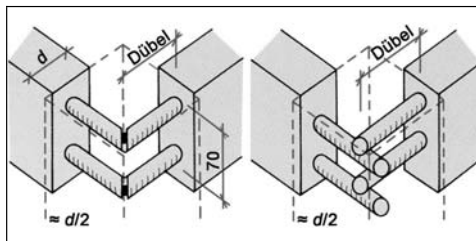


**Bild 7.63** Gestellverbindung: gestemmt Zapfen mit schrägem Nutzapfen





**Bild 7.64** Nutzapfenformen  
a) schräg untersetzt, b) gerade, c)  
schräg auslaufend



**Bild 7.65** Gedübelte Gestellverbindung a) auf  
Gehrung, b) versetzt angeordnet

**Herstellung.** Anreiben der Teile, Schlitzern der Zarge, Ausklinken des Zapfens, Absetzen des Zapfens, Herstellen der Zapfenlöcher (manuell Stemmen; maschinell mit Langlochbohrmaschine oder Kettenfräse).

Gedübelte Stollenverbindungen finden wir hauptsächlich in der industriellen Fertigung. Die Verbindung mit Dübeln ist rationell herzustellen und bringt Zeit- und Holzersparnis. Bei einer fachgerechten Ausführung erzielen wir die gleiche Stabilität wie mit dem gestemmt Zapfen. Wesentlich für die Haltbarkeit ist eine große Dübellänge. Bei einer hohen Zarge lassen sich die Dübel versetzt anordnen (verzahnt). Bei einer schmalen Zarge schneidet man die Dübel auf Gehrung oder kürzt sie wechselseitig (7.65).

Für **quadratische Stollen und Zargen**, die flächenbündig anschließen sollen, verwenden wir folgende weitere Verbindungstechniken:

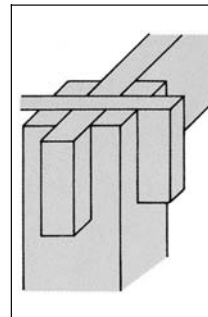
**Keilzinken:** Durch Spezialfräser erreichen wir einen formschlüssigen und passgenauen An-

schluss mit einer großen Leimfläche. Mit der rationell herzustellenden Verbindung erzielt man hohe Festigkeit (7.67). Weitere Möglichkeiten sind die Verbindung der quadratischen Querschnitte durch **Zapfen** oder **Dübel**. An der Gehrungsfuge bleibt eine schmale Wange stehen (7.68).

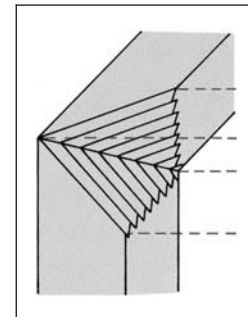
**Verbindungsbeschläge** findet man hauptsächlich bei zerlegbaren Gestellmöbeln. Im Fachhandel sind unterschiedliche Systeme für die Verbindungselemente erhältlich. Durch Dübel oder eine Feder erreichen wir eine zusätzliche Fixierung und verhindern das Verdrehen der Elemente.

### Sonderausführungen

**Eingeschnittene Zargen:** Die Zargen werden wechselseitig ausgeklinkt und in den Stollen eingelassen. Die Verbindung finden wir meist bei zerlegbaren Möbeln. Durch den Stollenanschluss mit dem Zargenüberstand von 20 bis 40 mm wirkt die Verbindung sehr dekorativ (7.66).

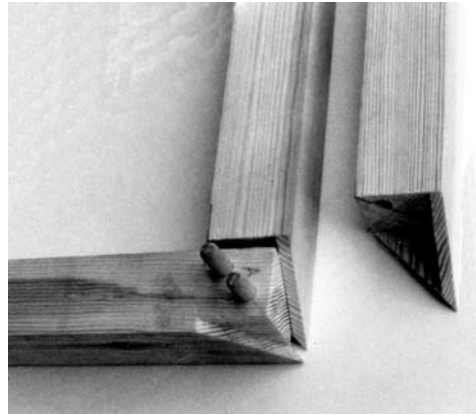
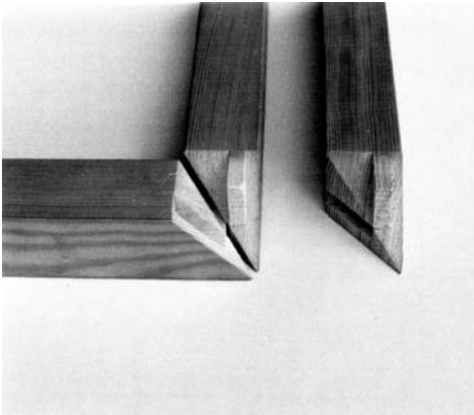


**Bild 7.66**  
Eingeschnittene  
Zargen

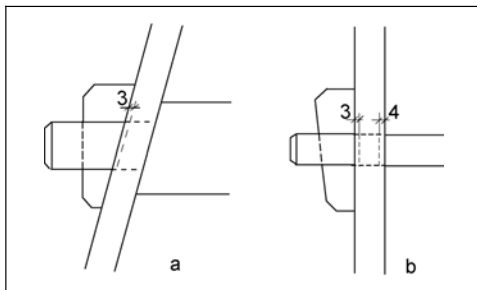


**Bild 7.67**  
Keilzinkenverbindung

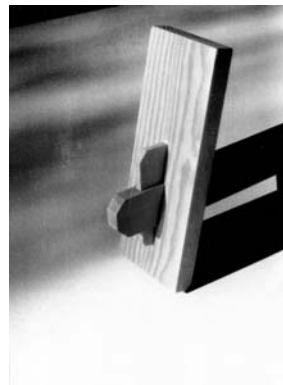
Verkeilter **Stegzapfen**. Den verkeilten Stegzapfen finden wir bei Regalen oder rustikalen Wangenmöbeln wie Tischen und Bänken. Bei entsprechender Ausbildung des Zapfens wirkt diese Zierverbindung sehr dekorativ. Die Verbindung bleibt unverleimt und ermöglicht das Zerlegen des Werkstücks (7.70). Der verlängerte Zapfen erhält das Keilloch, das ca. 3 mm in die Wange hineinreicht, damit der Keil anzieht. Das Vorholz am Zapfen darf nicht zu kurz sein, da es sonst absichert (7.69). Böden lässt man ca. 4 mm in die Seiten ein, um das Werfen der Fläche zu verhindern.



**Bild 7.68** Zarge auf Gehrung a) mit Zapfen, b) mit Dübel



**Bild 7.69** Verkeilter Stegzapfen  
a) mit schräger Wange b) Regalboden eingelassen



**Bild 7.70**  
Verkeilter Stegzapfen

## 8 Möbelbau

### 8.1 Möbelarten und -bauweisen

#### Arbeitsauftrag Nr. 59 Lernfeld LF 5,12

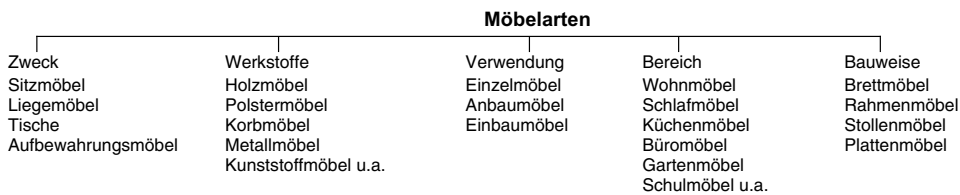
- Erstellen Sie eine Collage zum Thema Möbelbauarten. Nehmen Sie Werbeprospekte und Versandhauskataloge zu Hilfe.

Die folgenden Fragen sollten Sie bei der Erstellung Ihrer Collage leiten.

1. Wodurch werden die Maße eines Möbels bestimmt?
2. Welchen Zweck erfüllt das Möbel?
3. Wie gestalte ich das Möbel?
4. Welche Konstruktion und Bauweise wähle ich?
5. Welche Werkstoffe und Beschläge verwende ich?

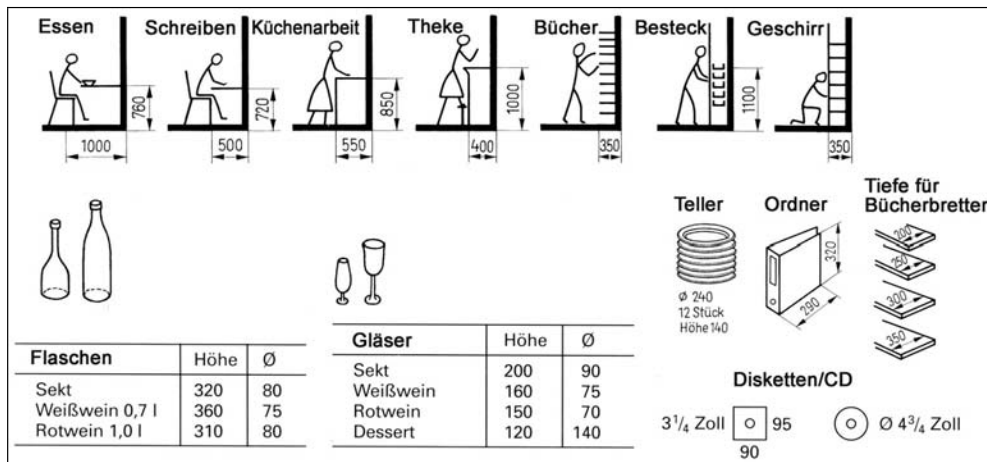
Möbel dienen seit alters her als Einrichtungs- und Gebrauchsgegenstände im Wohn- und Arbeitsbereich. Mit Ausnahme der modernen Einbaumöbel lassen sie sich bewegen – sie

sind „mobil“ (lat. *mobilis* = beweglich) und so zu ihrem Namen gekommen. Einteilen können wir sie nach verschiedenen Gesichtspunkten:



**Maße.** Möbel dienen, wie die Übersicht zeigt, nicht nur der Raumgestaltung, sondern sollen auch zweckmäßig sein. Ein 500 mm hoher Tisch ist nicht zweckmäßig, weil wir uns nicht

auf einem Stuhl daransetzen können. Ein 1000 mm hoher Kleiderschrank ist unzuweckmäßig, weil wir unseren Mantel nicht hineinhängen können.

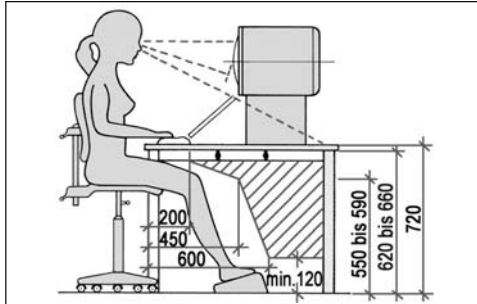


**Bild 8.1** Möbelmaße richten sich nach den menschlichen Körpermaßen (DIN 18011), Maße in mm und den Bedarfsmaßen der Gegenstände

Daraus folgt:

Möbelmaße werden durch die Körpermaße des Menschen und die Bedarfsmaße der entsprechenden Gegenstände bestimmt.

Um zweckmäßige, funktionsgerechte, gebrauchstaugliche Möbel anzufertigen, sind die maßgeblichen Möbelnormen zu beachten!



**Bild 8.2** Mindestbedarf für Beinraum (nach DIN 4549)

Die DIN 18011 unterscheidet nach Arbeits- und Schreibhöhen, Sitzhöhen und -tiefen, Gesamthöhen und Möbeltiefen. DIN 68880 gibt die gegenstandsbezogenen Maße an (8.1). DIN 4549 enthält Angaben zu Schreibtischen, Büromaschinentische und Bildschirmarbeitstische (8.2).

Wichtige Normen für den Möbel im Wohnbereich sind: DIN 68885 (Tische), DIN 68878 (Stühle), DIN 68890 (Kleiderschränke).

### Beispiel

Schreibtischmaße nach DIN 4549

Schreibtische	Plattengröße		
	Breite	Tiefe	Höhe
ohne Unterschrank	1560 bis	780	
1 oder 2 Unter-	1800	800	720
ohne Unterschrank oder mit einem Unterschrank	1200	780 bis 800	720

## Möbelbauweisen

### Arbeitsauftrag Nr. 60 Lernfeld LF 4.5.12

- Erstellen Sie eine Tabelle, in der Sie die vier verschiedenen Möbelbauarten gegliedert darstellen.  
Beginnen Sie mit einer Skizze des jeweiligen Möbelstücks. Benennen Sie die Erkennungsmerkmale, Werkstoffe und Verbindungsmittel.  
Berücksichtigen Sie die geschichtliche Entwicklung des Möbelbaus.  
Folgende Fragen sollten mit Hilfe Ihrer Tabelle beantwortet werden können:
  - Woher kommt das Wort Möbel?
  - Worauf beziehen sich Möbelmaße?
  - Aus welchen Teilen besteht der Rahmenbau?
  - Welche Holzverbindungen wählt man im Rahmenbau und im Gestellbau?
  - Was sind Stollen?
  - Nennen Sie Holzverbindungen beim Plattenbau.

Nach der Beschaffenheit und den konstruktiven Besonderheiten des Möbels unterscheiden wir 4 Bauweisen. Sie haben sich mit der Geschichte des Möbels entwickelt. Worin unterscheiden sie sich?

**Im Brettbau**, der ältesten Bauweise, wird Vollholz verarbeitet. Die Möbelteile fertigt man aus verleimten oder unverleimten Brettern. Dabei nimmt man meist die rechte Seite des Holzes wegen der schöneren Zeichnung nach außen. Beachten müssen wir, dass die

Bretter an den Korpusecken jeweils in gleicher Schwundrichtung verarbeitet werden. Grundsätzlich fügen wir Hirnholz an Hirnholz und Längsholz an Längsholz (s. Abschn. 7.2.2).

Die Brettflächen können wir mit stumpfer Leimfuge, Dübel, Nut und Feder, Nut und angestößener Feder oder Überfällzung verbinden. Boden und Seiten graten, dübeln, zapfen oder zinken wir zusammen (s. Abschn. 7.5.3). Holzverbindungen können als schmückendes Beiwerk das Möbelstück verschönern. Die Brettflächen las-

sen den ursprünglichen Holzcharakter hervortreten, sodass auch Äste und andere Holzfehler gestaltend wirken und den Eindruck des rustikalen Möbels entstehen lassen (8.3).

**Der Rahmenbau** mit Rahmen und Füllung erfordert weniger Vollholz und bringt Ge-

wichtseinsparung. Rahmen bleiben maßhaltig, haben ein hohes Stehvermögen und ermöglichen der Füllung ungehindertes Arbeiten. Für Rahmenfriese eignen sich nur Kern- oder Mittelbretter ohne Wuchsfehler. Die rechten Seiten und Kernkanten zeigen nach außen, die Ecken werden geschlitzt, gestemmt oder gedübelt.



**Bild 8.3** Brettbauweise



**Bild 8.4** Rahmenbauweise

8

Die Füllungsflächen können wir zusätzlich durch Sprossen unterteilen. Füllungen bestehen z.B. aus Vollholz, FU-, ST-, STAE-, FPY-, MDF-Platten oder Glas. Vollholz- oder Holzwerkstofffüllungen liegen in der umlaufenden Nut oder in einem Falz und dürfen nicht eingeleimt werden. Glasfüllungen darf man für den Fall einer Reparatur nur im Falz einlegen und verleisten (8.4).

**Gestaltende Elemente** sind die Füllung, die Längs- und Querfriese. Die Füllung wirkt z.B. durch die Holzfladerung, Wahl eines lebhaften Furniers oder einer Intarsie als Bild und Schmuckelement. Auch eine Glasfüllung zeigt besondere Wirkung, da die Gegenstände im Inneren des Möbels sichtbar werden und einen Kontrast zur klaren Linienführung des Rahmens bilden. Schmale schlichte Friese umrahmen optisch die Fladerung der Holzfüllung, breite dagegen wirken massiv, schwer und grob. Ein breites Querfries im unteren Rahmenteil hebt die Standfestigkeit durch Betonen der Waagerechten. Zusätzliche Profilleisten oder profilierte Friese verstärken den Unterschied zwischen Füllung und Rahmen.

Innerhalb der Grenzen durch Konstruktion und Material können wir den Rahmenbau gestalten

- durch Breite und Anordnung des oberen und unteren Frieses,
- durch Maßverhältnisse, Größe und Anordnung der Füllungen und Flächen,
- durch Holzart und Richtung der Holzfaser im Verhältnis zu den Rahmenfriesen, den Zierfälen und Profilleisten.

**Beim Stollenbau** dienen durchgehende Pfosten (Stollen) zugleich als Möbelfüße. Die Stollen sind durch Zargen, Rahmen oder Platten miteinander verbunden (8.5). Als Verbindungsmittel verwendet man Dübel, Zapfen oder Feder. Die Seiten, Böden und Türen können wir aus Rahmen oder Platten bauen. Die Möbelteile können verleimt oder durch lösbare Beschläge verbunden sein. Vorwiegend dient der Stollenbau für Tische, Stühle, Liegemöbel und Möbelunterbauten (Fußgestell, 8.12). Häufig kombiniert man Stollen- mit Rahmenbau.

**Im Plattenbau** werden heute die meisten Möbel hergestellt. Holzwerkstoffplatten arbeiten weniger als Vollholz, sind formbeständiger, einfach und rationell zu verarbeiten. Die Möbelteile bestehen aus Tischler-, Span- oder MDF-Platten (8.6). Sichtbare Kanten erhalten Anleimer oder Umleimer aus Vollholz, Furnier oder Kunststoff. Die Verbindung des Möbelkorpus kann fest oder lösbar ausgeführt werden. Bei einer festen Verbindung der Möbelteile werden Seiten und Böden mit Dübel, Feder oder Lamello stumpf oder auf Gehrung verleimt. Für zerlegbare Möbel verwendet man Dübel und lösbare Verbindungsbeschläge.

Für Füllungen, Schubkastenböden und Rückwände nehmen wir FU- und HFH-Platten, die selbst geringes Stehvermögen aufweisen und wenig arbeiten.

Möbel im Plattenbau erhalten einen Sockel, ein Fußgestell oder tragende Seitenelemente.

Brett-, Rahmen-, Stollen- und Plattenbau haben jeweils bestimmte Holzverbindungen und Konstruktionsmerkmale. Sie beeinflussen die Gestaltung von Möbeln wesentlich.



Bild 8.5 Stollenbauweise

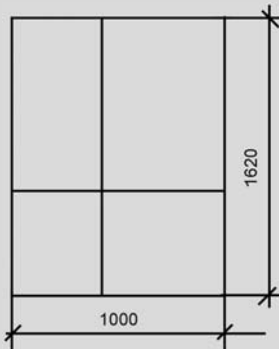


Bild 8.6 Plattenbauweise

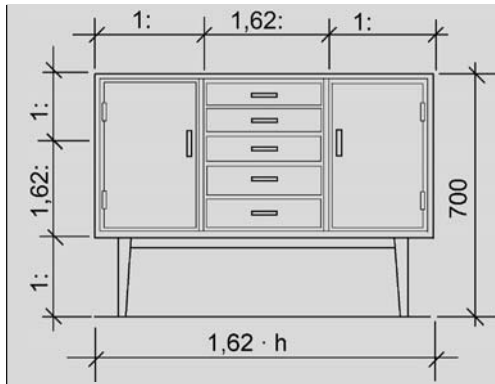
## 8.2 Der Weg zur Form

### Arbeitsauftrag Nr. 61 Lernfeld LF 4,5,12

- Für die Gestaltung eines Präsentationsraumes in Ihrer Firma werden Sie gebeten folgende Arbeiten zum Thema „Zeichnerische Konstruktion und rechnerische Ermittlung des Goldenen Schnittes“ anzufertigen.



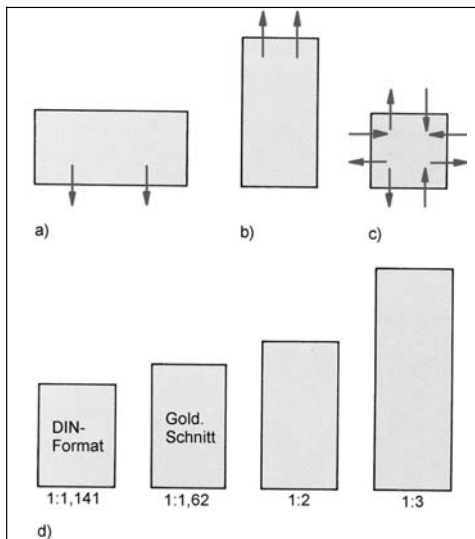
- Der in der Vorderansicht dargestellte Schrank ist im M 1:10 zu zeichnen (Blattgröße DIN A4). Die Ansicht und die aufgeteilten Schrankflächen sind dem *Goldenen Schnitt* entsprechend zu konstruieren. Die Entwicklung ist farblich darzustellen.
- Die Maße der dargestellten Anrichte sind zu errechnen und im M 1:5 zu zeichnen (Blattgröße DIN A4). (alternativ Blattgröße DIN A3 für beide Zeichnungen)
- Entwerfen Sie die Ansicht eines eigenen Möbelstückes das dem Goldenen Schnitt entspricht. Gestalten Sie ein entsprechendes Plakat im M 1:2. Nutzen Sie Gestaltungsmaterialien wie Pappen, Furniere etc. Diese Arbeit erfolgt in Gruppenarbeit.



- Die selbst entworfenen Möbelansichten werden wenn möglich gerahmt und der Klasse in Form einer Präsentation vorgestellt.
- Die einzelnen Gruppenmitglieder bewerten die Mitarbeit der anderen auf einem Formblatt.
- Die Präsentation wird durch die Klasse beurteilt. (Formblätter: siehe Methoden)

8

Möbel werden in der Regel für einen besonderen Verwendungszweck entworfen: Ein Schreibtisch ist anders aufgebaut als ein Küchentisch, ein Bücherschrank anders als eine Anrichte. Oft stellen wir jedoch fest, dass die Maßverhältnisse (Proportionen) nicht stimmen, dass Kontraste fehlen. Eine überall angewendete Symmetrie langweilt, eine zu gewagte Asymmetrie dagegen stört. Welche Gesichtspunkte sind bei der Formgebung zu berücksichtigen?



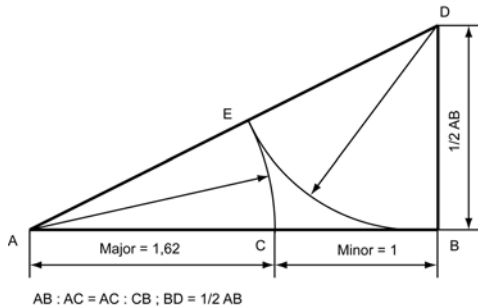
**Bild 8.7** Proportionen und Flächenaufteilung  
 a) liegendes Rechteck (Standfestigkeit, Sicherheit, Schwere)  
 b) stehendes Rechteck (Lebendigkeit, Herausforderung)  
 c) Quadrat (Gleichförmigkeit, Ausgewogenheit)  
 d) Wirkung verschiedener Rechtecke

Durch die Gestaltung erhält das Möbel seinen individuellen unverwechselbaren Charakter. Die Vorstellungen und Wünsche des Kunden, der Zeitgeschmack und die räumliche Umgebung finden Eingang. Wichtige Gesichtspunkte bei der Gestaltung sind: Form und Größenverhältnisse, materialgerechte Konstruktion, Werkstoff und Oberfläche, Dekor und Schmuckelemente, Auswahl und Anordnung von Beschlägen. Das Zusammenwirken der Gestaltungselemente prägt das Erscheinungsbild (Design).

**Die Proportionen und Flächengliederung** spielen bei der Möbelgestaltung und Raumeinrichtung eine große Rolle. So ist es bei der Einrichtung eines Zimmers wichtig, das richtige Maß zwischen Möbel und Raum zu finden. Zu große und wuchtige Möbel in einem kleinen Zimmer wirken erdrückend, bedrängend und raumbestimmend. Die Möbelflächen können durch unterschiedliche geometrische Formen gegliedert werden. Sie können verschiedene Empfindungen hervorrufen: Liegende Rechtecke vermitteln Standfestigkeit, Sicherheit und Schwere; stehende Rechtecke dagegen Lebendigkeit, Herausforderung und Zielstrebigkeit. Wichtig für die Wirkung ist das Seitenverhältnis. Harmonische oder spannungreiche Wirkung lässt sich durch unterschiedliche Seitenverhältnisse erzielen. Quadratische Formate lassen Gleichförmigkeit und Ausgewogenheit erkennen (8.7).

Jedes Möbel zeigt eine Ordnung, eine Harmonie oder Disharmonie. Harmonie wird durch ausgeglichene Proportionen erreicht.

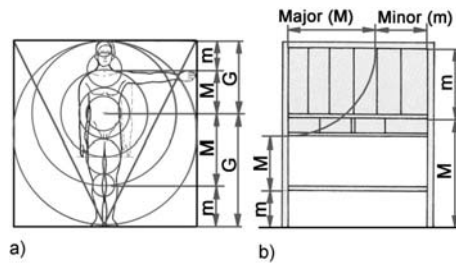
**Der Goldene Schnitt**, der als Gestaltungsprinzip seit der Antike verwendet wird, gibt ein ausgeglichenes, harmonisches Verhältnis. Wir finden ihn häufig bei den Formgesetzen der Natur, wie z.B. bei Pflanzen und beim Menschen (8.9a). Eine Strecke ist nach dem Goldenen Schnitt geteilt, wenn sich ihre kurze Teilstrecke ( $m$  = Minor) zur längeren ( $M$  = Major) wie die längere Teilstrecke zur gesamten Strecke verhält:  $m : M = M : G$ .



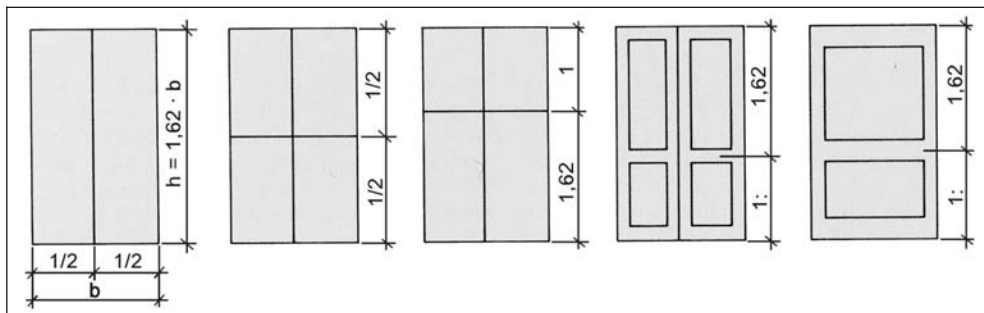
**Bild 8.8** Zeichnerische Konstruktion des Goldenen Schnittes

Das entspricht angenähert dem Zahlenverhältnis  $3 : 5 \sim 5 : 8$ , der Verhältniswert beträgt:  $\sim 1,62$ , der Kehrwert  $\sim 0,62$  (8.8).

Nach dem Goldenen Schnitt gestaltete Rechtecke ergeben harmonische Flächen (8.7d, 8.9).



**Bild 8.9** Goldener Schnitt  
a) Maßverhältnis beim Menschen,  
b) am Möbel



**Bild 8.10** Flächenaufteilung nach dem Goldenen Schnitt

**Kontrastwirkung.** Durch die Aufteilung der Flächen gewinnt das Möbel Spannung oder wirkt langweilig. Auch durch Kontraste (Gegensätze), durch ein ausgewogenes Verhältnis von schmalen und breiten Formen, von dünner und dicker Linienführung, hellen und dunklen Hölzern, großen und kleinen Ornamenten gestalten wir ein Möbel. Werkstoffauswahl, Oberflächenbehandlung prägen das Bild.

Schnitzereien, Intarsien oder schmückende Elemente wie Griffe, Griffleisten, Knöpfe, Griffrosetten, ausgesuchte und gut angeordnete Beschläge unterstreichen das Aussehen (8.11).

Die Formteile des Möbels müssen in ihrer Wichtigkeit, ihrem Formcharakter, ihrer Farbigkeit, Oberflächenstruktur und Plastizität aufeinander bezogen sein.

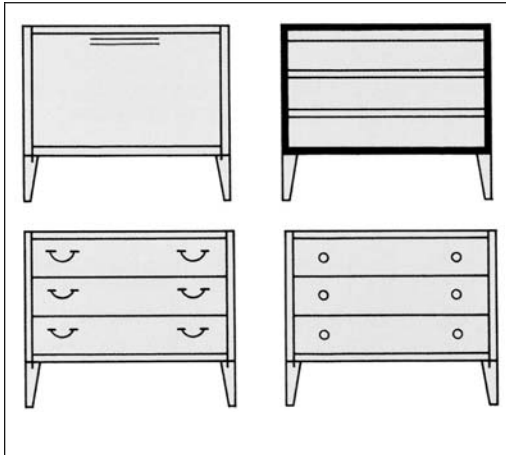
**Symmetrie und Asymmetrie.** Bei Symmetrie ist alles spiegelbildlich auf die betonte Mitte bezogen (8.12a). Asymmetrisch angeordnete Flächen erzeugen dagegen ein Spannungsverhältnis. Sie weichen von der Mittellinie ab, bilden optische Schwerpunkte. Die Wirkung entsteht hier durch gegensätzliche Verteilung und Anordnung bestimmender Möbelteile (8.12b). Sind diese Anordnungen ungünstig oder falsch gelagert, haben wir das Empfinden



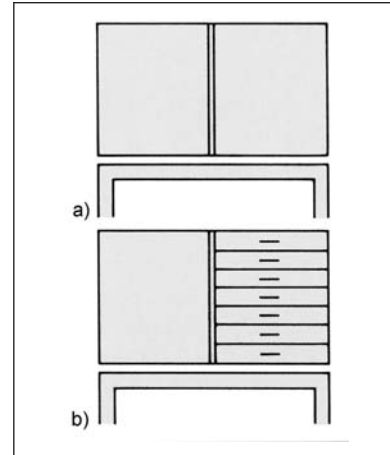
eines schiefen oder misslungenen Möbelstücks. Ordnen wir bestimmte Grundformen wie etwa Ornamente in regelmäßiger Wiederkehr an, wird unser Auge von Form zu Form geführt. Es entsteht ein Formenrhythmus.

**Wirtschaftliche Herstellung.** Bei der Gestaltung und Konstruktion des Möbels muss neben

der Formschönheit und Zweckmäßigkeit die wirtschaftliche Herstellung bedacht werden. Qualifizierte Mitarbeiter und eine geeignete betriebliche Ausstattung müssen eine kostengünstige Umsetzung des Entwurfs ermöglichen. Ausgewählte Werkstoffe sind fachgerecht und sparsam zu verarbeiten.



**Bild 8.11** Griffe und Griffanordnungen im Korpus



**Bild 8.12** Flächenaufteilung  
a) symmetrisch,  
b) asymmetrisch

### 8.3 Möbelteile-Konstruktionsteile für den Möbelbau

#### Arbeitsauftrag Nr. 62 Lernfeld LF 4,5,12

- Um das komplexe Thema Möbelteile zu erarbeiten wenden Sie bitte die „zehn-Wörter-Methode“ an. Nutzen Sie die „lese-fix-Methode“, indem Sie die nachfolgenden Seiten bis zum Lernabschnitt Klappen jeweils im zehn-Sekunden-Abstand „überfliegen“.

Wählen Sie pro Seite ein Wort und notieren Sie dies auf einer Karteikarte /Blatt im DIN A5 Format. Beachten Sie Ihre Schriftgröße.

Orientieren Sie sich bei dieser Methode an den Oberbegriffen:

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| – Möbelunterbau  | – Möbeloberteil  |
| – Rückwände      | – Türen          |
| – Möbelbeschläge | – Möbelschlösser |

Sammeln Sie sämtliche Begriffe/Karteikarten/Blätter an der Tafel/Pinnwand entsprechend den vorgegebenen Oberbegriffen.

Jeder Schüler erläutert hierbei ein von ihm gewähltes Wort.

Überprüfen Sie die Zuordnung, evtl. Doppelnennung und Richtigkeit der Begriffe. Ergänzen bzw. sortieren Sie die Sammlung. Erstellen Sie nun für jeden Oberbegriff eine Wandzeitung.

**Arbeitsauftrag Nr. 63 Lernfeld LF 4,5,12**

- Für die von Ihnen zu den Oberbegriffen

- A – Möbelunterbau
- B – Möbeloberteil
- C – Rückwände
- D – Türen
- E – Möbelbeschläge
- F – Möbelschlösser

angefertigten Wandzeitungen müssen Skizzen angefertigt werden um sie eindrucksvoll präsentieren zu können. Bilden Sie Arbeitsgruppen den Oberbegriffen (A-F) entsprechend, mit vier oder sechs Teilnehmern.

**Achtung:**

Da der Inhalt der Gruppe D sehr umfangreich ist, wird diese Gruppe in D1 (Skizzen einer aufschlagenden und einer zurückspringenden Tür, zwei Mittelanschlüsse mit Leisten) und D2 (Skizzen einer vorspringenden und einer überfälzten Tür, zwei Mittelanschlüsse mit Überfaltung) geteilt.

Jede Gruppe wird mit der Anfertigung von Skizzen beauftragt.

Die Gruppenteilnehmer erhalten je ein DIN A3 Blatt, welches zeichnerisch in gleichgroße Felder der Teilnehmeranzahl entsprechend eingeteilt und mit dem entsprechenden Oberbegriff beschriftet wird.

Die Teilnehmer wählen nun je eine Darstellung dieses Kapitels und skizzieren diese in ein Feld des angelegten Blattes. Nach ca. 7-10 Min. werden die Zeichenblätter an den nächsten Gruppenteilnehmer weitergereicht und in der vorgegebenen Zeit ergänzt.

Dieser Ablauf wiederholt sich bis zur Fertigstellung.

Der beste Entwurf wird von den Gruppenteilnehmern präsentiert, erläutert und ebenso wie die anderen Entwürfe der entsprechenden Wandzeitung zugeordnet.

- Die folgenden Fragen sind nach Fertigstellung der Wandzeitungen mündlich in den Gruppen zu beantworten. Der Berufsschullehrer weist der jeweiligen Gruppe die Fragen zu.
  1. Aus welchen Elementen besteht ein Möbelkorpus?
  2. Welche Möglichkeiten gibt es für die Ausführung des Schrankunterteils?
  3. Welche oberen Schrankabschlüsse sind möglich?
  4. Wie kann ein Kranz konstruiert sein?
  5. Welche Arten von Drehtüren sind zu unterscheiden?
  6. Welche Vor- und Nachteile haben die verschiedenen Ausführungen der Drehtüren?
  7. Warum sollen Drehtüren eine Breite von 600 mm nicht überschreiten?
  8. Für welche Drehtüren verwendet man die Kröpfungen A, B, C und D?
  9. Welche Anforderungen sind an Beschläge zu stellen?
  10. Wodurch unterscheiden sich Bänder und Scharniere?
  11. Welche Aufgaben hat die Lisene?
  12. Beschreiben Sie den Einbau eines Zapfenbandes.
  13. Aus welchen Teilen besteht ein Topfscharnier?
  14. Nennen Sie die Vorteile eines Topfscharniers. Was ist ein Stulp?
  15. Welche Angaben müssen Sie beim Kauf eines Türschlosses machen?
  16. Wodurch unterscheiden sich Nutbart- und Buntbartschlüssel?
- Die Gruppenteilnehmer können nach Beantwortung ihrer Fragen die Teilnehmer anderer Gruppen mit der Beantwortung der Fragen beauftragen.  
Sollten diese die Fragen nicht mit Hilfe der Wandzeitung beantworten können, muss diese unter Einbeziehung des Fachbuches vervollständigt werden.
- Ergänzen Sie Ihren Lernkarteiordner!

Möbel bestehen in der Regel aus dem Möbelunterbau und dem damit verbundenen Korpus.

**Den Möbelkorpus** bilden die Seiten, der untere und obere Boden sowie die Rückwand. Seiten und Boden sind bei Plattenwerkstoffen stumpf oder auf Gehrung gedübelt, gefedert oder formschlüssig verbunden. Als Korpuseckverbindung für Vollholz sind Zinken, Grat und Fingerzapfen gebräuchlich (s. Abschn. 7.5). Der Korpus kann Schubkästen, Züge, Fachböden oder Fächer enthalten. Verschlussen wird er durch Türen, Klappen oder Rollläden. Kleinere Möbel werden meist verleimt, größere müssen für den Transport zerlegbar sein und erhalten darum lösbare Schrankverbindungsbeschläge (8.14c).

**Der Möbelunterbau** trägt den Korpus.

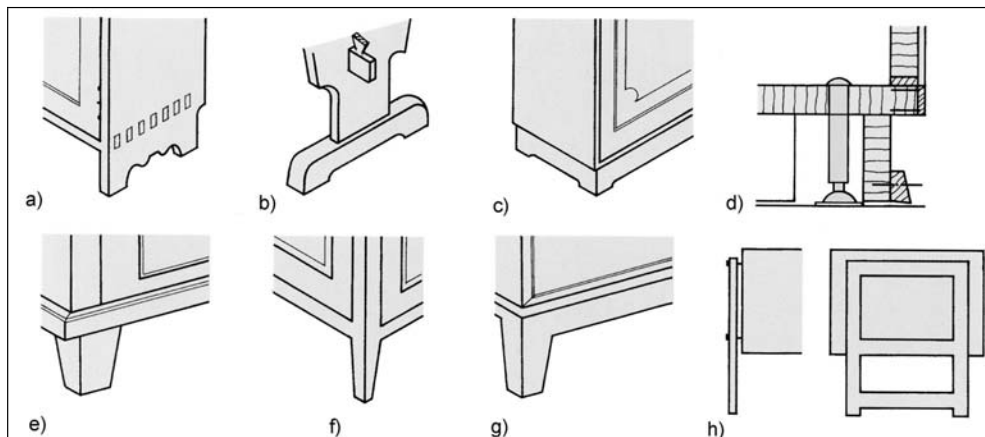
### 8.3.1 Möbelunterbau

Bei der Wahl der Unterbaukonstruktion sind neben den gestalterischen Gesichtspunkten die Bauweise und auftretende Belastungen zu berücksichtigen. Wir unterscheiden folgende Möglichkeiten:

**Wangen** sind durchgehende Schrank- oder Regalseiten aus Vollholz oder Plattenwerkstoffen, deren Unterkante als Standfläche dient. Sie geben dem Möbel ein rustikales Aussehen. Eine Ausfräsung in der Wangenmitte verbessert die Standsicherheit (8.13a). Die Verbin-

dung zwischen Wange und Boden wird bei der Brettbauweise (Brettfüße) gegratet, gezapft oder gedübelt. Beim Plattenbau können die Böden durch Dübel, Federn und Schrankbeschläge verbunden werden. Zur Verbesserung der Standsicherheit und Vergrößerung der Auflagefläche setzt man bei Tischen unter die Wange oft einen Kufenfuß (8.13b).

**Sockel** können wegen der aufrechten Querschnittsfläche große Belastungen aufnehmen. Wir verwenden sie daher vorwiegend für schwere, breite Möbel, Einbauschränke oder bei Plattenbauweise (8.13c). Sie sind 80 bis 200 mm hoch und können drei- oder vierseitig ausgeführt werden. Nach der Lage zum Möbelkorpus kann der Sockel vor-, zurückspringend oder bündig (Schattennut sinnvoll) sein. Er ist als Rahmen oder Kasten fest mit dem Korpus verbunden oder wird als selbstständiges Element auf dem Boden ausgerichtet und anschließend mit dem aufgesetzten Korpus verbunden. Als *Verbindungsmittel* dienen Dübel, Federn, Schrauben oder Krallen. Bei zerlegbaren Plattenmöbeln finden wir meist eine Sockelblende (z.B. als Steckverbindung) zwischen den durchgehenden Seiten. Der Raum lässt sich auch für einen Sockelschubkasten nutzen. Zum Ausrichten der Möbel dienen oft höhenverstellbare Sockelbeschläge, die am Unterboden oder Sockelrahmen befestigt werden (8.13d).



**Bild 8.13** Möbelunterbau

- a) Wangenfuß, b) Kufenfuß, c) Sockel, d) höhenverstellbarer Sockel mit Sockelblende, e) Einzelfuß, f) Stollenfuß, g) Zargengestell, h) Seitengestell

**Einzelfüße** unterschiedlicher Form (konisch 8.13e, geschwungen oder kugelförmig) werden unter den Korpus montiert. Sie lassen das Möbel leichter erscheinen und tragen das gesamte Gewicht. Die Befestigungen zum Unterboden oder Bodenrahmen – meist mit Dübel oder Zapfen – müssen die auftretenden großen Belastungen aufnehmen.

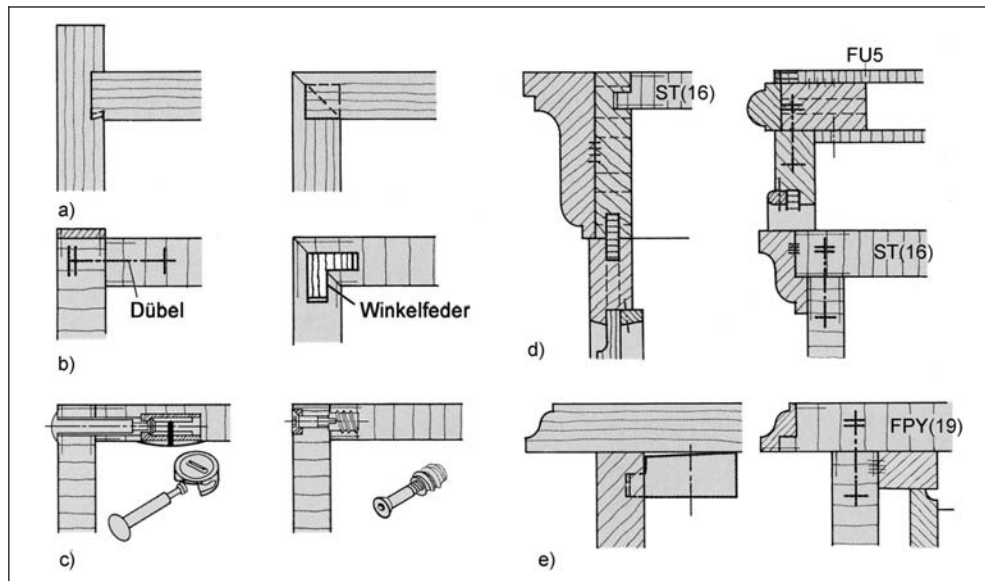
**Stollenfüße** laufen als senkrechte Pfosten an der Korpusecke durch, tragen das Möbel und sind gleichzeitig Verbindungselemente zu den Seiten, Zargen und Böden (8.13f).

**Zargengestelle** verwendet man für Möbel, bei denen Bodenfreiheit erwünscht ist und die leicht wirken sollen (8.13g). Die Zargen tragen den Korpus, verhindern ein Durchbiegen des Unterbodens und sind durch Dübel oder Zapfen mit

den Füßen verbunden. Bei einer bündigen Lage zum Korpus sollte aus konstruktiven und gestalterischen Gründen eine Schattennut vorgesehen werden. Die Zargengestellhöhe liegt zwischen 200 und 500 mm; bei Schreibränken ist auf Beinfreiheit zu achten.

**Seitengestelle** sind rahmenartige Konstruktionen aus Holz oder Metall, die man beidseitig mit Abstandhaltern am Korpus montiert (8.13h). Sie werden hauptsächlich für Schreibtische und niedrige Schränke verwendet und lassen das Möbel leicht erscheinen.

**Der Möbelunterbau** besteht aus Wangen, Sockeln, Einzel- oder Stollenfüßen, Zargen- oder Seitengestellen.



**Bild 8.14** Möbeloberteil

a) Oberboden, Vollholz (gegratet, Gehrungszinken), b) Oberboden, Holzwerkstoff (Dübel, Winkelfeder), c) lösbare Verbindungen (Dübel mit Exzenter, Schraube mit Rampamuffe), d) Kranz (gezinkter Kasten, Rahmen, Holzwerkstoffplatte), e) Blatt (Platte), Vollholz (mit Nutklotz) – Holzwerkstoff (gedübelt)

### 8.3.2 Oberer Möbelabschluss (Möbeloberteil)

Der obere Abschluss eines Möbels kann als Oberboden, Kranz oder Blatt ausgeführt werden.

**Der Oberboden** schließt bündig oder mit geringem Höhenunterschied an die Schrankseite an. Bei Vollholz verwenden wir für die

Eckverbindung Zinken, Gratung oder Fingerzapfen (8.14a). Als *Verbindungsmittel* für Plattenwerkstoffe dienen Dübel, Federn oder Lamello (8.14b). Ein Gehrungsanschluss verbessert das Aussehen der Oberseite, erfordert aber mehr Arbeitsaufwand und Sorgfalt beim Verleimen. Für größere Möbelelemente verwendet man lösbare Verbindungsbeschläge (8.14c).

Den Kranz finden wir an hohen Schränken. Durch seine Formgebung und Profilierung trägt er wesentlich zum Aussehen des Möbels bei. Der flache Kranz wird als Rahmen oder profilierte Holzwerkstoffplatte ausgeführt, der hohe Kranz als gezinkter, gedübelter oder gefederter Kasten (8.14d).

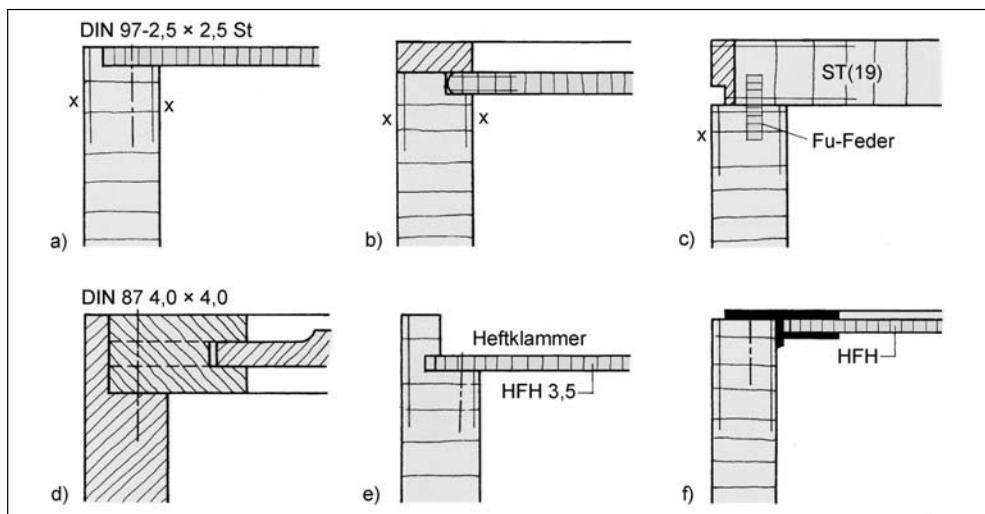
Das Blatt (Platte) bildet den oberen Abschluss bei Schränken mittlerer Höhe oder Tischen. Der Überstand beträgt 30 bis 100 mm. Er

schützt die Möbelfront und vergrößert die Ablagefläche (8.14e). Material (Vollholz oder Holzwerkstoff) und Größe der Platte haben Einfluss auf die Befestigungsart.

**Möbeloberteil:** Oberboden, Kranz oder Blatt (Platte).

### 8.3.3 Rückwände

Rückwände sollen den Korpus staubdicht abschließen und winkelstabil halten. Sie bestehen aus Furniersperrholz (4 bis 8 mm), Holzfaserplatten (3,5 bis 6 mm), Holzspanplatten (8 bis 10 mm) oder Rahmen mit Füllungen. Für stabile Rückwände von freistehenden Schränken verwendet man auch dickere Holzspanplatten und Tischlerplatten. Für den Einbau der Rückwand gibt es verschiedene Möglichkeiten.



**Bild 8.15** Einbaumöglichkeiten von Rückwänden

a) eingefälzt, b) eingenetet, c) aufgesetzte Platte, d) Rahmen mit Vollholzfällung, e) eingenetet mit Falz, f) Kunststoffprofil

- Eingefälzte Rückwände können ausgewechselt werden, schließen bündig ab und lassen sich genau einpassen (8.15a);
- eingenetete Rückwände sind nicht passgenau und i.R. nicht auswechselbar (8.15b), jedoch schnell zu montieren (8.15b);
- stumpf aufgesetzte Rückwände sind rationell auszuführen, doch bleiben die Kanten seitlich sichtbar (8.15c);
- Rahmen mit Vollholzfällung sind aufwendig in der Konstruktion und durch die Rahmenaufteilung gegliedert (8.15d);
- in Profilschienen gehaltene Rückwände sind einfach auszuführen (8.15f).

Für Einbauschränke müssen Rückwände aus Furnierplatten mindestens 6 mm, aus Holzspanplatten 8 mm dick sein. Vollholzfällungen

werden bei größeren Möbeln meist in einen Rahmen gesetzt und nach der Wandseite angefast oder abgeplattet.

**Rückwand:** eingefälzt, eingenetet, stumpf aufgesetzt, Rahmen mit Füllung oder in Profilschienen

### 8.3.4 Türen

#### Drehtüren

Drehtüren werden mit Scharnieren oder Bändern rechts oder links am Korpus angeschlagen (Rechts- bzw. Linkstüren/-bänder). Sie erfordern Drehraum beim Öffnen und sollten eine Breite von 600 mm nicht überschreiten, um die Standsicherheit nicht zu gefährden und die Bänder nicht zu überlasten.

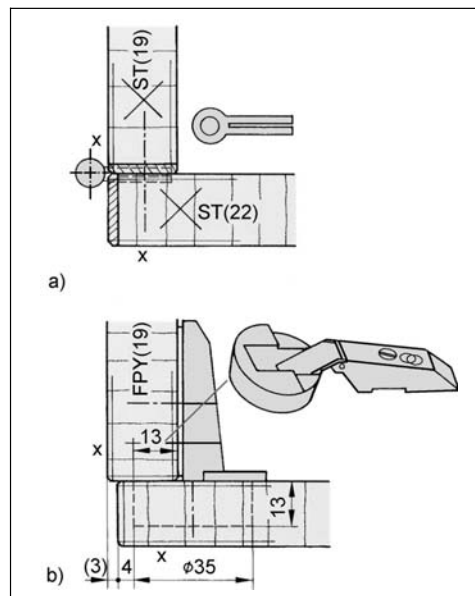
Nach der Lage zur Möbelfront unterscheiden wir aufschlagende, einschlagende und überfälzte Türen. Einschlagende Türen können zurückspringend, vorspringend oder bündig sein.



**Aufschlagende Türen** liegen vor der Korpusseite, betonen und vergrößern damit optisch die Möbelfront. Die Herstellung ist einfach, das arbeitsaufwendige Einpassen entfällt, da die Tür aufschlägt. Um Maßtoleranzen auszugleichen und die Montage zu erleichtern, sollte die Tür an der Korpusseite 2 bis 3 mm zurückspringen. Da die Tür wenig Schutz vor Staub bietet, kann man eine innenliegende Staubleiste oder einen Falz vorsehen. Zum Anschlagen dienen Topf- oder Stangenscharniere, Winkel- oder Aufsatzbänder Kröpfung A. Stangenscharniere und Aufsraubänder verlangen viel Drehraum an der Türkante, Winkelbänder ermöglichen einen Öffnungswinkel von 270° (8.16).

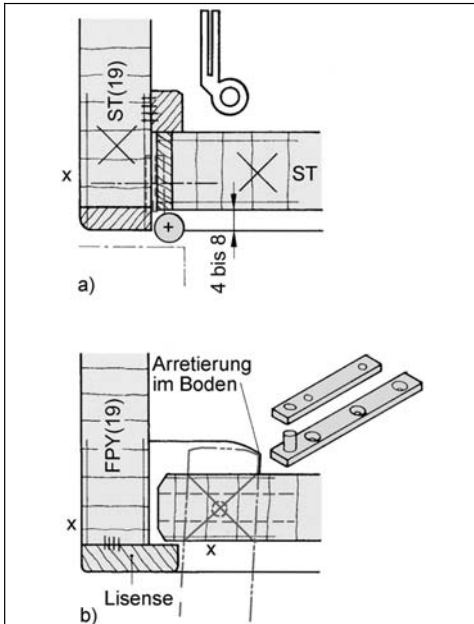
**Zurückspringende (einschlagende) Türen** zeigen die Möbelkanten, zwischen denen sie 4 bis 8 mm zurückspringend angeschlagen sind.

Wenn wir Staubleisten anleimen oder die Korpuskante fälzen, ergibt sich eine gute Abdichtung und gleichzeitig ein Anschlag. Für diese Türen wählt man oft Aufsatzbänder Kröpfung B. Daneben eignen sich Stangenscharniere, Zapfenbänder oder Topfscharniere mit gekröpftem Montagearm oder einer erhöhten Montageplatte (8.17). Ein mit der Korpuskante bündiger Türanschluss ist zu vermeiden. Schon kleinste Maßdifferenzen und Fugunterschiede werden dabei deutlich sichtbar.



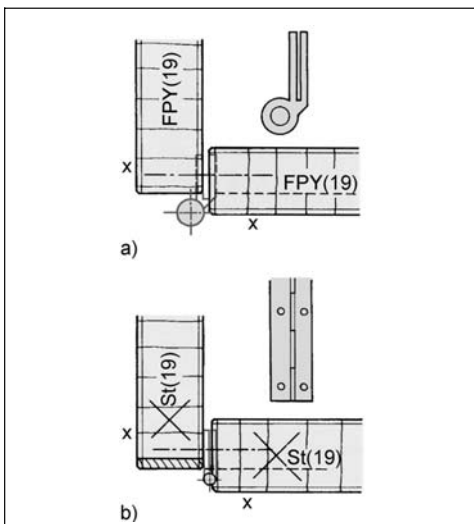
**Bild 8.16** Aufschlagende Tür  
a) Zylinderband, gerade (A)  
b) Topfscharnier

**Vorspringende (einschlagende) Türen** liegen mit ihrer Front 4 bis 8 mm vor der Korpuskante. Durch ein Außenprofil oder eine umlaufende Beistoßleiste (Schattennut zwischen Korpus und Tür) erreicht man ein gefälligeres Aussehen. Für Abdichtung und Anschlag gilt das gleiche wie bei der zurückspringenden Tür. Zum Anschlagen dienen Aufsatzbänder Kröpfung C, Scharniere, Topfscharniere oder Einbohrbänder (8.18). Einschlagende Türen können in ihrer Beweglichkeit beeinträchtigt werden, wenn der Boden sich durchbiegt.



**Bild 8.17** Zurückspringende Tür (stumpf einschlagend)  
a) Kröpfung B  
b) Zapfenbänder

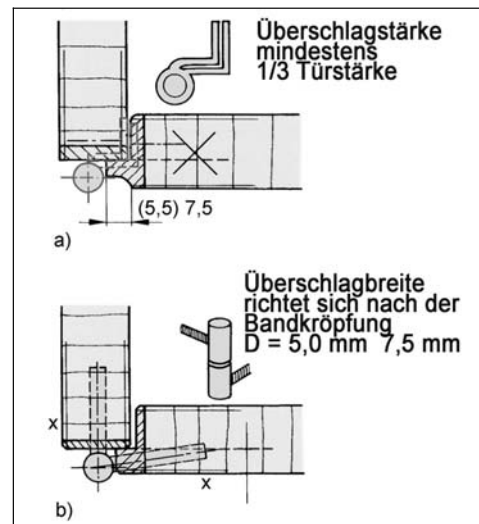
8



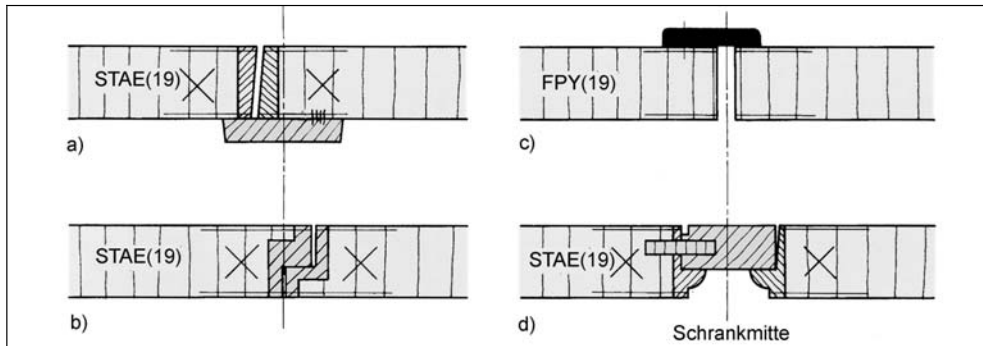
**Bild 8.18** Vorspringende Tür (stumpf einschlagend)  
a) Zylinderband, Kröpfung C  
b) Stangenscharnier

**Überfälzte Türen** schlagen wir mit der gefälzten Kante an der Korpusseite an. Die Tür schließt staubdicht ab und verdeckt die Korpusfuge, erfordert aber einen großen Herstellungsaufwand. Die Durchbiegung des Ober- oder Unterbodens kann die Beweglichkeit beeinträchtigen. Die Türkante können wir profilieren, abfasen oder stumpf lassen. Zum Anschlagen verwendet man Scharniere oder Aufschraubbänder Kröpfung D, die ein Falzmaß von 5, 7,5 oder 10 mm erfordern. Daneben finden wir Einbohrbänder, Topfscharniere und an alten Möbeln noch Einstembänder (Fitschen). Die Überschalldicke richtet sich nach dem Durchmesser der Bandrolle (mindestens 5 mm), sollte aber wenigstens ein Drittel der Türstärke betragen (8.19). Bei geschlitzten Rahmentüren muss der Zapfen im Türfalz liegen und bündig sein – sonst gibt es am Überschalld störende Hirnholzflächen.

**Mittelanschluss.** Sind an einem Korpus ohne Mittelwand zwei Drehtüren anzuschlagen, können wir den *Mittelanschluss* überfälzen oder mit Schlagleiste ausführen. Der Anschluss muss staubdicht sein, die rechte Tür sich immer zuerst öffnen lassen. Bei der aufgeleimten Schlagleiste



**Bild 8.19** Überfälzte Tür  
a) Zylinderband, Kröpfung D  
b) Einbohrband

**Bild 8.20** Mittelanschluss bei Drehtüren

- a) aufgeleimte Schlagleiste außen, b) Überfälzung mit Haarfuge, c) Kunststoffschlageleiste innen, d) eingeleimte Schlagleiste

soll die aufgeleimte Fläche größer als die aufschlagende sein, da die Leiste sonst abreißen könnte. Für innenliegende Schlagleisten sind die Türzuschnittmaße gleich. Eine überfälzte Mittelpartie kann mit Schattennut oder Haarfuge ausgeführt werden. Die Wahl der Konstruktion hängt von der Bauweise und Gestal-

tung des Möbels sowie vom Türanschlag ab (8.20).

**Beschläge** nennt man alle Elemente, die zum Bewegen, Verschließen und Verbinden von Möbelteilen dienen.

#### **Arbeitsauftrag Nr. 64 Lernfeld LF 4,5,12**

- Sie erhalten den Auftrag Möbelbänder mit den Kröpfungen A, B, C, D und L im Maßstab 2:1 nach DIN 919 auf jeweils einem DIN A4 Blatt zu zeichnen und diese Zeichnung farbig anzulegen.

Wählen Sie fachlich sinnvolle Plattenwerkstoffe mit Anleimern und Furnieren Ihrer Wahl. Verteilen Sie die Aufgaben nach der 1, 2, 3, 4 Abzählmethode.

Nutzen Sie zur Lösung dieser Aufgabe die folgende Fachdokumentation.

##### *Maßstabberechnungen*

Maßstäbe geben immer das Verhältnis zwischen der Zeichengröße und der wirklichen Größe an.

Es wird in Verkleinerungsmaßstäbe und Vergrößerungsmaßstäbe unterschieden.

Folgende Maßstäbe sind nach DIN ISO 5455 genormt:

*Vergrößerungsmaßstäbe:* 2:1, 5:1, 10:1, 20:1, 50:1

*Verkleinerungsmaßstäbe:* 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100

Die *Verhältniszahl* gibt an, wie viel mal kleiner oder größer eine wirkliche Länge in der Zeichnung dargestellt wird. Die wirkliche Länge wird immer mit 1 bezeichnet.

Bei *Vergrößerungsmaßstäben* steht die wirkliche Länge 1 hinter der Verhältniszahl. Die Zeichnung wird daher der davor stehenden Verhältniszahl entsprechend größer gezeichnet.

Bei *Verkleinerungsmaßstäben* steht die wirkliche Länge 1 vor der Verhältniszahl. Die Zeichnung wird der dahinter stehenden Verhältniszahl entsprechend kleiner gezeichnet.



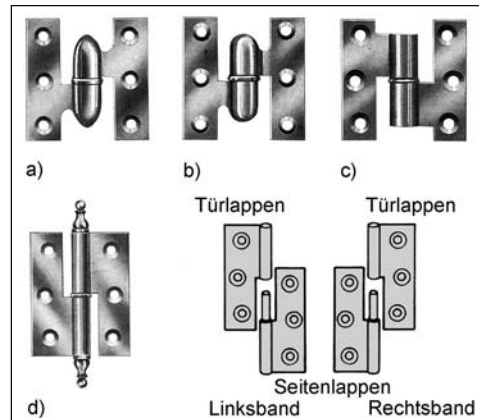
**Drehbeschläge** sollen die Tür so mit dem Möbel verbinden, dass sie dicht schließt, leicht zu öffnen ist und nicht hängt. Die gesamte Gewichtskraft der Tür lastet auf ihnen. Daher müssen sie in Funktion und Material (Stahl, Temperguss, Messing, Bronze, Leichtmetalllegierungen, Kunststoffe) den hohen Beanspruchungen entsprechen und in ausreichender Zahl angebracht werden. Niedrige, breite Türen belasten die Drehbeschläge stärker als hohe, schmale. Außerdem beeinflusst – wie wir gesehen haben – die Anschlagart der Wahl der Beschläge. Von den zahlreichen Drehbeschlägen wollen wir die wichtigsten kennenlernen.

**Drehtüren** können mit Bändern oder Scharnieren angeschlagen werden. Bänder sind aushängbare Drehgelenke, die aus dem Stiftteil (Korpus) mit dem Lochteil (Tür) bestehen. Scharniere sind nicht aushängbare Drehgelenke mit einem mehrgliedrigen Gewerbe.

Bei **Bändern** unterscheiden wir Aufschraub-, Einbohr-, Einstemm-, Zapfen- und Winkelbänder.

**Aufschraubbänder (Lappenbänder)** bestehen aus dem zweigliedrigen Gewerbe mit Stift, dem aushängbaren Lochlappen an der Tür und dem Stiftlappen am Korpus. Sie sind für Rechts- und Linksanschlag unterschiedlich, haben gerade oder gekröpfte Lappen. Häufig werden die Bänder nach ihrer Form bezeichnet (z.B. Zylinder-, Ei-, Nuss-, Stilband, 8.21). Beim Einbau befestigen wir zuerst den Loch-

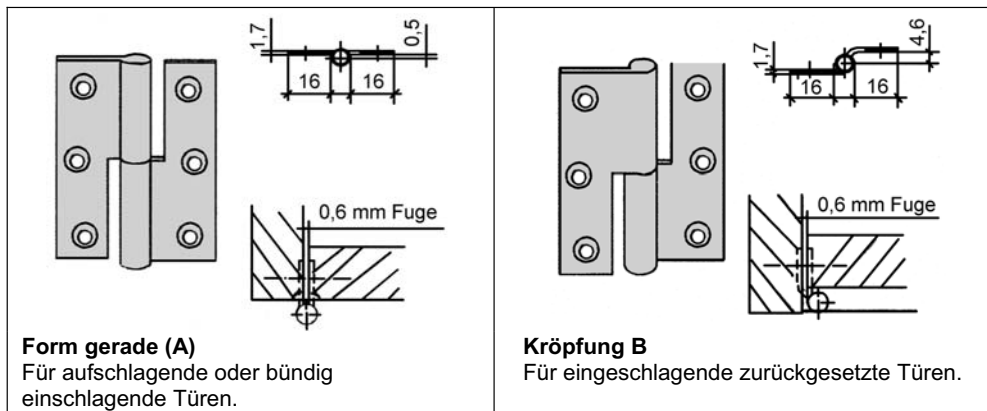
lappen an der Tür, halten dann die Tür an den Korpus und reißen den Stiftlappen an. Bei abgerundeten Lappen benutzen wir meist die Handoberfräse (Schablone).



**Bild 8.21** Aufsatzbänder unterschiedlicher Form

- a) Eiband, b) Nussband,  
c) Zylinderband, d) Stilband

**Einbohrbänder** haben statt der Aufschraublappen zylinderförmige Einbohrzapfen mit dem Lochteil (Tür) und dem Stiftteil (Korpus). Die für die Einbohrzapfen erforderlichen Bohrungen werden mit Hilfe einer Bohrlehre schnell und genau ausgeführt. Die Bänder lassen sich für Links- und Rechtstüren verwenden und durch Drehen des Einbohrzapfens justieren (8.23).



**Form gerade (A)**  
Für aufschlagende oder bündig einschlagende Türen.

**Kröpfung B**  
Für eingeschlagende zurückgesetzte Türen.

**Bild 8.22** Kröpfungsarten

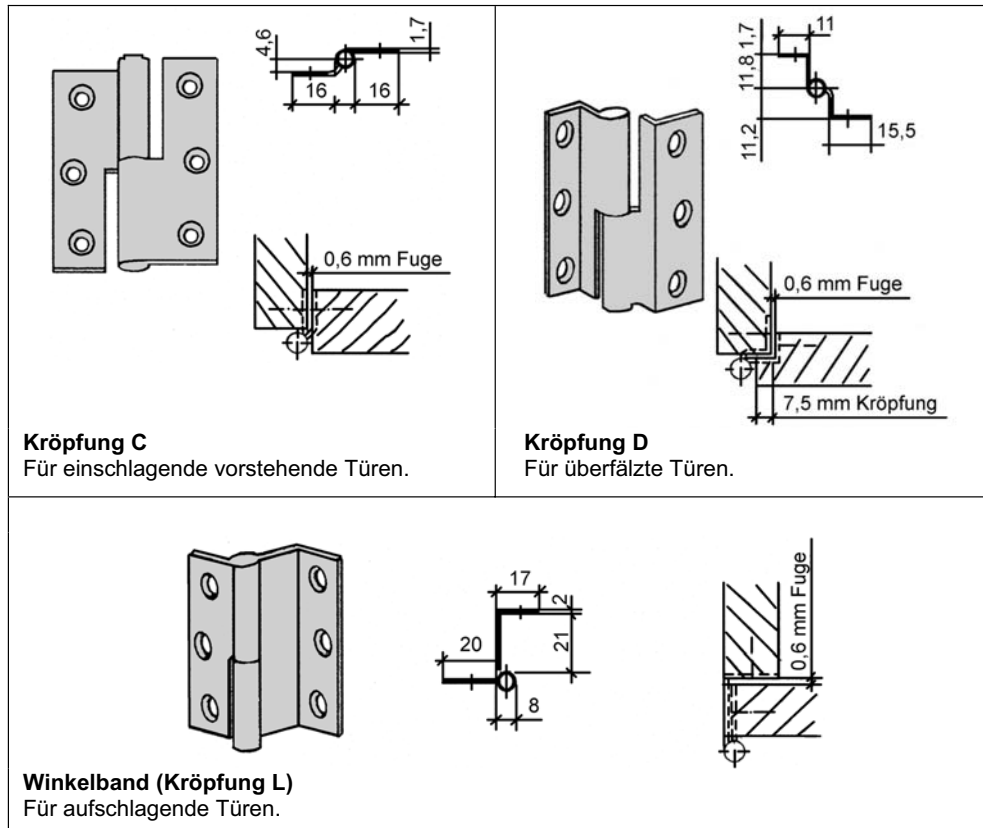
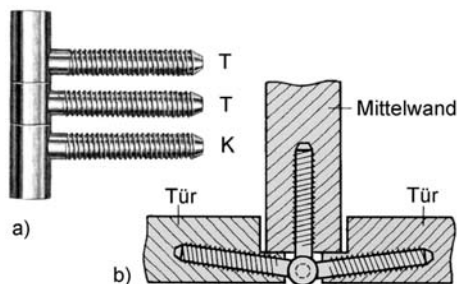


Bild 8.22 Kröpfungsarten

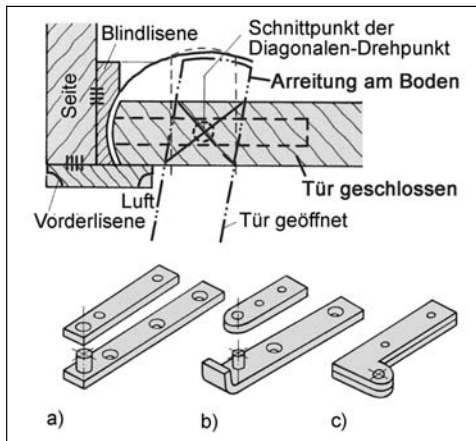
Bild 8.23 Einbohrband mit drei Gewindebolzen  
a) Ansicht, b) Schnitt

**Einstemmbänder oder Fitschen** (franz. *ficher* = einschlagen) werden heute nur noch selten für überfälzte Türen verwendet. Die Bänder sind aus-

hängbar, die Lappen einzustemmen und mit Fitschbandstiften bzw. -schrauben von innen zu befestigen (8.24). Zwischen den Lappen liegt meist ein Lauf-ring.

Zapfenbänder sind bei geschlossenen Türen verdeckt und eignen sich für einschlagende Türen und Klappen. Es gibt Eckzapfenbänder, Zapfenbänder mit und ohne Arretierung und Zwillingbänder für zwei direkt nebeneinander ruhende Türkanten. Für den Einbau ist ein besonderes Anreißmodell nötig, um den Drehpunkt zu ermitteln. Oft verdeckt eine vorge-setzte Kante (Lisene) die offene Fuge, die beim Anschlag zwischen Tür und Korpus entsteht. Wir zeichnen (im Querschnitt) die Tür in geschlossener und geöffneter Stellung.

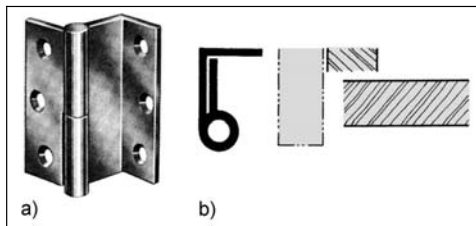
Die etwa 90° geöffnete Drehtür berührt dabei nicht die Lisenenkante. Der Schnittpunkt beider Diagonalen ergibt den gesuchten Drehpunkt (8.24). Beim Einsetzen der Tür wird der untere Zapfenteil fest an die Tür geschraubt und unten in den Lochteil mit Unterlegscheibe im Möbelkorpus eingeschoben. Oben wird die Tür auf den eingelegten Zapfenteil aufgeschoben und danach festgeschraubt. Muss die Tür ausgebaut werden, entriegelt man sie und baut das Band in umgekehrter Reihenfolge ab.



**Bild 8.24** Zapfenbandanschlagn und Zapfenbänder

- a) gerade (Öffnungswinkel etwa 95°)  
 b) mit Anschlag (Öffnungswinkel bis 90°) c) Eckzapfenband (Öffnungswinkel 180-200°)

**Winkelbänder** (Kröpfung L) verwendet man bei Ecktüren und Türen rechts und links einer Mittelseite, (8.25). Sie eignen sich für stumpf aufschlagende Türen und sind an der Türkante und der Korpusseitenvorderkante anzuschlagen.



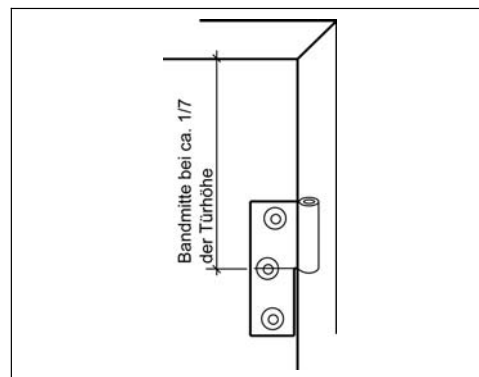
**Bild 8.25** Winkelband mit Kröpfung L  
 a) Ansicht, b) Schnitt

**Bänder** bestehen aus einem zweiteiligen Gewerbe mit Stift, dem Lochlappen und dem Stiftlappen. Es gibt gerade und gekröpfte Bänder, die aushängbar sind.

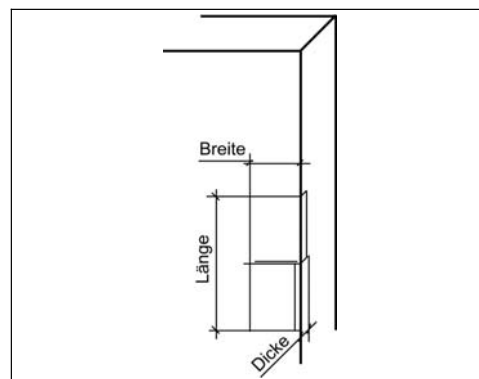
### Einlassen eines Türbandes

Beim Einlassen sind die folgenden Arbeitsschritte empfehlenswert.

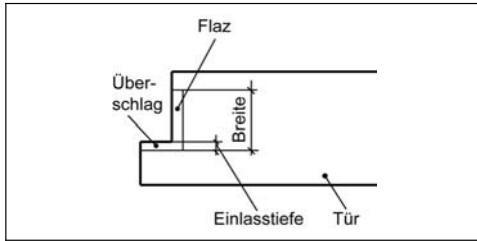
1. Die Bandmitte wird an der Tür festgelegt. Hierbei sollte der Abstand von der Tür-oberkante und -unterkante ca. 1/7 der Türhöhe betragen.



2. Das Türband wird am Mittelriss aufgelegt und die Bandlänge angerissen (Bleistift).



3. Die Breite und Dicke des Bandes werden direkt mit dem Streichmaß am Band abgenommen und an der Tür angerissen.



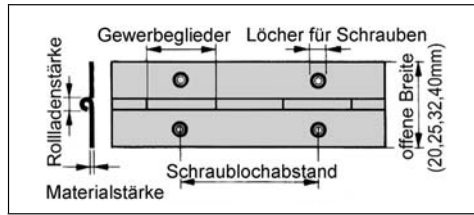
4. Der gekennzeichnete Bändeinlass wird mit dem Stechbeitel ausgestemmt und das Band eingelassen.

**Wichtig!**

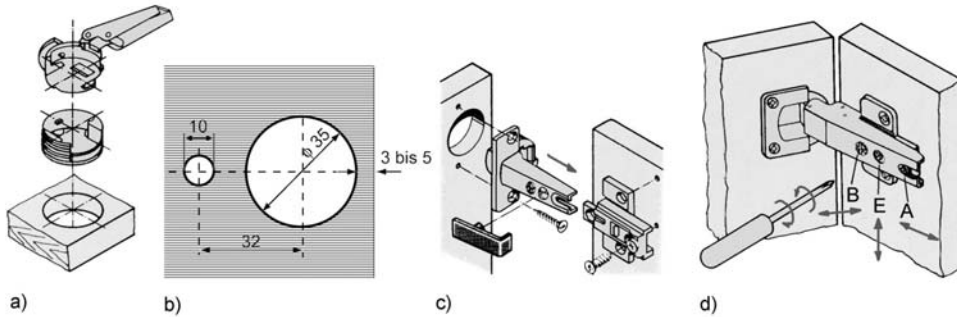
Bei Zylinderbändern mit der Kröpfung D muss das Türband zuerst in den Überschlag und dann in den Falz eingelassen werden. Hierdurch kann

die Einlasstiefe beim Ausarbeiten der Lappenbreite im Falz berücksichtigt werden.

**Scharniere** haben meist ein mehrteiliges Gewerbe und sind nicht aushängbar. Zu ihnen zählen Stangen-, Topf- und Spezialscharniere (z.B. Vici-, Sepa- und Zysa-Scharniere).



**Bild 8.26** Stangenscharnier

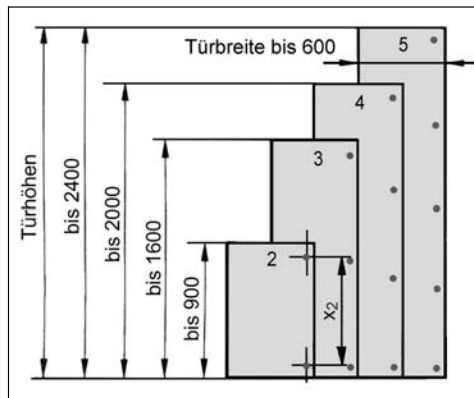


**Bild 8.27** Topfscharnier

a) Montageprinzip, b) Topfscharnier mit Dübel, c) Einbau Weitwinkelscharnier, d) Verstellbarkeit des Weitwinkelscharniers, Seite mit Schraube B, Tiefe mit Schraube A, Höhe mit Schraube E.

**Stangenscharniere** (Klavierbänder) werden über die gesamte Länge der Türkante angeschraubt und können bis zu 3,50 m lang sein. Sie haben in aufgeklapptem Zustand die Breite von 12,16,20, 25,32, 40 und 50 mm. Der Abstand der Löcher für Holzschrauben beträgt in der Regel 60 mm (8.26).

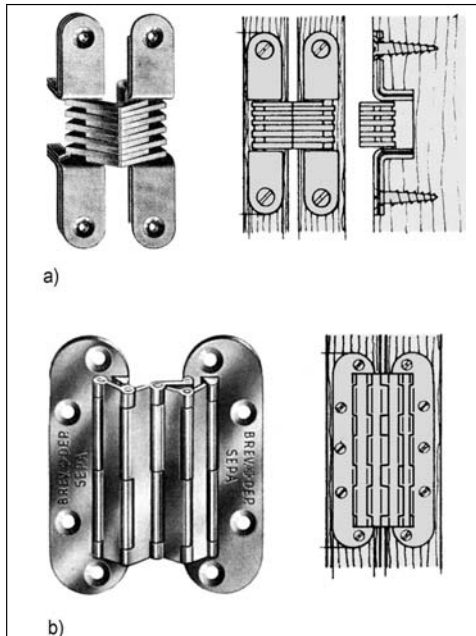
**Topfscharniere** sind bei geschlossener Tür nicht erkennbar und werden meist bei stumpf aufschlagenden Türen eingebaut. Sie haben zwei oder drei Drehgelenke (daher 2D- oder 3D-Scharniere) und bestehen aus Topf, Montagearm und -platten. Der Topf ( $d = 26$  oder 35 cm) richtet sich in seiner Tiefe nach der Türstärke und wird als Schraub-, Dübel- oder Riegelbandtopf eingelassen. Der gerade bzw. gekröpfte Montagearm ist an der Korpusseite mit Montageplatten angeschraubt. Meist erlauben die Topfscharniere einen Öffnungswinkel von 90° (8.27). Die Anzahl der Topfscharniere richtet sich nach der Türhöhe (8.28).



**Bild 8.28** Anzahl der nötigen Topfscharniere für unterschiedliche Türhöhen (19-mm-Spanplatte)

Das **Vici-Scharnier** besteht aus zwei Platten und scherenartig wirkenden Gelenken. Die Lappen werden jeweils in die Tür und Seite eingelassen und öffnen die Tür bis 180° (8.29a).

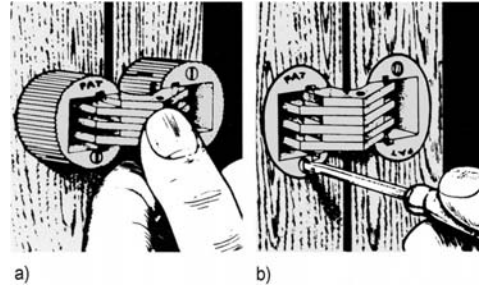
Beim **Sepa-Scharnier** werden die abgerundeten Lappen maschinell eingelassen. Sie sind durch sechs Scharnierplättchen verbunden, die drehbar befestigt sind und sich beim Öffnen ausbreiten. Schließen wir das Scharnier, drücken sich die miteinander drehbar befestigten Scharnierplättchen zusammen. Der Öffnungswinkel beträgt 180° (8.29b).



**Bild 8.29** Einfrässharniere in Ansicht und Schnitt a) Vici-Scharnier, b) Sepa-Scharnier

**Zysa-Scharnier.** Sein Lappen- und Stiftteil besteht aus Zylindern, die an der Außenseite längs- und querverillt und mit lamellenförmigen Gelenkplättchen miteinander verbunden sind. Beide Zylinder werden bündig in die entsprechenden Löcher eingelas-

sen, Spannschrauben pressen sie unten und oben gegen das Holz. Das Scharnier erlaubt eine Öffnung bis zu 180° (8.29).



**Bild 8.30** Einbohrscharnier Zysa  
a) Einstecken in die Löcher mit oder ohne Verleimen  
b) Befestigen mit Spreiz- und Holzschrauben

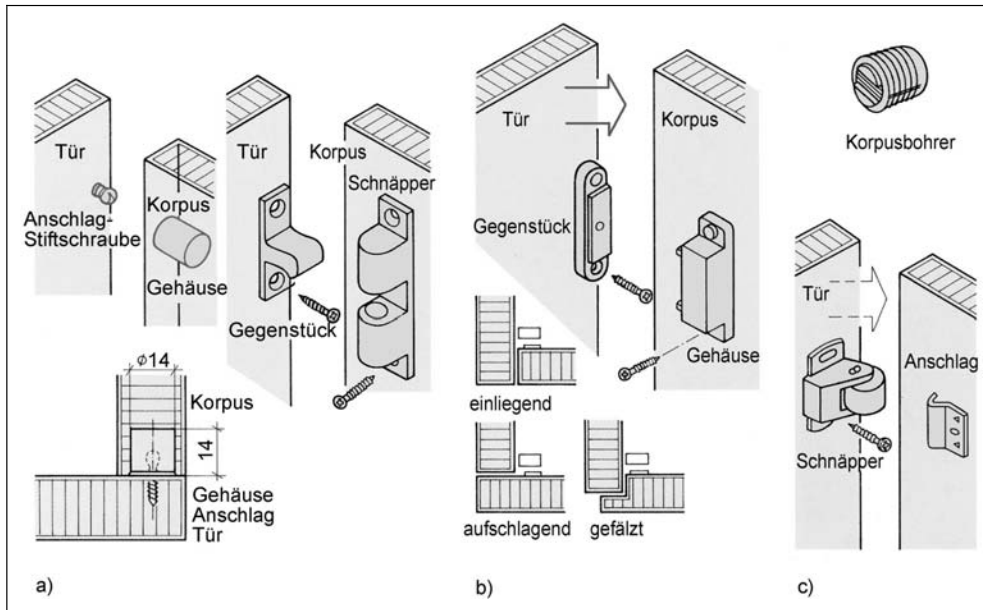
**Scharniere** haben ein mehrteiliges Gewerbe, sind gerade oder gekröpft und nicht aushängbar.

Topf Scharniere lassen sich im eingebauten Zustand in 2 oder 3 Richtungen verstellen.

**Zum Verschließen der Türen** dienen Schnäpper, Riegel, Schlösser und Magnetverschlüsse.

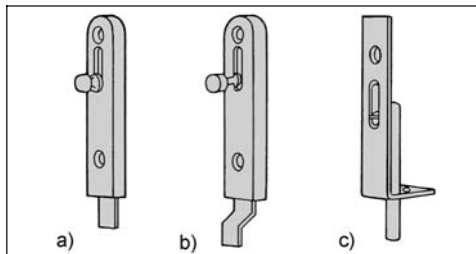
**Schnäpper.** *Kugel- oder Rollenschnäpper* stehen unter Federdruck und klemmen sich beim Schließen des Möbelements in den Anschlag bzw. das Schließblech (8.31a, c). Die Fangmagnete der Magnetschnäpper montieren wir am Korpus, die beweglich gelagerten Haftplatten an die Tür (8.30b).

**Riegel** (gekröpfte oder gerade Schubriegel, Kantenriegel) an der Innenseite der Drehtür schließen durch Einschieben in das Schließblech. Häufig werden sie bei Möbeltüren ohne Zwischenwand montiert (8.32).



**Bild 8.31** Verschließen von Drehtüren  
 a) Kugel- und Doppelkugelnkörper, b) Aufschraub- und Einbohr-Magnetschnäpper,  
 c) Rollenschnäpper

8



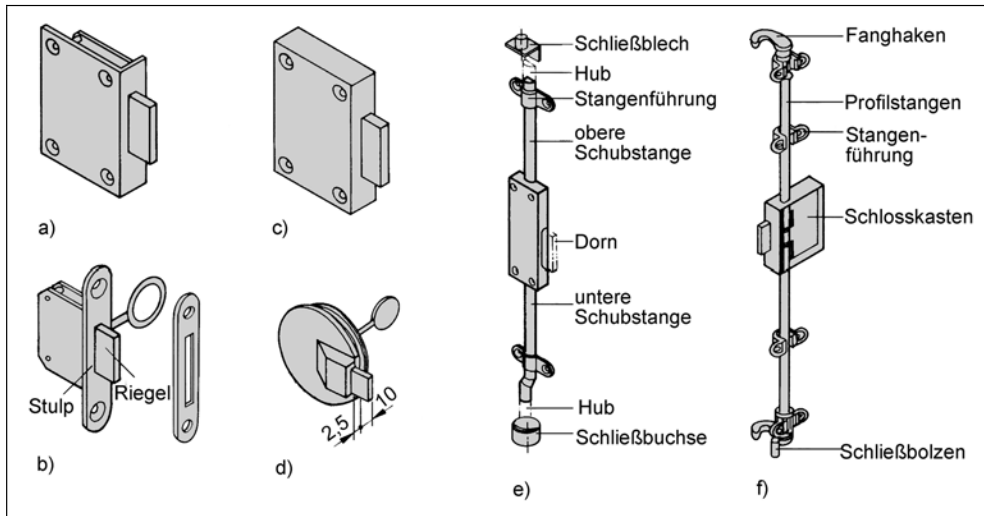
**Bild 8.32** Schubriegel  
 a) gerade, b) gekröpft,  
 c) Kantenriegel

**Möbelschlösser** sichern Türen gegen unbefugtes Öffnen. Sie bestehen aus dem Schlosskasten mit Stülp und Decke, dem Riegel, der

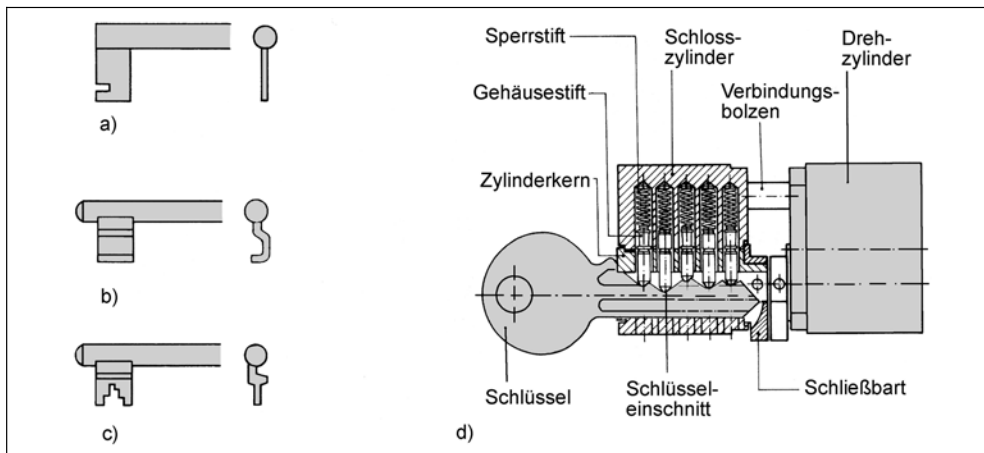
Schlüsselführung mit Dorn, den Schlüsselbüchsen bzw. Schildern und Schließblechen sowie dem Schlüssel. Für Möbeltüren verwenden wir Einlass-, Einsteck-, Aufschraub- oder Einbohrschlösser. Bei hohen Möbeltüren bauen wir Stangenschlösser ein.

**Schlossteile:** Schlosskasten, Riegel, Schlüssel, Sicherungseinrichtung

**Das Einlassschloss** ist an der Innenseite von einschlagenden oder überfälzten Drehtüren festzuschrauben. Sein Rückenblech liegt mit der Türinnenfläche bündig. Der Riegel des Schlosses muss ins Schließblech passen (8.33a).

**Bild 8.33** Möbelschlösser

a) Einlassschloss, b) Einsteckschloss, c) Aufschraubschloss, d) Einbohrschloss, e) Schubstangenschloss, f) Drehstangenschloss

**Bild 8.34** Schlüssel

a) Nutenbartschlüssel, b) Buntbartschlüssel, c) Schlüssel für Zuhaltungsschloss, d) Schlüssel für Zylinderschloss

**Beim Einsteckschloss** versenken wir den Schlosskasten so tief in die Türseite, bis nur noch der Stulp mit dem Riegel sichtbar ist (8.33b).

**Das Aufschraubschloss** wird auf die Türinnenseite stumpf einschlagender, aufschlagender

oder überfällter Drehtüren geschraubt. Die Tür behält ihre volle Dicke. Das Schließblech gibt dem Riegel eine feste Führung (8.33c).

**Das Stangenschloss** verschließt mit Schubstangen oder Drehstangen oben und unten hohe Möbeltüren. Der Stangenteil bewegt sich beim

Verschließen nach oben und unten in die vorgesehenen Stangenschließbleche bzw. um die Rollkloben (8.33e). Beim *Drehstangenschloss* (Espagnolettenschloss) sind die Stangen an den Enden mit Fanghaken versehen. Sie drehen sich beim Verschließen um den Schließbolzen, der an Korpusboden und -decke befestigt ist (8.33f). Hohe Möbeltüren werden außer von Beschlägen zusätzlich von Stangenschließern im Winkel gehalten.

**Zum Schlosseinbau** brauchen wir folgende Angaben: Links- oder Rechtstür, Schlosstyp, Schließart und vor allem das *Dornmaß*. Um das Dornmaß zu ermitteln, messen wir von der Stulpvorderkante des Schlosses bis zur Mitte des Schlüssellocks (Dorn).

Der Schlüssel mit Ring, Halm und Bart verschließt das Schloss. Mit dem Ring drehen wir das Schloss, der Bart bewegt den Schlossriegel, der Halm verbindet Ring und Bart.

Es gibt verschiedene Schlüsselbartformen: Nutenbartschlüssel, Buntbartschlüssel, Zuhaltungseinrichtungen, Schlüssel für Zylinderschlösser (8.34).

**Nutenbartschlüssel.** Am Schlüsselloch befindet sich ein Zapfen im Schlosskasten, dem die Nut am Schlüsselbart entspricht (8.34a).

**Buntbartschlüssel.** Hier passen in ausgeschweifte Schlüssellocköffnungen Schlüssel mit entsprechend geschweiften Barten (8.34b).

**Zuhaltungseinrichtungen.** Neben dem Schlossriegel liegen mehrere Zuhaltungsplättchen mit gleichen Ausschnitten übereinander. Die Plättchen bewegen sich bei Einführen des Schlüssels unter Federdruck und durch den Riegel (8.34c).

**Schlüssel für Zylinderschlösser.** In einem Schlosszylinder liegen Sperrstiftpaare hintereinander, die den Drehzylinder blockieren. Der richtige Schlüssel drückt mit seinen Kerben die Stiftchen hoch, so dass sich der Zylinder mit dem Schlüssel dreht und den Riegel bewegt (8.34d).

#### **Arbeitsauftrag Nr. 65 Lernfeld LF 4,5,12**

Frau Mustermann hat wieder angerufen. Sie benötigt für ihr Wochenendhaus zur Aufbewahrung der Gläser einen Hängeschrank in Nussbaum. Der Schrank soll mit zwei Drehtüren ausgestattet sein, eine Höhe von 700 mm und eine Tiefe von 300 mm haben.

Bei der Inneneinrichtung des Wochenendhauses handelt es sich um recht alte geerbte Möbel. Daher möchte die Kundin, dass das neue Möbel nach den Regeln des „Goldenen Schnittes“ gestaltet werden und der Schrank ein stehendes Rechteckformat erhalten soll.

- Erstellen Sie eine Auftragsmappe mit folgendem Inhalt:
  - Deckblatt (Auftrags bezogen gestaltet)
  - Formskizzen
  - Skizzen für vier verschiedene Möbelbauarten
  - Funktionsüberlegungen
  - Möglichkeiten verschiedener Holzverbindungen
  - Maßgestaltung unter Einbeziehung der Aufbewahrungsgegenstände
  - Konstruktionsüberlegungen (mit drei Alternativen)
- Art des Werkstoffes
- Verbindungsmittel
- Türanschlag
- Beschläge
- Profilierung
- Türeckausbildung
- Türmittelfuge
- Bodenträger
- Stückliste mit Materialpreis
- Arbeitsplan mit Zeitkalkulation
- Angebotspreis bei einem angenommenen Stundenlohn von 36,50 €

Zur Auswertung und Selbstkontrolle stellen Sie Ihre Arbeitsmappe bitte in einem Kundengespräch vor.

Bauen Sie ein Modell (Pappe, Styropor etc.) zur Unterstützung Ihres Kundengesprächs.



### 8.5.3 Rollläden

#### Arbeitsauftrag Nr. 66 Lernfeld LF 4,5,12

- Herr und Frau Mustermann waren mit der Präsentation zum Hängeschrank sehr zufrieden und haben den Auftrag erteilt.

Für ihre Familien- Urlaubsfotos in Ordnern mit DIN A4 Format sortiert, benötigen sie einen Rollladenschrank aus Nussbaum indem mind. 8 Ordner nebeneinander, insgesamt aber mind. 24 Ordner Platz haben.

Ihr Meister stöhnt: “Na ja, Kleinvieh macht auch Mist!“ und beauftragt Sie wiederum mit der Erstellung einer Auftragsmappe mit dem Hinweis: “Die Arbeitsmappe können wir sicherlich für die Werbung neuer Kunden verwenden!“

#### **Die Arbeitsmappe sollte folgenden Inhalt erhalten:**

- Deckblatt mit Bezugnahme auf den Auftrag
- Skizzen für die Formgebung
- Maßüberlegungen unter Berücksichtigung der Aufbewahrungsgegenstände
- Konstruktionsüberlegungen zu
  - der Art des Werkstoffes
  - Bodenträger
  - Rollladenführung
  - Verbindungsmittel
  - Fachböden
- Hauptzeichnung (Ansicht, Seitenansicht, Draufsicht im M 1:10)
- Vertikalschnitt (B-B im M 1:1, DIN A2 Blattformat hochkant)
- Stückliste mit Materialpreis
- Arbeitsablaufplan mit Zeitkalkulation
- Angebotspreis bei einem angenommenen Stundenlohn von 36,50 €

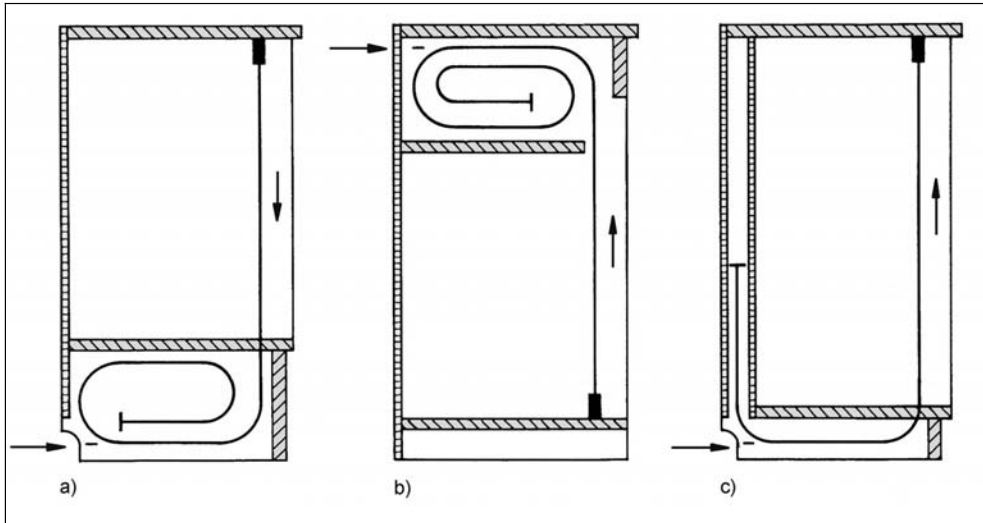
Zur Kontrolle und Bewertung stellen Sie Ihre Arbeitsmappe in einem Kundengespräch vor.

Ergänzen Sie Ihren Lernkarteiordner mit folgenden Fragen:

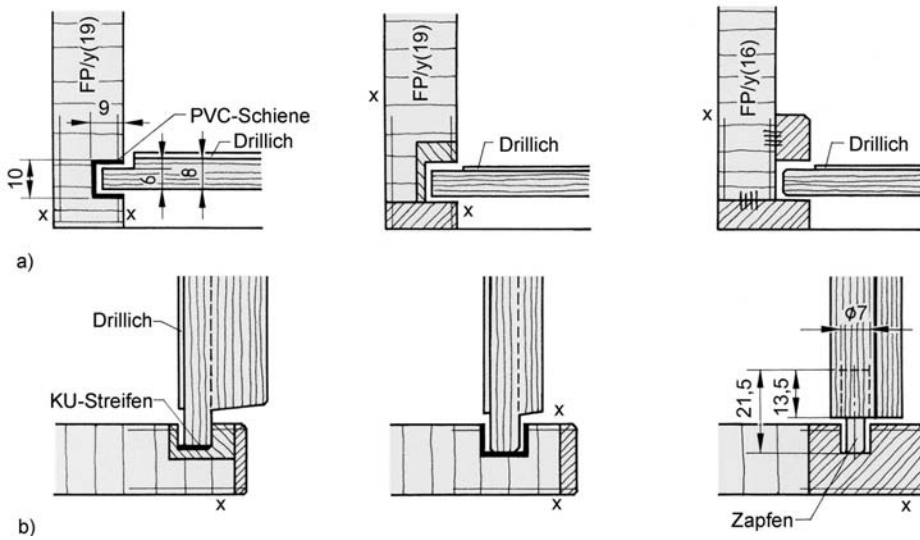
1. Nennen Sie Gründe für den Einbau von Rollläden.
2. Welche Arten von Rollläden gibt es?

**Rollläden** dienten schon im 18. Jahrhundert als Verschlussmöglichkeit von Schreibsekretären. Heute verwendet man sie sowohl im Büromöbelbau als auch bei Wohnmöbeln. Sie bestehen aus Holz- oder Kunststoffprofilen verschiedenster Form und sind horizontal oder

vertikal in Führungsnuten (Hartholz- oder Kunststoff schienen) zu bewegen. Rollläden schließen staubdicht, beeinträchtigen im geöffneten Zustand nicht den Verkehrsraum und eignen sich besonders für Schränke, die längere Zeit geöffnet bleiben.



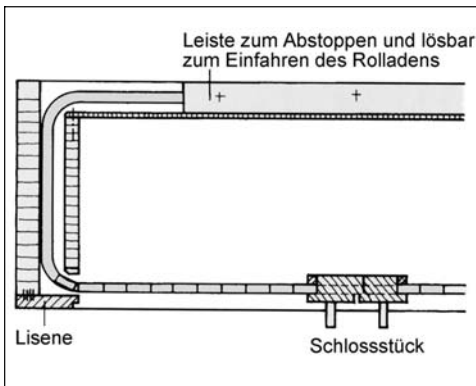
**Bild 8.35** Vertikal laufender Rollladen  
 a) Sockelführung, b) Kranzführung, c) Rückwandführung



**Bild 8.36** Rolladenführungen  
 a) vertikal, b) horizontal laufend

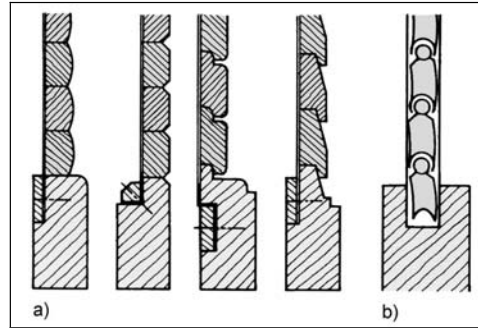
**Vertikal öffnende Rollläden** öffnen nach oben oder unten. Sie können in einer Schnecke, im Kranz oder Sockel eingerollt werden oder laufen hinter die Rückwand (8.35, 8.36a). Je nach Konstruktion entsteht ein Platzbedarf in der Höhe oder Tiefe.

**Horizontal öffnende Rollläden** werden seitlich hinter die Rückwand geführt. Die Führungsnut im Unterboden sollte mit Kunststoff ausgelegt werden, um den Reibungswiderstand zu verringern (8.36b, 8.37).



**Bild 8.37** Horizontal laufender Rollladen

Der Radius für die Umlenkung und die Schnecke richtet sich nach der Breite der Stäbe. Ein zu kleiner Radius beeinträchtigt die Laufeigenschaften. Die Abmessung der Stäbe hängt von der Größe des Rollladens ab. Holzstäbe sollten eine Dicke von 6 bis 12 mm, eine Breite von 14 bis 25 mm und einen geraden Faserverlauf haben. In der Industrie stanzt man die Rollläden aus einer mit Stoff beleimten Holzplatte (8.37).



**Bild 8.38** Rollladenstäbe  
a) Holzstäbe, b) Kunststoffprofile

Hier eine Beschreibung der handwerklichen Herstellung:

Auf einer Grundplatte befestigt man seitlich eine Falzleiste, die als Anschlag dient und das Hochdrücken der auf Länge geschnittenen Stäbe verhindert. Die Stäbe werden rechtwinklig mit der Ansichtsseite nach unten eingelegt. Nach dem Zusammendrücken und Festspannen der Leisten bringt man von der Rückseite mittelkräftige Leinwand mit einem dickflüssigen, elastischen Leim auf. Bei überfälzten Stäben genügen Drillichstreifen. Die Bahnen oder Streifen müssen seitlich mindestens 20 mm Abstand haben, damit sie nicht in den Führungsnuten scheuern. Für die Befestigung des Schlossstücks wird die Leinwandbahn länger gelassen. Vor dem Leimaushärten nehmen wir den Rollladen aus der Vorrichtung und beseitigen Leimreste zwischen den Stäben. Die Führungsnuten müssen 1 mm breiter sein als die Rollladenstäbe und werden mit einer Oberfräse eingezogen. Zum Verschluss der Rollläden verwenden wir Jalousie- oder Hakenriegelschlösser. Das Schlossstück muss zur Aufnahme des Schlosses ausreichend dick sein (18 bis 24 mm) und wird an der überstehenden Leinwandbahn des Rollladens befestigt.

### 8.3.6 Klappen

#### **Arbeitsauftrag Nr. 66 Lernfeld LF 4,5,12**

Dank der guten Präsentation wurde der Auftrag für den Bau des Rollladenschrankes umgehend erteilt.

Der Auftrag soll um die Fertigung eines Aufsatzes mit Klappe für kleinere Schreibarbeiten erweitert werden.

Herr und Frau Mustermann möchten demnächst in der Firma vorbei schauen.

Sie haben großes Interesse daran, die Werkstatt der Tischlerei kennen zu lernen, der Sie so viele Aufträge erteilen und neue Kunden vermitteln.

Bei dieser Gelegenheit möchten Sie Einsicht in die Arbeitsmappe für den kleinen Schreibschrank nehmen.

- Erstellen Sie zügig eine Repräsentationsmappe. Orientieren Sie sich an der Aufgabenstellung für den Rollladenschrank.
- Zur Abrundung Ihres Fachwissens des Themenbereichs Klappen vervollständigen Sie bitte Ihren Lernkarteiordner.
  1. Nennen Sie die Klappenarten.
  2. Welche Drehbeschläge kann man für Klappen verwenden?
  3. Wodurch kann eine Klappe offen gehalten werden?

Im Unterschied zu Drehtüren haben Klappen keine vertikale, sondern eine horizontale Drehachse. Nach Lage und Drehrichtung unterscheiden wir hängende, stehende und liegende Klappen. Sie werden wie Drehtüren aufschlagend, einschlagend oder überfältz angeschlagen.

**Hängende Klappen** sind an der oberen Kante angeschlagen und lassen sich nach oben öffnen. Wir finden sie an Oberschränken von Küchen und Arbeitsplätzen. Im geöffneten Zustand halten Klappenstützen oder Scheren sie offen. Die üblichen Drehtürbeschläge sind so zu montieren, dass sich die Klappe nicht seitlich verschieben lässt und unbeabsichtigt aushängt. Bei Aufschraubändern sind deshalb ein linkes und ein rechtes Band zu verwenden (8.39).

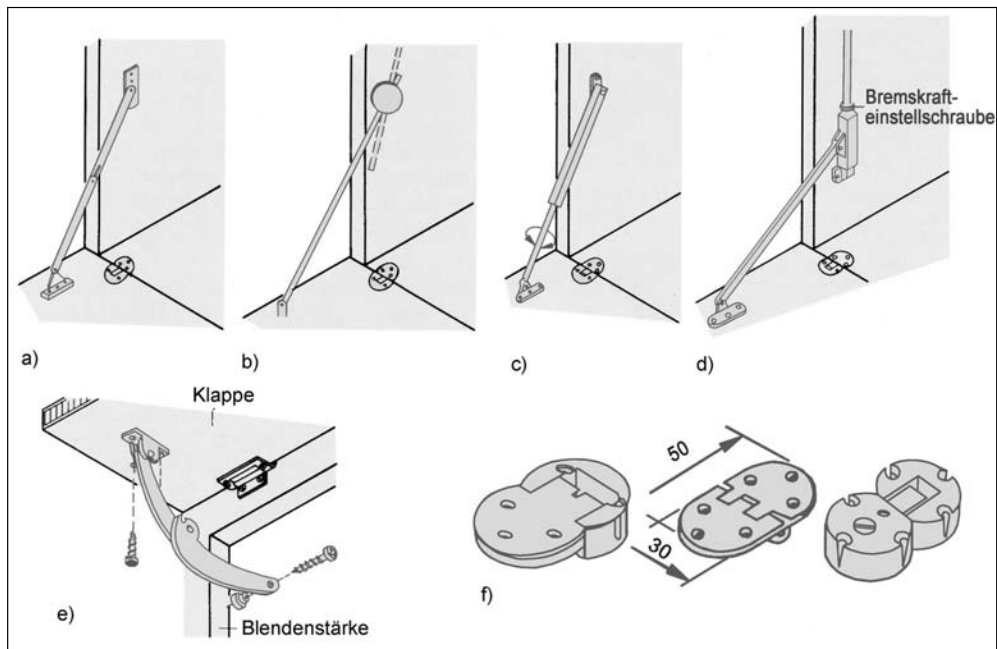
**Stehende Klappen** sind an der Unterkante angeschlagen und lassen sich nach unten bewegen. Sie dienen im geöffneten Zustand als Arbeitsfläche (Schreibschrank) und sollen möglichst mit dem anschließenden Boden bündig sein. Da sie im offenen Zustand durch Aufstützen oder Ablegen von Gegenständen zusätzlich belastet werden, sind Scheren oder andere Haltebeschläge nötig, um ein Abkippen und Ausreißen der Klappe zu verhindern. Bei

größeren Klappen muss die Öffnungsgeschwindigkeit durch mechanisch oder pneumatisch wirkende Beschläge abgebremst werden. Der Winkel der Haltebeschläge ist wichtig für die Belastungen der Schrauben (mindestens 35° zur offenen Klappe). Die Anschlagpunkte sollte man (besonders bei Scheren) vorher zeichnerisch ermitteln und dann durch Schablonen auf das Werkstück übertragen. Als Drehbeschläge dienen hauptsächlich Zapfenbänder (mit und ohne Arretierung), Stangen- und Klappenscharniere (eingebohrte oder eingelassene) (8.40).

**Liegende Klappen** decken den Korpus waagrecht ab und werden nach oben geöffnet. Klappenstützen oder Scheren halten sie offen. Sie können mit sichtbaren (z.B. Zylinderbändern) oder unsichtbaren in die Kante eingelassenen Drehbeschlägen (z.B. Vici-, Sepa-, Zysascharniere) angeschlagen werden.

Nach Anordnung am Möbelkorpus und Drehrichtung unterscheidet man stehende, hängende und liegende Klappen.

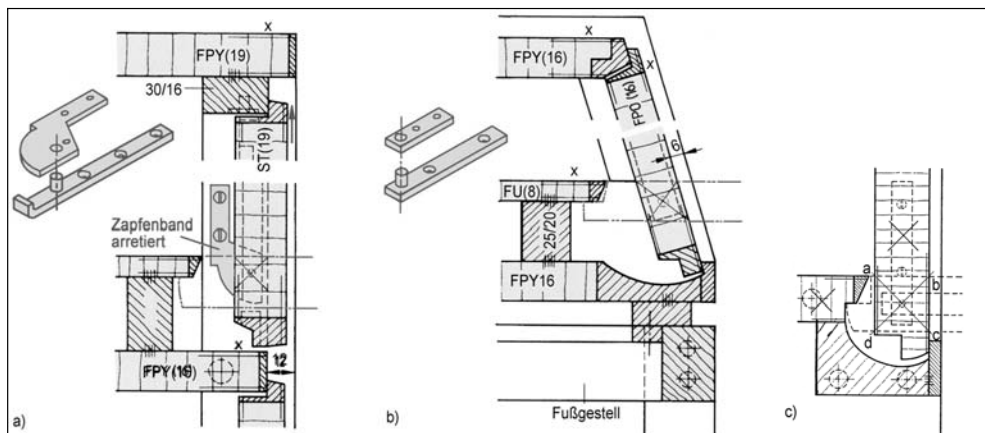
Neben Drehbeschlägen gibt es Klappenhalterungen, die eine zu starke Belastung der Bänder und Scharniere verhindern.



8

**Bild 8.39** Klappen

- a) Klappenschere,
- b) Klappenbremse mit Bremsgelenk,
- c) Bremsklappenhalter mit Bremszylinder,
- d) Klappenbremse mit Bremsschiene,
- e) Hochstellstütze,
- f) Klappenscharniere

**Bild 8.40** Stehende Klappen

- a) senkrecht stehende Klappe, dreiseitig gefalzt, Zapfenband mit Arretierung,
- b) schräg zurückliegende Klappe, oben gefalzt, Zapfenband ohne Anschlag
- c) senkrechtstehende Klappe zwischenschlagend

### 8.3.7 Schiebetüren

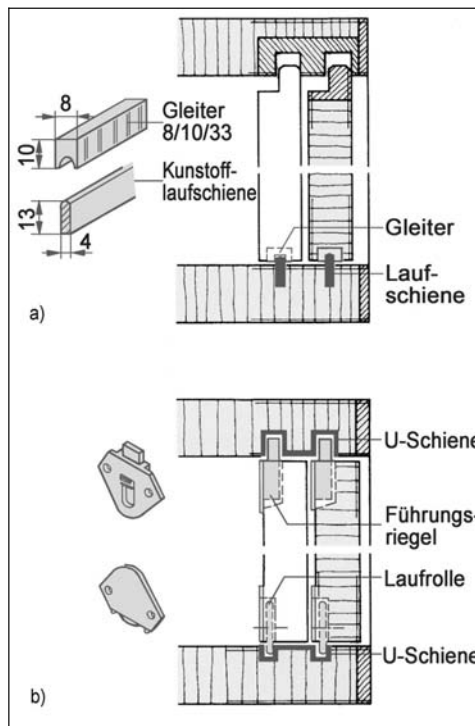
#### Arbeitsauftrag Nr. 68 Lernfeld LF 4,5,12

- Die Kunstgalerie hat die gute Zusammenarbeit mit Ihnen nicht vergessen. Auch Sie konnten sich von der positiven Ausstrahlung Ihrer Produkte bei einem Besuch der Galerie überzeugen.

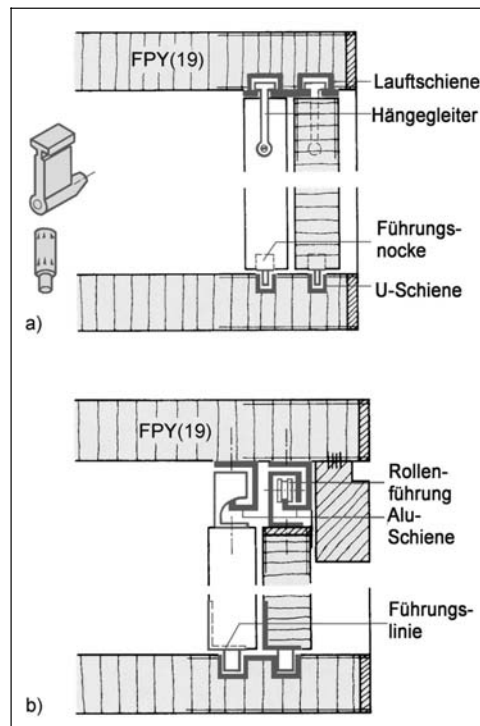
Die Galerie hat inzwischen die Ausstellungsfläche erweitert. Zur Gestaltung der neuen Ausstellungsräume werden 50 Hängeschränke mit Glasschiebetüren benötigt. Die Hängeschränke sind in einfacher Ausführung (z.B. MDF weiß lackiert) zu fertigen, um den Betrachter der Kunstgegenstände nicht abzulenken. Die vorgegebenen Maße eines Hängeschranks sind:

Länge 600 mm, Höhe 400 mm, Tiefe 200 mm, Glasstärke 6 mm

- Erstellen Sie eine Planungsgrundlage für die Herstellung der Hängeschränke als Serienmöbel. Arbeiten Sie im Team.
- Zur Ergänzung Ihres Fachwissens des Themenbereichs Schiebetüren ergänzen Sie bitte Ihre Lernkartei.
  - Vergleichen Sie Vor- und Nachteile von Schiebe- und Drehtüren.
  - Welche Arten von Schiebetüren unterscheidet man?
  - Wie werden hohe Schiebetüren geführt?



**Bild 8.41** Stehende Schiebetür  
a) gleitende, b) rollende Führung



**Bild 8.42** Hängende Schiebetür  
a) gleitende, b) rollende Führung

Schiebetüren brauchen wenig Bewegungsraum, öffnen jedoch immer nur eine Hälfte des Möbels und bieten wenig Schutz vor eindringendem Staub. Wir montieren sie, wenn der Raum nicht genügend Platz für Drehtüren bietet oder wenn die Breite der Tür größer ist als die Höhe (schmale hohe Türen verkanten leicht!). Im Gegensatz zur Drehtür gibt es beim Öffnen der Schiebetür keine Schwerpunktverlagerung, die die Standsicherheit beeinträchtigen kann. Der Kraftaufwand beim Betätigen hängt vom Türformat und von der Führung (Reibungswiderstand) ab. Es gibt stehende und hängende Schiebetüren auf Gleit- oder Rollen-(Kugellager-)führung. Bei hochformatigen Türen ist die hängende der stehenden Ausführung vorzuziehen.

**Bei stehenden Schiebetüren** liegt das Türgewicht auf der unteren Gleit- oder Rollenführung. Die obere Führung hält das Türblatt senkrecht. Eine Nut oder Profilschiene (aus Kunststoff oder Metall) im Oberboden führt das Türblatt. Das Türblatt muss einfach zu montieren sein und erhält z.B. einen innenliegenden Falz mit genügend Spielraum zum Aushängen oder einen Führungsriegel (8.41).

**Bei hängenden Schiebetüren** nimmt eine Gleit- oder Rollenführung das Türgewicht an der oberen Türkante auf. Nach der Lage zur Möbelfront unterscheiden wir im oder vor dem Korpus laufende (vorgehängte) Schiebetüren. Bei vorgehängten Türen können die Elemente im geschlossenen Zustand durch Spezialbeschläge in einer Ebene angeordnet werden, so dass sich eine glatte Front ergibt.

Für leichte Türen reicht eine Gleitführung. Großflächige, schwere und hohe Türen erfordern eine Rollen- oder Kugellagerführung. Das Laufwerk wird meist durch eine Blende verdeckt (8.42, 8.43).

Führungsschubriegel an der Türunterkante oder ein Rollenlaufwerk dienen zur Blattführung im Unterboden (Nut oder Profilschiene erforderlich). Ein staubdichter Mittelschluss zwischen den Türblättern wird durch Bürsten oder abgeschrägte Leisten erreicht.

Zum besseren Türabschluss sollten die Korpusseiten eine Nut, einen Falz, eine Lisene oder eine eingeleimte Staubleiste erhalten.

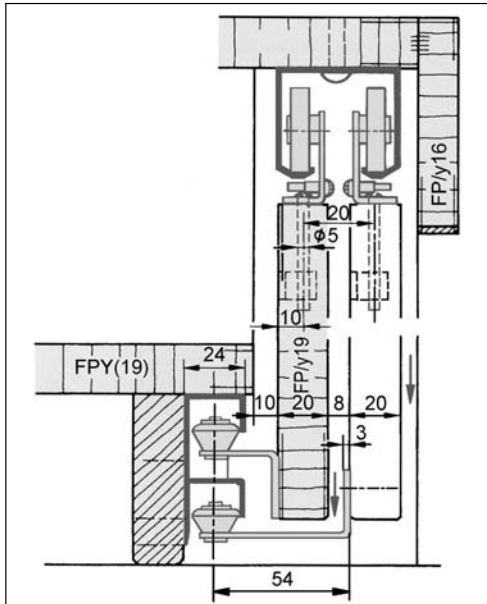
**Glasschiebetüren** finden wir oft an Schaukästen und Vitrinen. Sie werden bei geringem Gewicht unten in Nuten oder Profilschienen geführt. Schwere Türen erfordern eine Lagerung auf Stahlkugeln oder einen Laufwagen, um die Reibungskräfte zu vermindern. Oben werden die Türen in Holznuten oder Nutschienen in der Lage gehalten (8.44).

Schiebetüren verschließen wir mit Hakenriegel- oder Druckzylinderschlössern. Um die äußere Tür nicht zu beschädigen, werden Griffmuscheln oder senkrechte Griffleisten eingelassen. Schiebetüren müssen ausreichend Abstand haben, damit keine Kratzspuren entstehen.

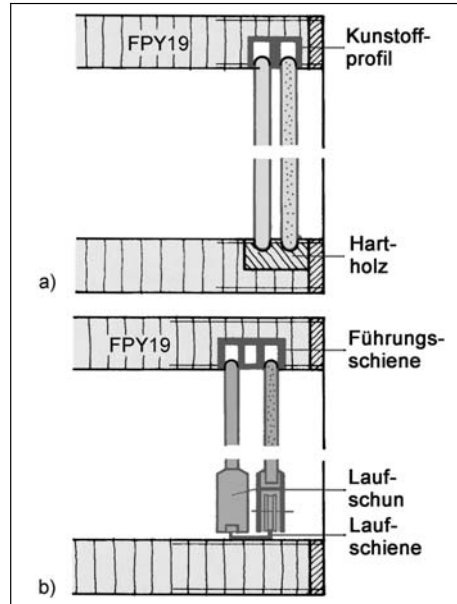
Hängende und stehende Schiebetüren baut man ein, wenn der Raum für Drehtüren zu eng ist oder wenn die Breite der Tür größer als ihre Höhe ist.

**Faltschiebetüren** bestehen aus schmalen meist schrankhohen Elementen, die sich mit einem speziellen Beschlagsystem harmonikaartig nach einer oder zwei Seiten schieben lassen. Sie nehmen im geöffneten Zustand nur halb so viel Platz ein wie Drehtüren. Der Schrankraum ist gut zugänglich. Die Anzahl der Faltelemente wirkt sich auf Aussehen und Dichtigkeit aus.

Die Schrankfront wird in schmale Elemente aufgeteilt, die harmonikaartig zusammengesoben werden.



**Bild 8.43** Schwere hängende Schiebetür mit Rollenführung



**Bild 8.44** Ganzglasschiebetür  
a) auf Hartholzführung gleitend  
b) auf Laufschiene rollend

### 8.3.8 Schubkästen

#### **Arbeitsauftrag Nr. 69 Lernfeld LF 4.5,12**

- Sie sollen in den Hängeschrank der Familie Mustermann zwei nebeneinander liegende Schubkästen einbauen.

Vergleichen Sie hierzu Ihre Planungsunterlagen des Arbeitsauftrages Nr. 60.

Die halbverdeckt gezinkt gefertigten Schubkästen sollen klassisch geführt werden und eine Höhe von Max. 120 mm haben. Alle anderen Maße und Konstruktionsdetails sind von Ihnen fachlich richtig zu wählen.

Fertigen Sie die Schnitte A-A, B-B und C-C im M 1:1 auf einem DIN A3 Blatt an.

Als Orientierungshilfe für die Schnitthanordnung kann die Abbildung 8.5.2 dienen.

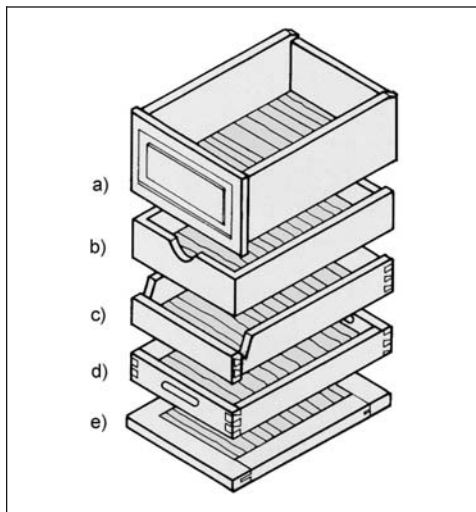
- Vervollständigen Sie Ihren Lernkarteiordner mit den folgenden Fragen zum Thema Schubkästen.
  1. Welche wichtigen Konstruktionsregeln sind beim klassischen Schubkasten mit Führung zu beachten?
  2. Nennen Sie die Vorteile der Nutleistenführung gegenüber der herkömmlichen Führung.
  3. In welchen Fällen verwenden wir mechanische Führungen? Was ist bei der Bestellung anzugeben?
  4. Welche Schubkasteneckverbindungen gibt es?
  5. Was ist ein Englischer Zug? In welchen Fällen verwendet man ihn?
  6. Auf ein Schubkastenvorderstück leimen wir ein Doppel aus Vollholz. Worauf ist dabei zu achten?



**Schubkästen** sind waagrecht in Richtung der Möbeltiefe bewegliche Behälter, in denen man Gegenstände übersichtlich, leicht zugänglich und gut greifbar aufbewahren kann (8.45). Wir können sie in der Möbelfront sichtbar anordnen oder auch nicht sichtbar hinter Möbeltüren, Klappen oder Rollläden. Bleiben sie sichtbar, sind sie ein wichtiges äußeres Gestaltungselement.

Schubkästen müssen gut zugänglich und so eingebaut sein, dass man in den offenen Kasten hineinschauen kann. Wesentlich ist die gute Gängigkeit. Damit Schubkästen in der Führung gut laufen und nicht verkanten, soll die Tiefe des Kastens größer als die Breite sein. Die Reibungsflächen müssen glatt sein. Griff oder Knopf montieren wir etwas oberhalb der Schubkastenmitte.

8



**Bild 8.46** Schubkästen und Auszüge  
a) Schubkasten aufgedoppelt,  
b) Innenschubkasten, c) Englischer  
Zug, d) Tablettauszug, e) einfacher  
Schieber

Je länger der Schubkasten und je kleiner sein Spiel, desto gängiger ist der Kasten.

**Teile des Schubkastens.** Ein Schubkasten besteht aus dem Vorderstück, den Seiten, dem Hinterstück und dem Boden (8.46).

Nach der gewünschten Möbelfront passt man ihn vorspringend, zurückspringend, überfäلت oder aufschlagend in den Korpus ein. Vorderstück und Seiten können aus Vollholz, Holzwerkstoffen oder Kunststoffprofilen gefertigt werden. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf den klassischen Schubkasten mit Führung in Vollholz. Bei der Holz Auswahl ist auf den Jahresringverlauf (Stamm-mittellage) und die richtige Holzfeuchte zu achten (6 bis 10 %).

**Das Vorderstück** ist der sichtbare Teil des Schubkastens. Meist wird es dicker als die Seiten ausgeführt (16 bis 20 mm), weil an ihm Schloss und Griff angebracht werden. Bei einer Aufdopplung kann die Zinkung offen, sonst muss sie halbverdeckt ausgeführt werden. Wenn wir auf das Vorderstück ein Doppel aus Vollholz leimen, müssen beide Hölzer die gleiche Holzrichtung haben.

**Die Schubkastenseiten** sind 10 bis 14 mm dick und werden zur Rückseite oben und unten leicht angefast, damit der Kasten einfacher einzusetzen ist. Vorder- und Hinterstück erhalten die Zinken, die zugbeanspruchten Seiten die Schwalben. Die Schwalben sind so anzuordnen, dass die durchgehende Bodennut des Vorderstücks verdeckt wird. Das Holz für die Seiten verarbeitet man mit der rechten Seite nach außen. Bei etwaigem Werfen bleibt die Verbindungsfuge am Eckzinken dicht und der Kasten klemmt nicht. Wegen der erhöhten Beanspruchung sollten die Seiten aus Hartholz bestehen.

**Das Hinterstück** schließt den Schubkasten zur Rückseite ab. Oft wird es dünner ausgeführt als die Seiten, weil es keine Nut zur Bodenaufnahme bekommt. Außerdem ist es schmäler als die Seiten, da der Boden von dieser Seite eingesetzt wird. Damit die Luft beim Hineinschieben des Kastens entweichen kann, führt man das Hinterstück etwa 8 mm niedriger als die Seiten aus.

**Der Schubkastenboden** steift den gesamten Kasten aus, hält ihn winkelstabil und trägt den Schubkasteninhalt. Er wird in die Seite und in das Vorderstück eingenuet und am Hinterstück verschraubt. Ein Nachpassen und Auswechseln ist möglich. Heute stellt man den Boden meist aus Furniersperrholz, bei einfacherer Ausführung aus Hartfaserplatte her; Vollholzböden finden wir nur noch bei älteren Möbeln. Die Faserrichtung muss parallel zum Vorderstück verlaufen, damit beide Teile das gleiche Schwindverhalten haben und sich der Boden nicht aus der Nut zieht (8.48).

**Schubkastenarten.** Nach der Lage zur Möbelfront unterscheiden wir vier Schubkastenarten: zurückspringende, vorspringende, überfäلتete und aufschlagende Kästen (8.49).

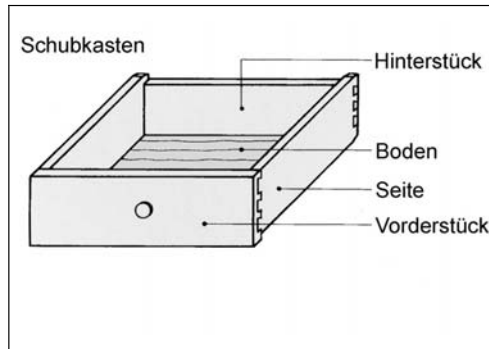


Bild 8.46 Bezeichnungen am Schubkasten

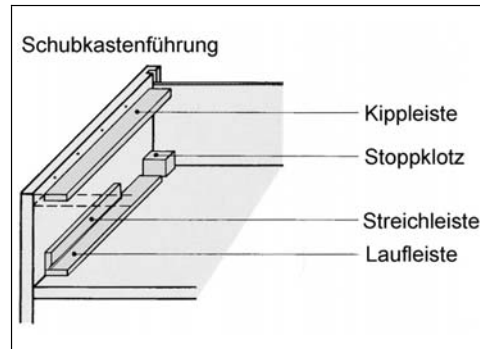
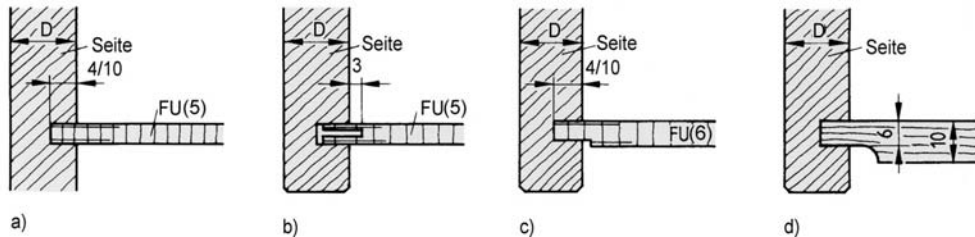


Bild 8.47 Bezeichnung an der Schubkastenführung

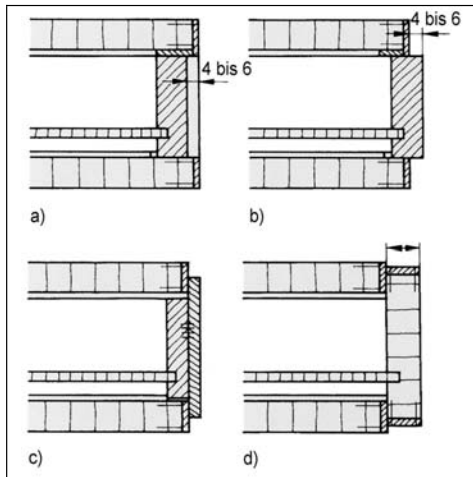
Bild 8.48 Schubkastenboden  
a) Bodenkante eingenetet, b) eingenetet und geschlitzt, c) gefalzt, d) Vollholzboden

- **Bei zurückspringenden** Schubkästen springt das Vorderstück 4 bis 7 mm zurück. Dadurch ergibt sich die Plastizität in der Möbelfront.
- **Bei vorspringenden Schubkästen** springt das Vorderstück 4 bis 7 mm vor. Die Ansicht wirkt weniger plastisch, der Innenraum ist staubanfällig. Wegen der sichtbaren Fuge muss der Kasten genau eingepasst werden.
- **Bei überfälzten Schubkästen** erhält das Vorderstück einen Falz oder wird aufgedoppelt. Der Kasten schließt staubdicht, die Kastenfuge wird verdeckt. Wenn das Doppel aufgeleimt wird, müssen Material und Holzrichtung aufeinander abgestimmt werden. Ein Holzwerkstoffdoppel ist auf das Vollholz-Vorderstück aufzuschrauben.
- **Bei stumpf aufschlagenden Schubkästen** schlägt das Vorderstück in voller Dicke auf die Korpuskante. Ein genaues Einpassen des Vorderstücks ist nicht erforderlich.

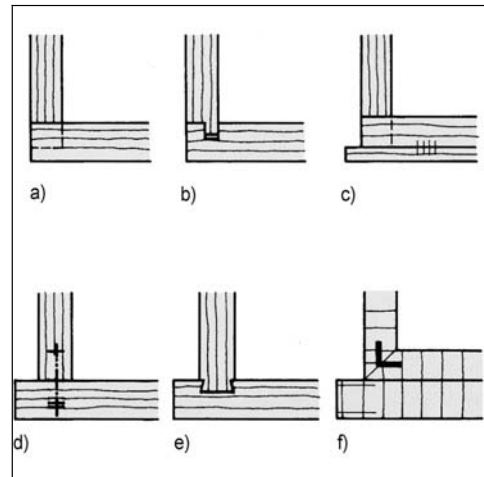
**Für die Eckverbindung** des Vorderstücks mit der Seite gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Ausführung richtet sich nach Belastung, Qualitätsansprüchen und betrieblicher Ausstattung. Möglich sind offene oder halbverdeckte Zinkung, Nut und Federverbindung, gedübelt, gegrätet oder auf Gehrung gefedert (8.50).

Eine Sonderform ist der in der Möbelfront liegende *Schieber*. Die herausziehbaren Platten dienen als Abstellflächen bei Anrichten und Büroschränken (8.46e).

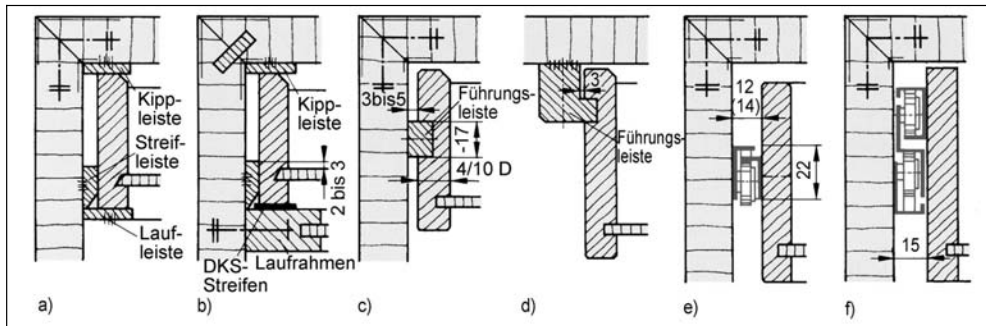
**Schubkastenführung.** Der gute Lauf eines Schubkastens hängt wesentlich von der Schubkastenführung ab. Die Reibungskräfte sollen möglichst klein sein, der Schubkasten darf nicht verkanten. Wir unterscheiden die klassische Führung, Nutleistenführung und mechanische Führung (8.51).



**Bild 8.49** Schubkastenarten  
a) zurückspringend, b) vorspringend, c) überfäلت (aufgedoppelt), d) aufschlagend



**Bild 8.50** Eckverbindung von Schubkästen  
a) halbverdeckt gezinkt, b) genutet, c) offen gezinkt, d) gedübelt, e) gegratet, f) auf Gehrung gefedert

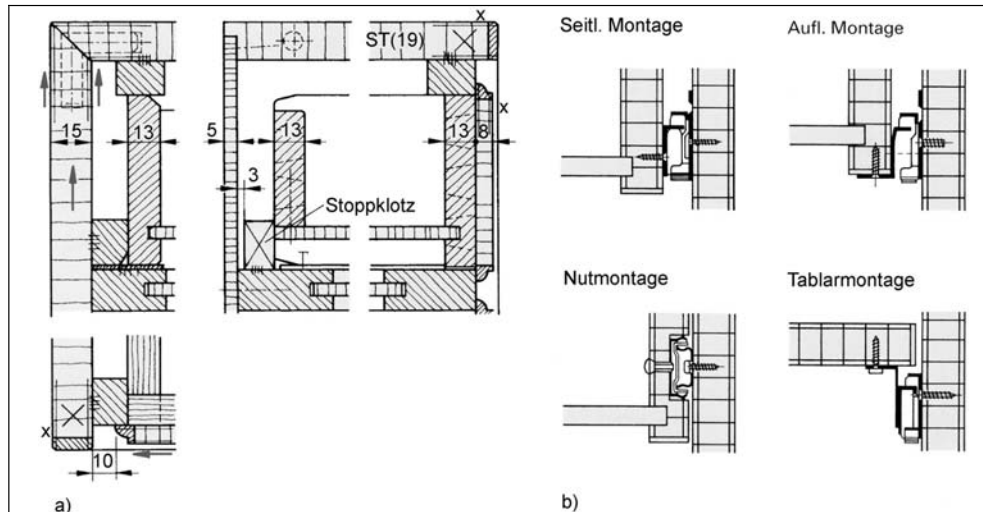


**Bild 8.51** Schubkastenführungen  
a) klassische Führung, b) Streichleiste aus DKS,  
c) hängende Führung mit Nutleiste, d) hängende Führung mit Falzleiste,  
e) mechanischer Teilauszug, f) mechanischer Vollauszug

**Die klassische** Führung besteht aus Lauf-, Streich- und Kippleisten (8.47). Für die *Laufleisten* soll ein hartes Material verwendet werden, das einen geringen Reibungswiderstand aufweist (z.B. 3 bis 5 mm dicke feinporige Hartholzleisten aus Buche oder Ahorn oder ein etwa 1 mm dicker Schichtpressstoffstreifen). Durch die *Streichleisten* erhält der Schubkasten seine seitliche Führung. Die Leistenlänge beträgt etwa  $\frac{2}{3}$  der Kastentiefe. An der Unterkante soll die Streichleiste eine Fase haben, damit Leimreste und Staub den Lauf nicht beeinträchtigen. Die *Kippleisten* geben dem Schubkasten die obere Führung und verhindern das Abkippen beim Herausziehen des Kastens. Damit der Kasten besser gleitet, reibt man die Schubkastenführungen oft mit Wachs

ein. Ein *Stoppklotz* stoppt den Schubkasten ab. Er wird hinter der Seite mit etwa 3 mm Abstand von der Schrankrückwand befestigt (sonst besteht Resonanzgefahr). Die Stoppfläche soll Hirnholz sein.

**Bei der Nutleistenführung** läuft der Schubkasten mit seinen genuteten Seiten in Führungsleisten. Sie bestehen meist aus Hartholz oder Kunststoff und übernehmen die Aufgaben der Kipp-, Streich- und Laufleisten. Jedoch sind sie schneller zu montieren und erfordern weniger Einpassarbeit als die klassische Führung. Wir können sie auch unter dem oberen Boden befestigen, so dass der Schubkasten in einer ausgefäلتen Leiste hängend läuft (8.51c, d).



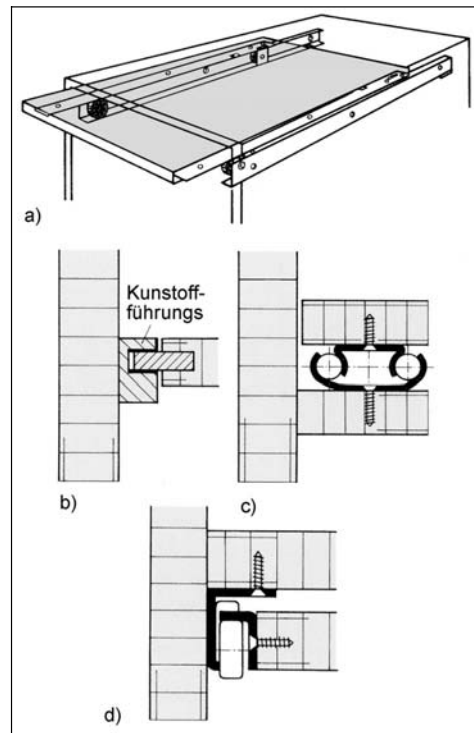
**Bild 8.52** a) Klassischer Schubkasten mit aufgedoppeltem Vorderstück  
b) Mechanische Schubkastenführungen

**Bei der mechanischen Führung** übernehmen Metallschienen mit Rollen oder Kugellagern die Schubkastenführung. Die hier statt der Gleitreibung auftretende Rollreibung verbessert die Laufeigenschaften. Mechanische Führungen eignen sich besonders für schwere, breite Schubkästen. Wir unterscheiden Teil- und Vollauszug (8.51, 8.52). Beim Vollauszug kann der Schubkasten bis vor die Möbelfront gezogen werden. Für die Bestellung sind folgende Angaben wichtig: Teil- oder Vollauszug, Einbaulänge, Belastung, Art der Anbringung (seitlich oder unter dem Boden), Kugellager- oder Rollenauszug.

Um handwerkliches Können zu zeigen, finden wir heute bei Einzelstücken statt des mechanischen Vollauszugs teilweise wieder den herkömmlichen Kulissenauszug aus Holz.

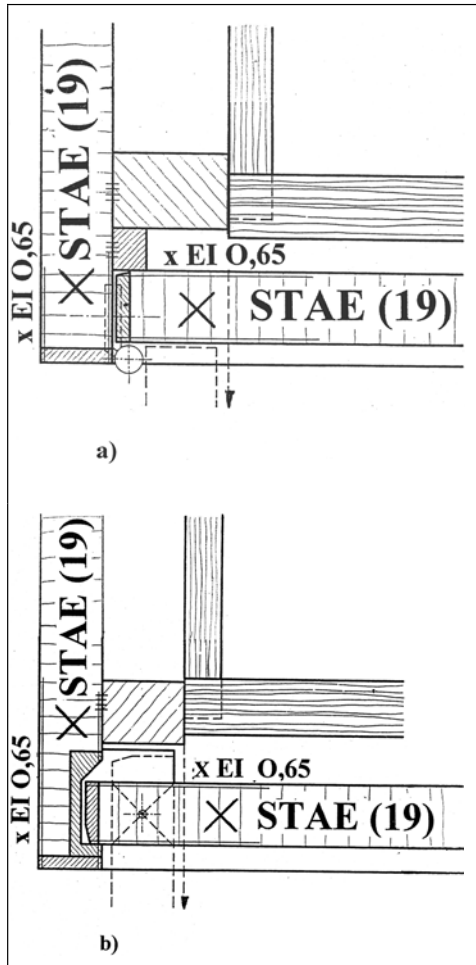
**Innenschubkästen.** Hinter der Möbelfront (Türen, Klappen, Rollläden) werden oft Innenschubkästen, Englische Züge oder Tablettauszüge eingebaut. Sie müssen sich bei einem Öffnungswinkel der Tür von  $90^\circ$  ohne anzuecken bewegen lassen. Sollte der innenliegende Schubkasten abzuschließen sein, muss der Schlüssellänge gegenüber der Tür zurück. (8.54)

**Innenliegende Schubkästen** erhalten bei großen Schränken oft ein eigenes Schubkastengehäuse. Für den Bau des Schubkastens gelten die beschriebenen allgemeinen Konstruktionsgrundsätze. Um den Schrankinnenraum gut zu nutzen, sollte man eingelassene Griffnuten, -muscheln oder Hängegriffe vorsehen.



**Bild 8.53** a) Tablettauszug in Ansicht, b) Gleitführung, c) Kugellagerführung, d) Rollenföhrung

**Englische Züge** haben ein niedriges Vorderstück, das gleichzeitig als Griff dient. Der Inhalt ist einsehbar und beim offenen Möbel zugänglich. Man baut die Züge bevorzugt als Papier- oder Wäschezüge in Büromöbeln oder Schränken ein. Das zum Unterfassen tiefergezogene Vorderstück sollte mindestens mit zwei Schwalben verbunden werden (8.45c).



**Bild 8.54** Innen liegende Schubkästen  
a) mit Zylinderband Kröpfung B  
b) mit Zapfenband

**Tablettauszüge** sind ausziehbare Fachböden in Anrichten und Geschirrschränken, die oft auch zum Servieren benutzt werden (8.54b).

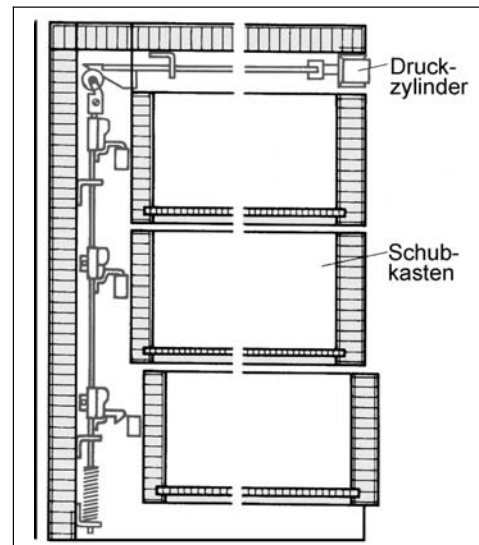
Die klassische Schubkastenführung besteht aus Lauf-, Streich- und Kippgleite.

Bei der Nutleistenführung läuft der Schubkasten in zwei Führungsleisten.

Mechanische Führungen montiert man bei schweren, breiten Schubkästen mit Teil- oder Vollauszug in Rollen- oder Kugellaufführung.

Bei Einbau von Innenschubkästen und Zügen ist darauf zu achten, dass diese bei um 90° geöffneter Tür heraus zuziehen sind, ohne dass sie dabei gegen die Türkante stoßen. Sollte der innen liegende Schubkasten abzuschließen sein, muss der Schlüsselvorsprung berücksichtigt werden; d.h. das Vorderstück springt um die Schlüssellänge gegenüber der Tür zurück.

**Schubkastenschlösser** sichern den Schubkasteninhalt und schützen als Einzelverschluss die Schublade (8.56). Für Einzelschubkästen baut man in der Regel dieselben Schlossarten wie bei den Möbeltüren ein. Liegen mehrere Schubladen übereinander, baut man häufig Zentralverschlüsse ein. Sie bestehen aus einem Zylinderschloss mit einer Verschlussstange, durch die sich alle Schubkästen gleichzeitig arretieren lassen (8.55).



**Bild 8.55** Schließanlage

### 8.3.9 Fachböden

#### Arbeitsauftrag Nr. 70 Lernfeld LF 4.5,12

- Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen mit Hilfe Ihres Fachbuches und vervollständigen Sie Ihren Lernkarteiordner.
  - Zum besseren Verständnis Ihrer Antworten fertigen Sie bitte Skizzen an.
1. Welche Befestigungsmöglichkeiten gibt es für Fachböden ?
  2. Was ist zu beachten, um die Durchbiegung der Böden gering zu halten?

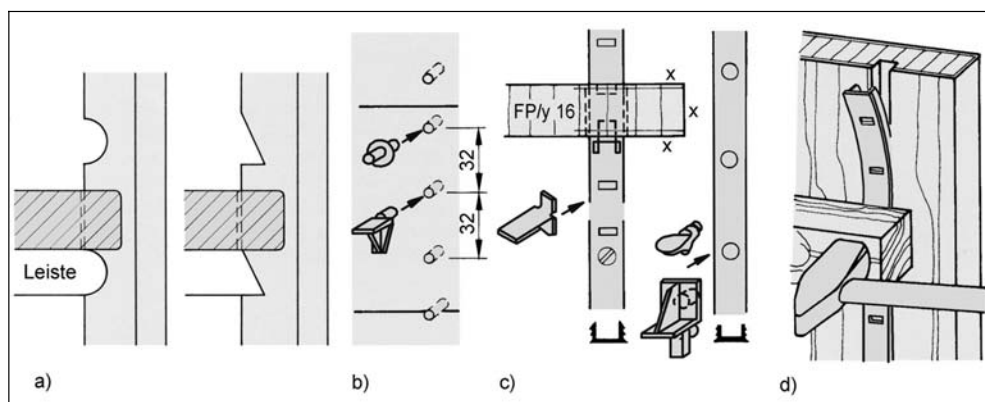
**Fachböden** nehmen Gegenstände unterschiedlicher Größe und Gewichte auf. Dabei sollen sie sich nicht verformen. Der Verwendungszweck und die Spannweite beeinflussen die Materialauswahl und Konstruktion. DIN 68874 unterscheidet drei Belastungsgruppen und legt maximale Werte für die Durchbiegung fest. Für die Dicke der Böden gilt als Richtwert 16 bis 20 mm. Die Spannweite soll bei normaler Belastung 1000 mm und bei hoher Belastung (z.B. Bücher) 800 bis 900 mm nicht überschreiten. Fachböden aus Vollholz oder Tischlerplatte biegen sich weniger durch als Böden aus Holzspanplatte. Die Mittellage der Tischlerplatte und die Faserrichtung des Deckfurniers von Spanplatten sollen parallel zur Öffnungsbreite verlaufen. Bei Vollholzböden wirken sich außerdem die Holzart und der Jahresringverlauf auf die Durchbiegung aus.

Durch Vorleimer oder eingelassene Metallprofile lässt sich die Tragfähigkeit der Böden erhöhen.

Die Fachböden sollten höhenverstellbar montiert werden. Statt der früher üblichen Zahnleiste für Vollholzböden verwendet man heute Bodenträgerstifte und -stecker. Für die Bohrungen in der Korpusseite hat sich das rationale 32-System bewährt:

Im Abstand von 32 mm bohrt man eine Lochreihe von 5 mm Durchmesser, die außer den Bodenträgerstiften auch Beschläge für Türen und Schubkästen aufnehmen kann (8.56b). In die Korpusseiten eingelassene Bodenträgerschienen aus Metall oder Kunststoff haben die Vorteile guter Verstellmöglichkeit und hoher Belastbarkeit. Glasböden erfordern spezielle Bodenträger, die ein Verrutschen verhindern.

8



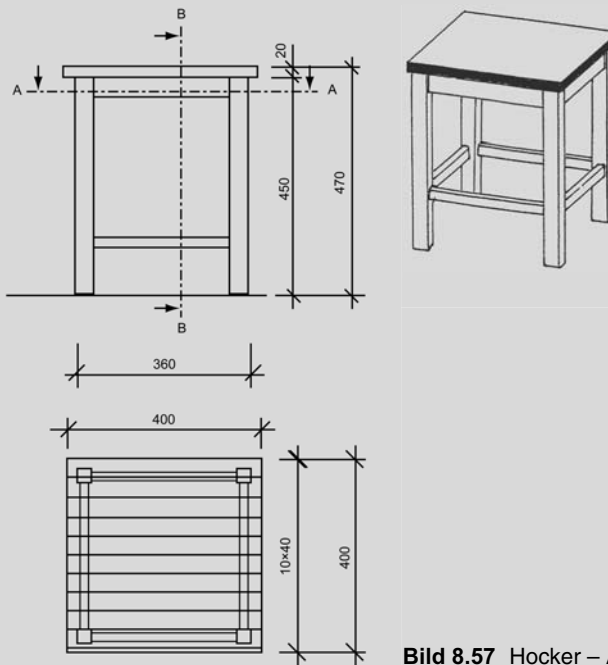
**Bild 8.56** Fachböden a) auf Zahnleiste, b) 32er Lochreihe, c) Bodenträgerschiene, d) Montage der Bodenträgerschiene

### 8.3.10 Sitzmöbel

#### Arbeitsauftrag Nr. 71 Lernfeld LF 4,5,12

- Die Skulpturengalerie benötigt fünf einfache Sitzhocker aus Buche, um ihren Besuchern – insbesondere Senioren – die Gelegenheit zum längeren betrachten der Ausstellungsgegenstände zu ermöglichen.

Zeichnen Sie einen Horizontalschnitt und einen Vertikalschnitt im M 1:1 nach DIN 919 nach folgender Abbildung.

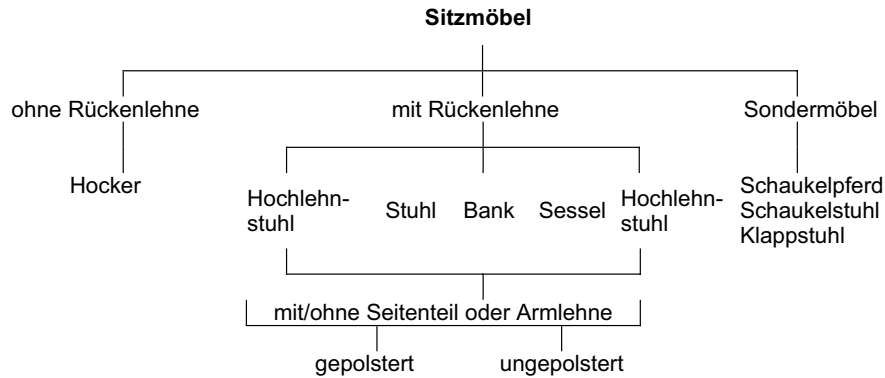


**Bild 8.57** Hocker – Ansicht, Draufsicht, Perspektive

- Folgende Fragen sollten Sie anhand Ihrer Konstruktionszeichnung beantworten können.
1. Wodurch werden die Abmessungen von Sitzmöbeln bestimmt und welche Anforderungen werden allgemein an sie gestellt?
  2. Benennen Sie die Konstruktionsteile eines Hockers.
  3. Welche Konstruktionsteile sind für einen klassischen Hochstuhl gebräuchlich?
  4. Legen Sie sinnvolle Abmessungen und Dimensionen für einen Kinderhocker fest.
  5. Welche konstruktiven Fragen sind bei der Herstellung der Massivholzsitzplatte zu klären? Berücksichtigen Sie bei dieser Antwort das Arbeiten des Holzes.
  6. Erstellen Sie eine Materialliste für die fünf bestellten Hocker.

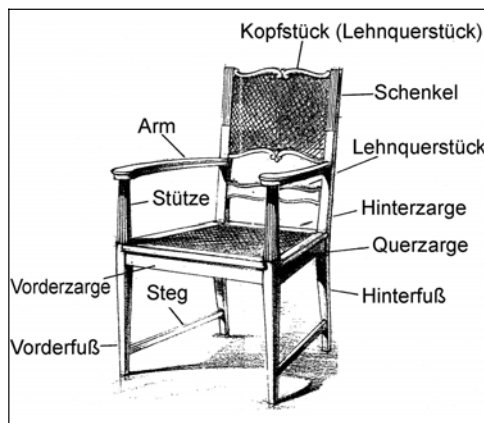
Die wichtigsten Möbel sind Stühle, Sessel, Bänke etc., da der Mensch einen Großteil seines Lebens im Sitzen verbringt.

Entwürfe für Sitzmöbel aller Art sind unter Berücksichtigung der Formgebung, entsprechender Konstruktion und verwendeten Materialien von stark modischen Einflüssen geprägt.

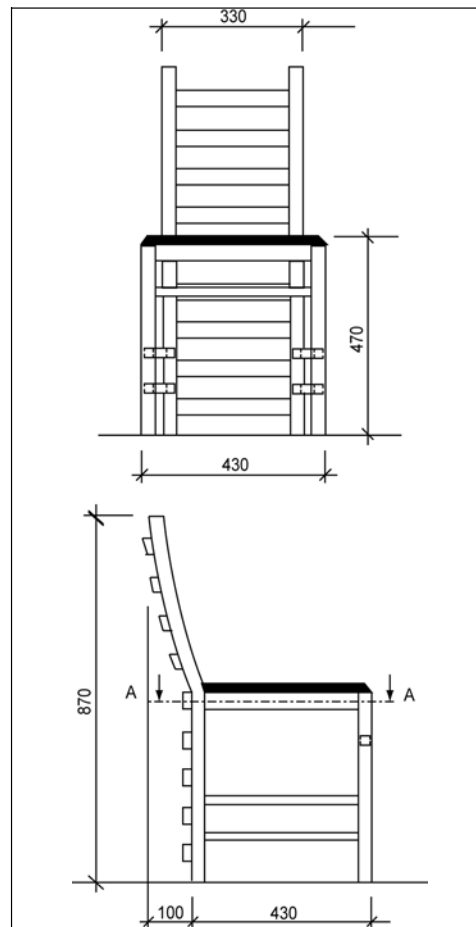


Die Richtmaße für ein Sitzmöbel richten sich nach den Durchschnittsmaßen des Menschen (Bild 8.59). Die Sitzhöhe ist so zu bemessen, dass die Füße des Benutzers beim bequemen Sitzen den Boden berühren. Bei guten Kinderstühlen ist daher die Fußabstellfläche verstellbar. Die Sitzfläche ist im allgemeinen waagrecht gehalten.

Die Stuhlteile bestehen aus Bock und Lehne. Die Lehne wird aus den Hinterfüßen, der Hinterzarge und dem Lehnquerstück gebildet. Der Bock besteht aus den Vorderfüßen, der Vorderzange und den Seitenzargen. Zur Versteifung werden häufig Stege, auch Doppelstege, zwischen Vorder- und Hinterfüßen eingebaut.

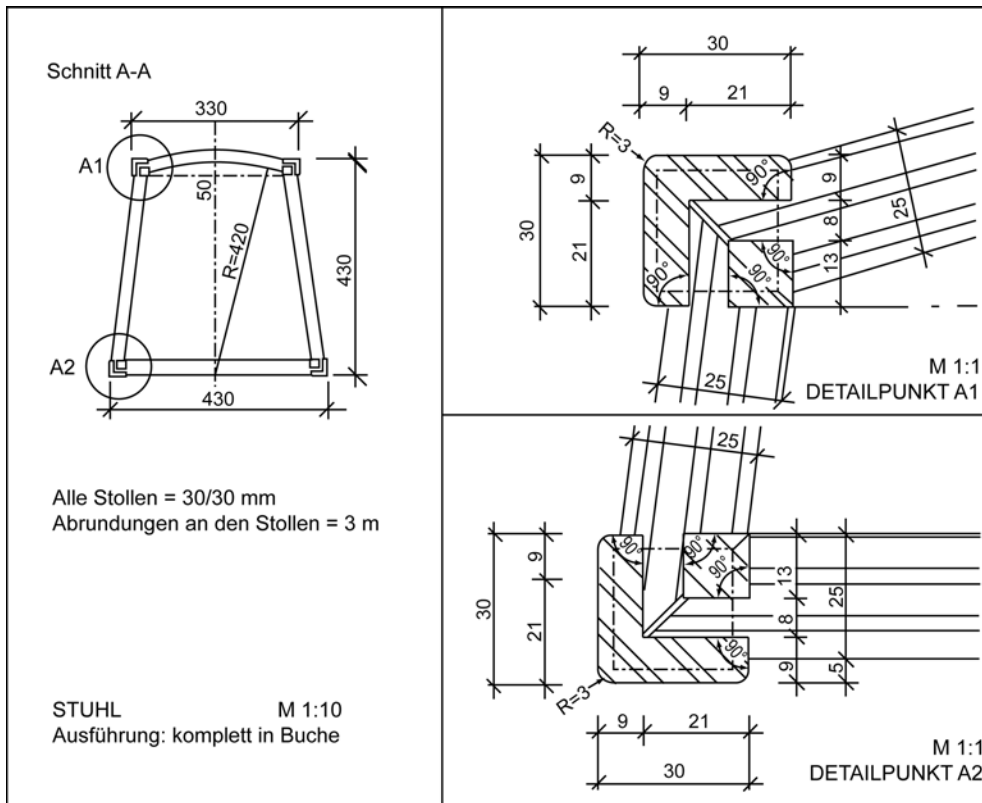


**Bild 8.58** Klassischer Hochlehnstuhl/Stuhlteile



**Bild 8.59** Richtmaße eines Hochlehnstuhls





**Bild 8.60** Hochlehnstuhl in Buche Schnitt A-A , Detailpunkte A1 und A2

Die Stuhlform sollte ergonomisch geformt sein, d.h. sie sollte sich den Gegebenheiten der menschlichen Anatomie anpassen und die Wirbelsäule in den Lenden und Rücken stützen.

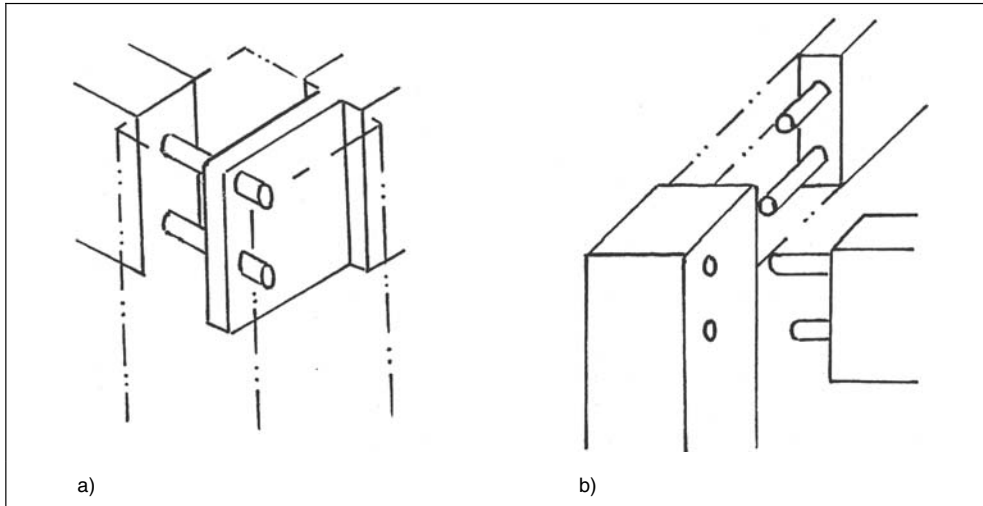
**Hinweis:**

Die Zapfen der Zargen müssen rechtwinklig in die Stollen eingestemmt werden.

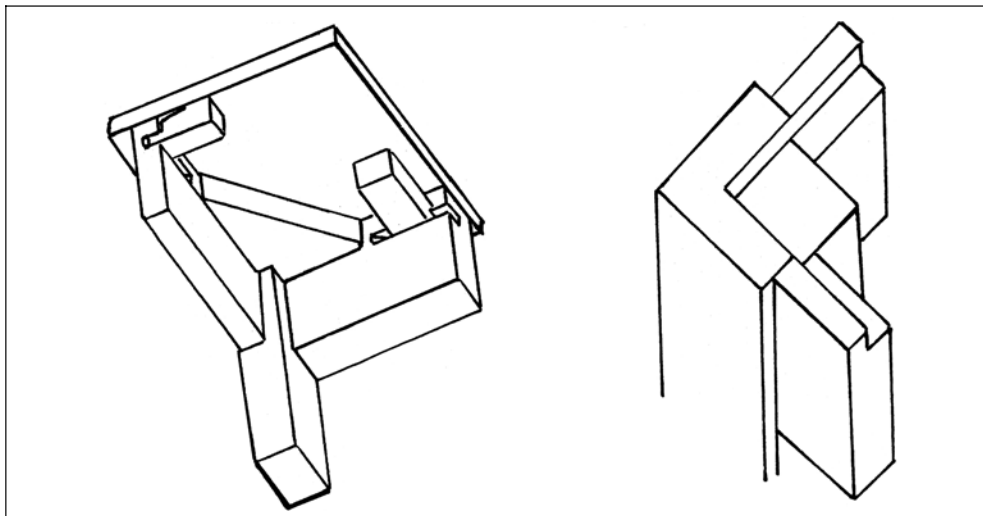
Die Verbindungskonstruktionen müssen starken Beanspruchungen stand halten und daher besonders sorgfältig verleimt werden. Für die Verbindung von Zargen und Stollen können Dübel (8.61), Zapfen, Schlitz und Zapfen (Bild 8.60) Verleimfräserprofile (Kronenfugen, Minizinkung), verkeilte Steckverbindungen, Bohrverbindungen, Schrauben und Zapfen mit Holznägeln verwendet werden.

Die Sitzflächen können aus Massivholz, formverleimt aus Sperrholz, aus Rohrgeflecht oder gepolstert gefertigt werden. Die massive Sitzfläche wird zwischen die Hinterfüße eingepasst und von unten durch Nutklötzer (8.62a) gehalten. Die hintere Befestigung erfolgt durch das Aufleimen auf die Zarge.

Sperrholzsitze können aufgeleimt und/oder verschraubt werden. Rohr und Polstersitze benötigen einen Rahmen, der in der Regel vorne auf Gehrung und hinten stumpf gedübelt ausgearbeitet wird. Der Rahmen wird in die vorher ausgefällzte Zarge gelegt (Bild 8.62b). Die Fußgestelle können zusätzliche Stabilität durch Einbau von Verstärkungen erhalten (Bild 8.62a).

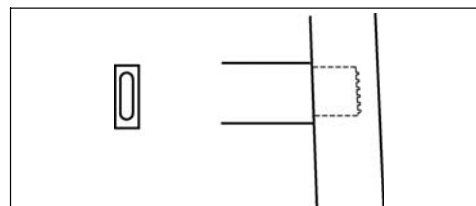


**Bild 8.61** a) Verbindung von Zapfen und Dübeln b) Dübel mit schmalen Zargen



**Bild 8.62** a) Befestigung des Sitzes b) Falz für Polsterrahmen Nutklötzen und Verstärkern

Die Zapfen sind bei der Herstellung zu exeln. Unter Exeln ist das Absetzen des Zapfens (ca. 5 mm) rund umlaufend zu verstehen. Die Bearbeitung des Zapfens erfolgt mit einer Zapfenfräsmaschine die gleichzeitig den Zapfen auf die gewünschte Länge und Breite fertigt (Bild 8.63).



**Bild 8.63** geexelte Stolleneckverbindung

**Massivhölzer** eignen sich für gerade bis mäßig geschwungene Sitzmöbelteile. Bei der Verwendung von Biegehölzern, schichtverleimtem Holz und Fadenholz können auch Stühle und Sessel mit starken Schweifungen, Krümmungen und außergewöhnlichen Formen hergestellt werden.

Stühle und Sessel werden nur noch selten handwerklich hergestellt. Sie sind größtenteils Erzeugnisse der Stuhl- und Polstermöbelindustrie. Für die Reparatur, Restauration und Nachbau dieser Möbelstücke besteht dennoch für den Tischler/Schreiner die Notwendigkeit Grundkenntnisse im Gestellbau zu besitzen.

#### **Arbeitsauftrag Nr. 72 Lernfeld LF 4,5,12**

Die Galerie hat eine Vernissage veranstaltet. Das Publikum war sehr von den Ruhemöglichkeiten durch die von Ihnen gefertigten Hocker angetan. Dies führte zu einer längeren Verweildauer bei der Ausstellung. Auch wurden mehr Ausstellungsstücke als bei solchen Veranstaltungen üblich verkauft.

Der Galeriebesitzer möchte nun Stühle bestellen, die aufgrund der begrenzten Abstellfläche stapelbar sein sollen. Er wünscht, dass Ihre Firma einige Entwürfe präsentiert.

Bitte entwerfen Sie in einem Team drei stapelfähige Stühle. Verwenden Sie Prospekte und Kataloge zur Ideenfindung. Stellen Sie Ihren „Favoriten“ der Klasse vor. Unterstützen Sie Ihre Präsentation durch Skizzen, Zeichnungen und einem Modell aus Styropor, Pappe oder Furnier.

Nehmen Sie zum Abschluss einen Vergleich der gesamten Modelle im Klassenverband vor. Halten Sie die positiven Gestaltungspunkte schriftlich fest.

## 8

### 8.3.11 Tische

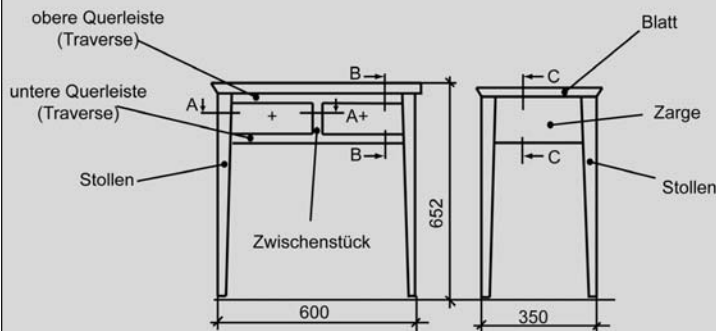
#### **Arbeitsauftrag Nr. 73 Lernfeld LF 4,5,12**

- Sie werden beauftragt, einen Esstisch (Massivholz Esche) mit der Fläche  $1,40\text{ m} \times 0,90\text{ m}$ , zu bauen. Die Tischfläche soll bei Bedarf vergrößert werden können. Geben Sie einen Überblick über Möglichkeiten der Tischflächenvergrößerung. Fertigen Sie die Konstruktionszeichnung eines Klapptisches mit drehbarer Klappe im M1:10 an.

**Aufgabe:** Zeichnen Sie folgende Schnitte des Dielentisches im Maßstab 1:1 (*DIN A 3, Hochlage*)

- Schnitt A-A (Horizontalschnitt) als Halbschnitt
- Schnitt B-B (Vertikalschnitt) als Teilschnitt
- Schnitt C-C (Frontalschnitt) als Teilschnitt

Vorder- und Seitenansicht mit Hauptmaßen und Angabe des Schnittverlaufs (M 1:10)



**Bild 8.64**

**Konstruktion (Verbindungen):**

- Verbindung von Stollen und Zarge: mit Nutzapfen
- obere Querleiste (Traverse) mit Stößen: mit Aufzinker
- untere Querleiste (Traverse) mit Stollen: mit Fingerzinken
- seitliche und mittlere Laufleisten mit Zarge bzw. Traverse: mit Nutzapfen
- Zwischenstück mit oberer und unterer Traverse: mit Fingerzinken
- Kippleisten mit Zarge bzw. Traverse: mit Nutzapfen
- Schubkasten: gezinkt (vorne halbverdeckt, hinten offen)

Tischarten	Breite	Tiefe	Höhe in mm
Esstisch, Küchentisch Wohnzimmertisch	1100 – 1300	700 – 900	720 – 750
Couchtisch	1000 – 1100	500 – 600	600
Arbeitstisch (Küche)	1000 – 1200	500 – 800	850 – 1000

Maße, Design, Form und Bauart der Tische hängen von dem jeweiligen Verwendungszweck des Tisches ab. Es sind folgende Möbelmaße zu beachten:

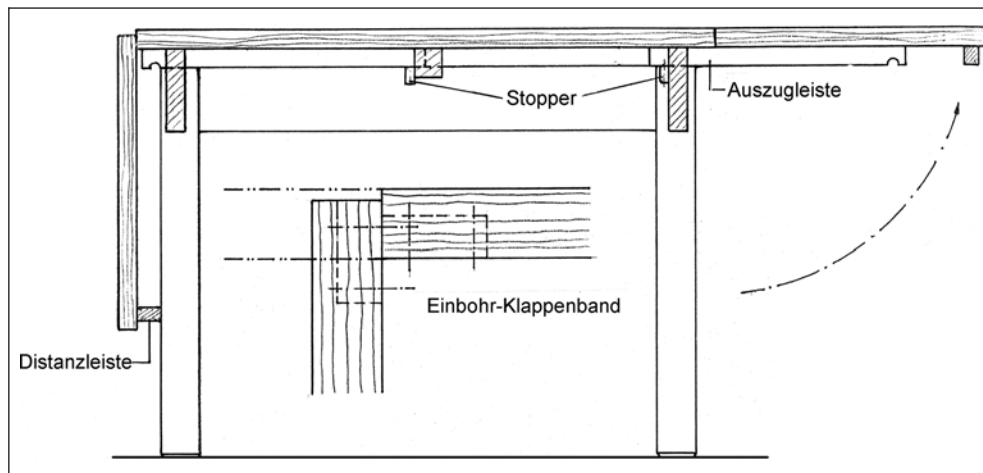
Die Platzbreite beträgt pro Person ca. 600 mm. Für ein angenehmes Sitzen ist eine ausreichende Beinfreiheit wichtig. Der freie Beinraum sollte bei Ess- und Küchentischen 650 mm betragen. Tische mit hohen Zargen, z.B. für die Aufnahme eines Schubkastens, sollten die Mindesthöhe von 600 mm nicht unterschreiten.

Tischvergrößerungen werden durch Klapp-, Auszieh- oder Kulissenvorrichtungen erzielt.

**Der Klapptisch**

Klapptische können in verschiedenen Ausführungen hergestellt werden. Die Verbindung der Klappe mit der Platte erfolgt mit Scharnieren oder Einbohr-Klappenbändern.

Die Klappen können durch herausziehbare Schieber, Auszugleisten oder das Herausdrehen eines zusätzlichen Tischbeins in waagerechter Lage gehalten werden. Das Tischbein, durch Scharniere mit Zarge und Steg verbunden, wird um 90° zur Klappenunterstützung heraus gedreht.



**Bild 8.65** Klappstisch mit hängender Klappe

Nachteilig ist hierbei, dass die Klappen im hängenden Zustand stören. Als Zweckmäßig hat sich die, wie in Bild 8.66 dargestellte Konstruktion erwiesen. Hierbei besteht die Klappe aus zwei Teilen, die im zusammengeklappten Zustand übereinander liegen. Die untere Hälfte ist drehbar im Punkt a auf einer Brücke gelagert. Zur **Drehpunktermittlung** wird der Tisch in der Draufsicht im zusammengeklappten und geöffneten Zustand gezeichnet. Vom Schnittpunkt der Stoßfuge mit der Blattkante wird mit der halben Blattbreite ein Viertelkreis geschlagen und dessen Eckpunkte miteinander verbunden. Eine vom gleichen Punkt unter  $45^\circ$  gezeichnete Linie gibt im Schnittpunkt mit der Sehne den gesuchten Drehpunkt. Bei diesen Tischen muss die Blattbreite mindestens gleich der halben Blattlänge sein. Um das Drehen der Tischplatte zu erleichtern, sollten die Füße an der Oberseite mit einem Filzstreifen/Kork als Gleitlager versehen werden.

#### Der rechteckige Ausziehtisch (Holländer)

Diese Konstruktionsform fand früher häufiger als die Klapptische Verwendung, gilt aber heute als veraltet. Diese Tische werden aber auch in unserer modernen Zeit noch gern genutzt. Reparaturen müssen nicht selten vom Tischler ausgeführt werden.

Die Führung der Auszugsteile erfolgt unter der Tischplatte. Die Zarge wird ausgeklinkt. (Bild 8.67)

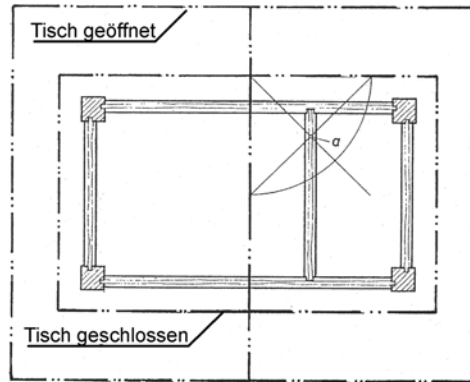


Bild 8.66 Drehpunktermittlung

Die Führung muss ein Zusammenstoßen der Zuggleisten verhindern und einen leichten Lauf gewährleisten. Kernstück der Führung ist die Brücke, welche auf das Tischgestell aufgeschraubt ist.

Der einfache neuzeitliche rechteckige Ausziehtisch findet in der heutigen Zeit vielfach Verwendung (Bild 8.68)

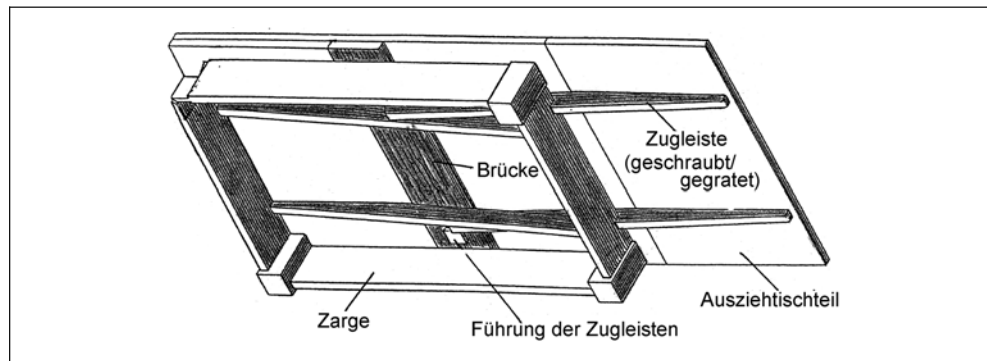


Bild 8.67 Unteransicht eines rechteckigen Ausziehtisches

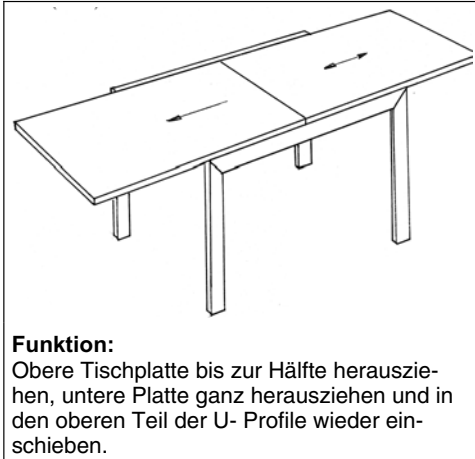


Bild 8.68 neuzeitlicher Ausziehtisch

Der Auszug liegt bei dieser Konstruktion unter der Platte in einer Nutführung mit genügender Luft zur oberen Platte. Eine Beschädigung der Platten beim Herausziehen wird somit vermieden. Durch das Fehlen einer Brücke ist eine Vergrößerung der Tischfläche auf das Doppelte möglich.

Die Platten sind durch U-Profile mit dem Tischgestell verbunden (Bild 8.69). Züge bzw. Zugleisten werden nicht benötigt. Durch Beschichtung der Platten kann der Tisch gestalterisch wie zweckmäßig vielseitig Verwendung finden.

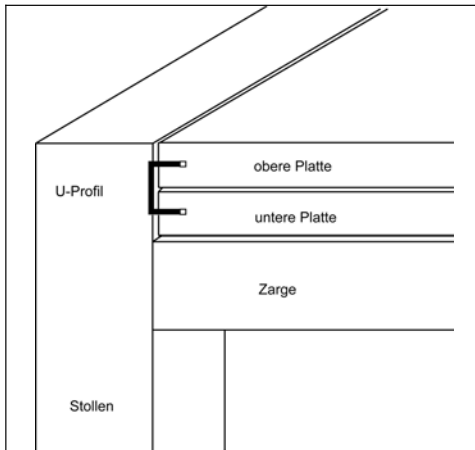


Bild 8.69 Verbund von ausziehbaren Tischplatten durch U-Profile

### 8.3.11.1 Tisch mit Schubkästen

Werden in einem Tisch Schubkästen eingebaut, so ist die Konstruktion eines **oberen** und **unteren Travers** notwendig. Die Fuß- Zargenverbindung mittels Zapfen und gestemmt Loch ist eine grundsolide, alte Holzkonstruktion (Bild 8.70), die aber heute weitgehend von der gedübelten Verbindung verdrängt worden ist.

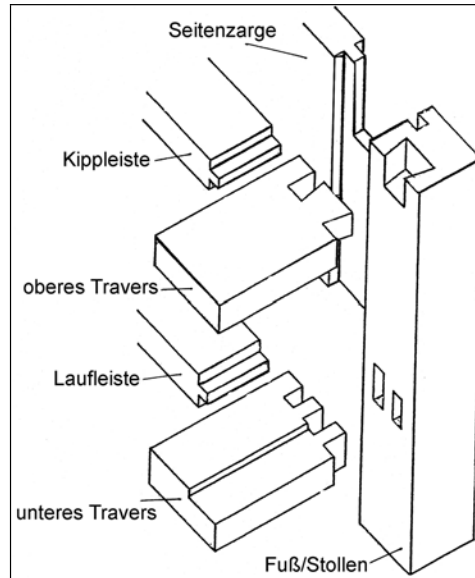
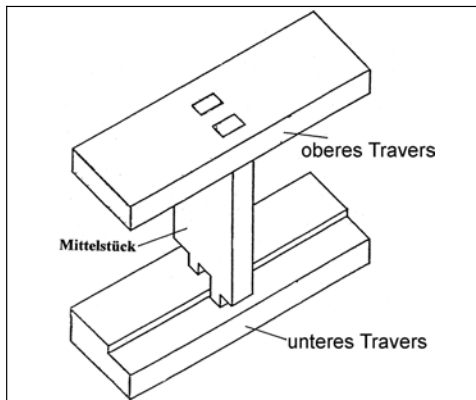


Bild 8.70 Fuß- Zargenverbindung mit oberer und unterer Traverse

Diese ältere Konstruktion hat auch Nachteile. Das Langloch, das den Zapfen der Zarge aufnimmt, erstreckt sich nahezu auf  $2/3$  der Zargenbreite. Der Fuß wird hierdurch erheblich geschwächt. Die Fertigung eines Nutzapfens kann diesen Nachteil etwas ausgleichen, der Fuß erhält etwas mehr Stabilität. Es sollten nur langfaserige Hölzer für diese Konstruktion verwendet werden, da kurzfasrige Hölzer sich nicht zum Anschneiden des Nutzapfens eignen und unter Belastung des Fußes auf Zug und Druck brechen. Je nach Länderregion wird beim **oberen Travers** auch von einem **Einzinker** oder **Aufzinker** gesprochen wenn der Schwalbenschwanz angeschnitten ist. Oft werden auch Fingerzinken oder Fingerzapfen angewendet. Lauf- und Kippleiste sind mittels angeschnittener Feder mit dem Travers verbunden. Die

hierfür notwendige Nut in der hinteren Seite des Travers darf den hinteren Fingerzapfen nicht ganz durchschneiden, weshalb dieser breiter als die Feder der Kippelleiste lang ist, gefertigt wird. Das **untere Travers** wird ausgefäلت, um eine Beschädigung durch die Laufkanten der Schubkastenseiten zu vermeiden. Auch kann das Vorderstück des Schubkastens an seiner Unterseite so bestoßen werden, dass es das untere Travers nicht streift. Unangenehme Geräusche und Beschädigung werden vermieden.

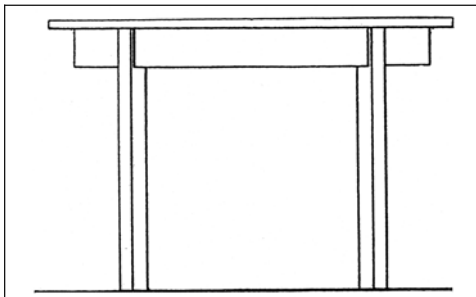
Das Travers-Mittelstück (Bild 8.71) bildet die Trennwand zwischen zwei Schubkästen und ist genau zu arbeiten. Der rechte Schubkasten muss in die Öffnung des linken Schubkastens passen und umgekehrt.



**Bild 8.71** Oberes und unteres Travers mit Mittelstück

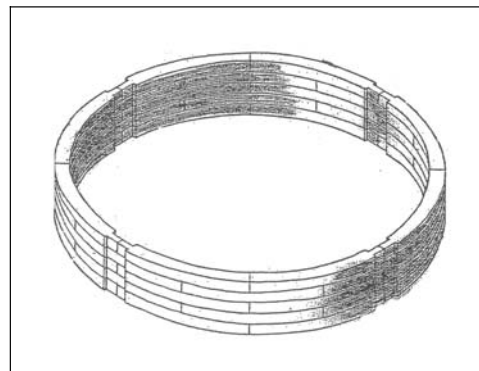
### 8.3.11.2 Der runde Zargentisch

Der runde Tisch besteht aus einer Platte, einer Rundzarge und vier Füßen (Bild 8.72).

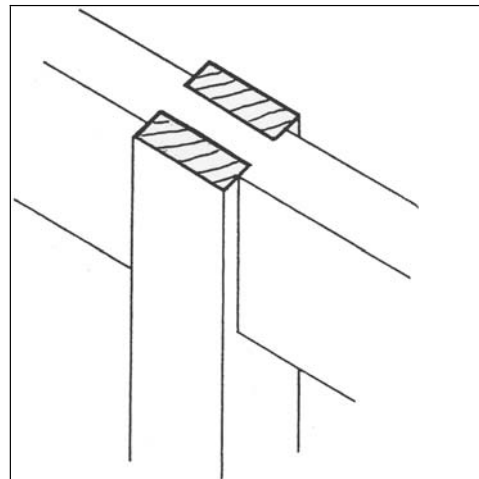


**Bild 8.72** Runder Zargentisch

Die Herstellung einer Rundzarge erfolgt meistens nach der Methode der Rippenverleimung (Bild 8.73). Die Rippen werden mit Hilfe einer Segmentschneidevorrichtung an der Bandsäge mit einem schmalen Sägeblatt auf Maß nach entsprechender Zeichnung geschnitten. Sollen die Füße durchlaufen, werden diese oben geschlitzt und die Zarge entsprechend ausgeklinkt. Bei durchlaufender Zarge wird der Zargenquerschnitt außen am Fuß abgesetzt. Die Zarge wird aufgedübelt und von innen aufgeleimt und verschraubt (Bild 8.73). Der runde Zargentisch wird auch mit einer Einlage unter der Platte zur möglichen Tischvergrößerung hergestellt.



**Bild 8.73** Rippenverleimte Zarge mit Einschnitten für die Füße



**Bild 8.74** Tischfuß mit Zarge

### 8.3.12 Einbauküchen

Die Küche gehört zum festen Bestandteil einer Wohnung und dient heute oft nicht nur der Zubereitung von Speisen sondern ist auch der Ort, wo gegessen wird und man sich zeitweilig aufhält. Da sie zunehmend häufiger gemeinsam genutzt wird, sind die Ansprüche an Multifunktionalität und Repräsentation gestiegen. Bei der Planung verbindet sich das Bestreben nach einer optisch ansprechenden Gestaltung mit der Forderung nach Funktionalität (ergonomische Arbeitsabläufe, kurze Wege, Übersichtlichkeit, gute Ausleuchtung). Die Möbeloberflächen müssen pflegeleicht, die Arbeitsflächen besonders widerstandsfähig gegen Beschädigung und Hitze sein.

#### Koordinationsmaße für die Kücheneinrichtung

Grundlage für die Küchenplanung ist die DIN 68 901, die Koordinationsmaße für Küchenmöbel, Geräte, Spülen und Arbeitsplatten festlegt. Durch Standardmaße für die einzelnen Element wird erreicht, dass sie zueinander passen, sich kombinieren lassen und austauschbar sind.

#### *Breiten:*

Grundlage ist das Modul 100 mm (1M). Für Küchengeräte werden 6 M (600 mm) bevorzugt, wir finden aber auch 4,5 M Geräte für die Kleinküche.

#### *Höhen:*

Die Arbeitsplattenhöhe hat als Richtmaß 850 bis 920 mm. Bevorzugt werden heute Maße über 900 mm um ein bequemerer Arbeiten zu ermöglichen. Die Dicke der Arbeitsplatte beträgt 30 – 50 mm.

Unterschranke, Geräte, Spülen: Das lichte Abstand muss 820 oder 870 betragen. Die Sockelhöhe von Möbeln und Geräten beträgt mind. 100 mm. Der Rücksprung zur Arbeitsplatte sollte mindestens 50 mm sein.

Oberschränke sollen mindestens 500 mm über Arbeitsplatten und 650 mm über Spülen und Kochflächen angebracht werden. Die Tiefe darf 350 mm einschließlich Tür nicht überschreiten, um die Arbeitsfläche gut nutzen zu können. Hochschranke und Oberschränke müssen mit ihrem oberen Abschluss die gleiche Höhe aufweisen.

#### *Tiefen:*

Die Tiefe der Arbeitsplatten muss 600 mm betragen; Unterschranke, Hochschranke und Spülen dürfen einschließlich der Tür nicht tiefer sein.

#### Gesichtspunkte für die Planung

Die Anordnung der Küchenmöbel und Geräte soll dem Arbeitsablauf entsprechen und dadurch die Wege verkürzen und die Küchenarbeit erleichtern. (Bild 8.75)

Ergonomische Gesichtspunkte müssen bei der Planung unbedingt berücksichtigt werden. Die Arbeitsplattenhöhe sollte der Körpergröße der Nutzer angepasst sein, für die Küchenarbeit muss ausreichend Platz sein, Geräte müssen sich gut bedienen lassen.

Bei der Anordnung der Geräte muss darauf geachtet werden, dass sie sich gegenseitig in ihrer Funktion nicht beeinträchtigen. Ein Kühl- oder Gefrierschrank sollte nicht neben dem Herd oder einer Mikrowelle stehen, um einen erhöhten Energieverbrauch zu vermeiden. Für die Lage aller Geräte muss in der Planung die Anschlussmöglichkeit geprüft werden. Das gilt neben den Elektrogeräten besonders für die Spüleinrichtungen, die neben dem Zufluss einen größer dimensionierten Abfluss mit Gefälle zur Falleitung erfordern. Kühlschrank, Mikrowelle und Backofen sollten in Arbeitshöhe sein. Im Bereich der Unterschranke ist auf die Anordnung von Schubkästen und Auszügen mit Vollauszug zu achten. (Bild 8.75)

Hilfreich für eine Küchengestaltung kann eine Zonenplanung sein, die 5 Bereiche unterscheidet: Bevorraten, Aufbewahren, Spülen, Vorbereiten, Kochen. Für Rechtshänder erfolgt die Zuordnung im Uhrzeigersinn. Gegenwärtig findet man auch immer häufiger Planungskonzepte, die einzelne, unabhängige Küchenelemente zu einer wohnlichen Einrichtung kombinieren (Modulküche). Wir finden auch die Idee eines flexiblen Funktionszentrums aus Bausteinen und mobilen Containern (Concept 2010 von Hettich). Nach dem Küchengrundriss unterscheiden wir 5 verschiedene Formen der Anordnung:

*Einzeilige Küchen* führt man meist in kleinen Wohnungen aus, wo wenig Platz oder nur eine Wand für den Einbau vorhanden ist. Um die



wichtigsten Geräte und ausreichend Arbeitsfläche zu haben, sollten mind. 3 m vorhanden sein.

*Zweizeilige Küche* befinden sich an den Schmalseiten der Wände. Eine Seite lässt sich auch als Theke oder Raumteiler ausführen. Der Abstand zwischen den Zeilen sollte etwa 1,20 m betragen. Breite Türen behindern die Bewegung und sind zu vermeiden.

*L-förmige Küchen* nutzen neben der der Längswand eine Stirnwand für die Anordnung. Einige Hersteller bieten spezielle Lösungen für Spül- und Kochzentren.

*U-förmige Küchen* erfordern mehr Platz. Hauptmerkmal sind viele Schrankelemente und viel Arbeitsfläche. (Bild 8.76)

*Halbinsel- oder Inselküchen* sind in den Ess- und Wohnbereich integriert. Die Position des Nutzers ist nicht zur Wand sondern zum Raum ausgerichtet.

Sie sind ideal für gemeinsames Kochen und Kommunikation dabei. Häufig wird in Gerätebereich und Vorbereitungsbereich getrennt.

### **Fertigung und Montage**

Heute werden Küchenmöbel weitgehend industriell gefertigt, der Planung entsprechend zusammengestellt und durch Handwerker am Ort montiert.

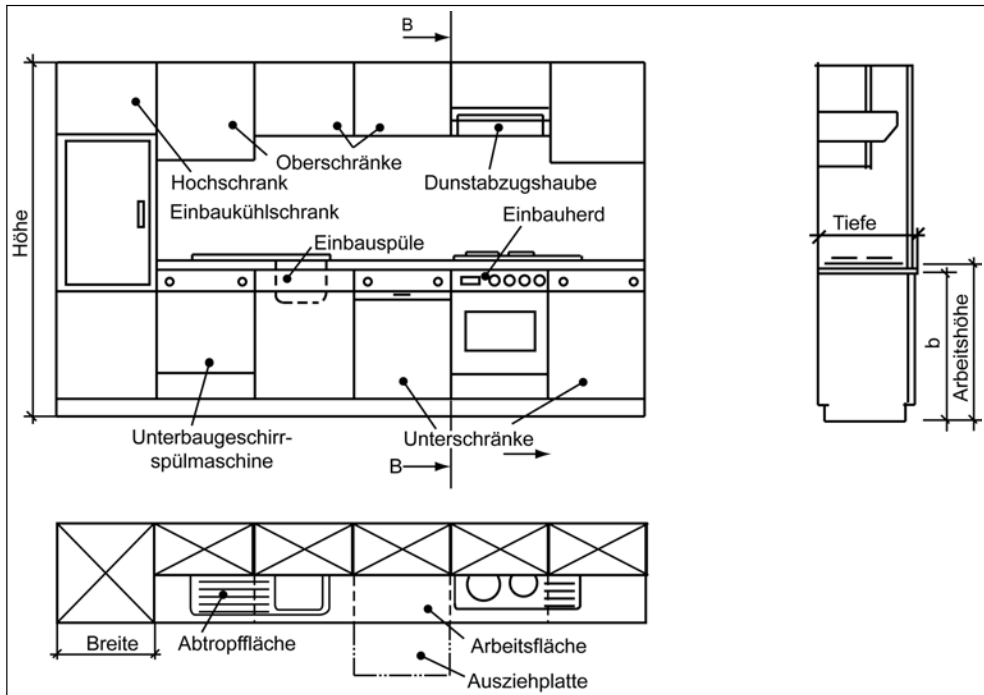
Vorherrschend sind Korpusmöbel unter denen höhenverstellbare Einzelfüße montiert werden, um Bodenunebenheiten auszugleichen und die Gesamthöhe verändern zu können. Der Sockelbereich ist durch eine angeklebte Sockelblende abgedeckt oder wird für Schubkästen genutzt. Angeboten werden auch noch Hoch- und Unterschränke, mit bis zum Boden

durchgehenden Seiten, die im Sockelbereich für die Blende oder einen Schubkasten ausgeklinkt sind. Diese Konstruktion erschwert ein Höhenausgleich.

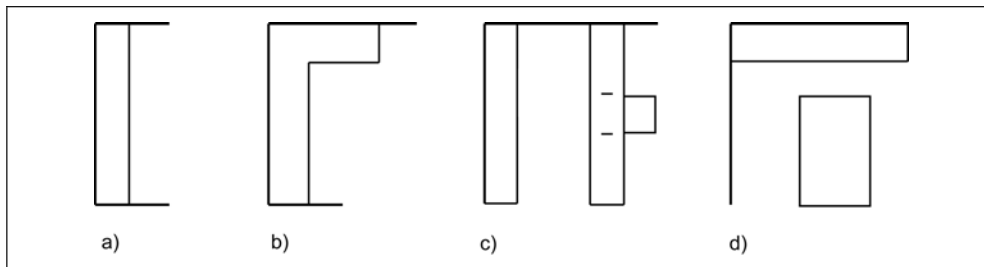
Der Korpus besteht meist aus kunststoffbeschichteten Spanplatten mit lösbaren Eckverbindungen zum besseren Transport. Die Korpusseiten erhalten Reihenbohrungen mit 32 mm Lochabstand. Dadurch lassen sich nicht nur die Einlegböden bedarfsgerecht in der gewünschten Höhe anordnen sondern es können auch Schubladen, Auszüge oder Drahtkörbe eingesetzt werden. (Bild 8.77) Hochschränke für Einbaugeräte erhalten eine verstärkte Konstruktion und sind höher belastbar. Zur Verbindung der Korpusselemente dienen spezielle Schrauben.

Die Schranktüren erhalten Topfscharniere, die ein Auswechseln der Elemente ermöglichen. Dadurch kann die Küchenfront nach Kundenwunsch gestaltet werden. Bild 8.75

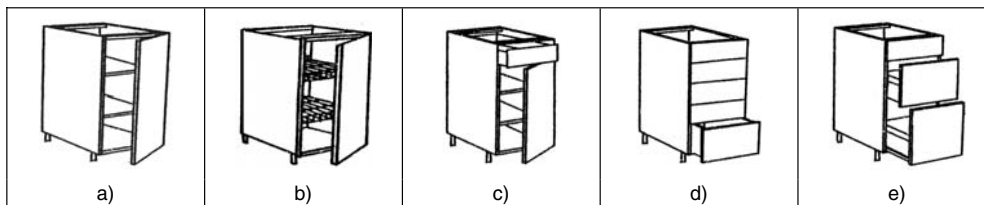
Die moderne Beschlagetechnik ermöglicht für vollbeladene Schubkästen einen leichtgängigen Vollauszug und ein Abbremsen vor dem Schließen (soft-motion-technologie). Für Oberschränke haben sich hängende Klappen bewährt, die durch Stützen offen gehalten werden. Durch unterschiedliche vorgefertigte Inneneinteilungen lassen sich Vorräte und Gegenstände übersichtlich in den Schränken aufbewahren. Die Arbeitsplatte muss eine hohe Stand- und Abriebfestigkeit aufweisen und widerstandsfähig gegen Chemikalien und Hitze sein. Sie bestehen aus Spanplatten mit einer beständigen Kunststoffbeschichtung, bei Vollholzplatten meist aus Ahorn, Buche oder Eiche. Für exklusive Küchen verwenden wir auch Edelstahl, Natur- oder Kunststein.



**Bild 8.75** Einzeilige Küche mit Koordinationsmaßen, Anordnung der Küchenmöbel entsprechen dem Arbeitsablauf



**Bild 8.76** Küchenform im Grundriss a) einzeilige b) zweizeilige c) L-förmige d) U-förmige Küche



**Bild 8.77** Unterschränk mit a) Einlegböden b) Drahtkörben c) Schublade und Böden d) Schubladen e) Auszügen

## 8.4 Kleine Stilkunde des Möbels

### Arbeitsauftrag Nr. 74 Lernfeld LF 11

- Die Klasse erhält den Auftrag einen Schaukasten der Schule unter dem Motto „Kleine Stilkunde des Möbelbaus und Baustile“ zu gestalten. Entwerfen Sie hierzu eine farbige Zeitleiste der einzelnen Epochen.

Veranschaulichen Sie diese durch Erkennungsmerkmale, Skizzen, Kopien und Fotos.

Teilen Sie die Klasse in Gruppen und ordnen Sie die einzelnen Epochen den jeweiligen Gruppen zu. Ziel ist es eine zusammenhängende Zeitleiste farbige und anschaulich zu gestalten.

- Exkursionsvorschlag: Besuch eines Möbelmuseums.
- Entwickeln Sie Fragen und Antworten für Ihren Lernkarteiordner.
- Halten Sie unter Zuhilfenahme der Zeitleiste einen Vortrag in einer anderen Klasse.

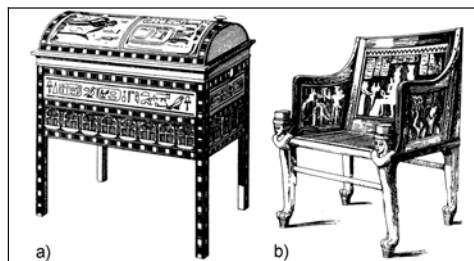
Lange Zeit bildeten Truhen und Kästen die einzige bewegliche Einrichtung. Sie dienten als Gebrauchsgegenstände und Gestaltungselemente im Wohnbereich. Erst später entwickelten sich andere Möbelformen.

**Stil.** Die Geschichte des Möbels ist eng mit der Entwicklung der Architektur verbunden. Die Möbel zeigen typische Stilmerkmale der einzelnen Epochen, die wir kennen müssen, um heutige Formen (das Design) zu verstehen und künftig mitzuentwickeln. Unter Stil versteht man die für eine bestimmte Zeit (z.B. Romanik, Gotik, Renaissance) typische Formausprägung auf allen Gebieten künstlerischen Schaffens.

Die folgenden Abschnitte geben Einblicke in die Epochen und ihre wichtigsten Stilmerkmale.

### 8.4.1 Altertum und Antike

**Im alten Ägypten** (etwa 2800 bis 300 v.Chr.), dem Land der monumentalen Pyramiden und Tempel, schufen Handwerker aus kostbaren Hölzern wie Zeder, Zypresse, Ebenholz oder Johanniskrotbaum ihre Möbel. Sie schmückten sie mit kunstvollen Ornamenten, Darstellungen aus dem täglichen Leben oder Sinnbildern aus dem religiösen Bereich (8.78). Einige der als Grabbeigabe verwendeten kostbaren Möbel sind erhalten geblieben. Konstruktive Holzverbindungen und Dekorationstechnik waren bereits hoch entwickelt. Die Drechselkunst und Furniertechnik waren bereits bekannt. Intarsien dienten als wichtiges Gestaltungselement.



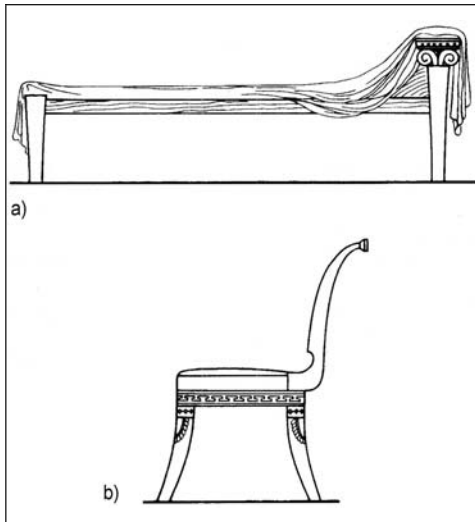
**Bild 8.78** Ägyptische Möbel  
a) Schmuckkasten,  
b) Sessel des Pharao

**Griechenland.** Mit den Griechen (etwa 1000 bis 150 v.Chr.) beginnt die Antike. Die Griechen strebten nach Harmonie in allen Dingen und Maßen. Der „klassische“ Tempel mit dem Querbalken (Architrav), Fries und Dreieckgiebel entsteht (8.79). Aus der dorischen Säulenordnung entwickeln sich die ionische und die korinthische Ordnung.



**Bild 8.79** Poseidon-Tempel, Paestum

Auch die in Vasenbildern und Steinreliefs überlieferten Möbel zeigen ausgewogene, „klassische“ und einfache Grundformen wie Mäander, Eierstab und Tiersymbole (8.80). Dübel, Verzapfung, Überblattung, Zinkung und auch Leimfugen sind bereits geläufig.



**Bild 8.80** Griechische Möbel  
a) Ruhelager, b) Klismos-Stuhl

**Die Römer** (etwa 750 v.Chr. bis 450 n.Chr.) entwickeln die griechische Formenwelt vor allem technisch weiter.

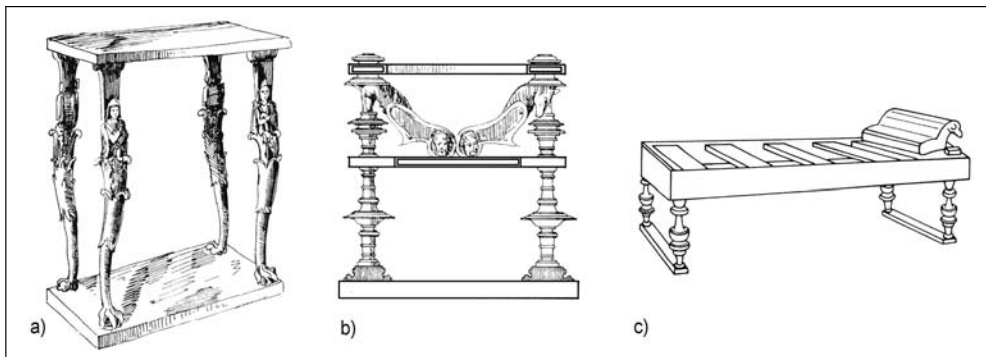
Viele „Ingenieurbauten“ entstehen – Thermen, Arenen, Aquädukte, Brücken und Straßen. Neben den Tempeln entstehen öffentliche Markt- und Gerichtsgebäude (Forum und Basilika) sowie Theater (8.81).

Aus der griechischen Säulenordnung bildet sich das römische Kompositkapitell.



**Bild 8.81** Römisches Bauwerk, Colosseum in Rom

Die Möbel werden in Brett- und Stollenbauweise geschaffen. Gedrechselte Stollen zeigen das handwerkliche Können der Römer. Als Schmuck dienen Pflanzenornamente und Tiersymbole (8.82). Als Möbelgrundtypen waren Bett, Sitzmöbel, Tisch, Truhe und Schrank bekannt.



**Bild 8.82** Römische Möbel  
a) Tisch, b) Ehrensitz, c) Ruhelager

### 8.4.2 Mittelalter

An die Antike und die frühchristliche Zeit schließt sich das Mittelalter an. Es umfasst die Romanik und Gotik.

#### Die Romanik (etwa 800 bis 1250)

Es ist die Epoche der Reichsgründungen in Mitteleuropa (Karl der Große, Friedrich I. Barbarossa). Im Schutz der Kaiserpfalzen und Adelsburgen oder in Klostersnähe entwickeln sich Städte. Burgen, Kirchen und Klöster dienen als Wohn-, Sakral- (kirchliche) und Wehrbauten zugleich.

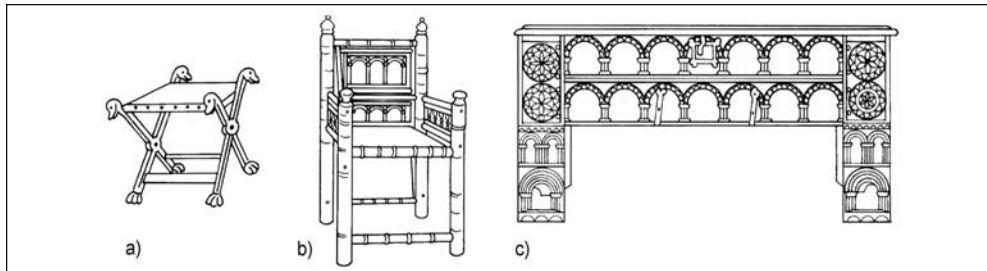
**Baustile.** Dicke schwere Mauern mit kleinen Fenstern und Rundbögen kennzeichnen diesen Stil. Aus der röm. Basilika entwickelt sich die Kreuzform der Klosterkirchen und Kaiserdome (z.B. Maria Laach, Dome in Speyer, Worms und Mainz, **8.83**). Die römischen Kompositkapitelle weichen gedrungenen Würfel-, Figuren- und Pflanzenkapitellen.

**Möbelbau.** In der Einrichtung beschränkt man sich auf wenige Gebrauchsmöbel. Sie sind wuchtig und schwer, haben aber oft kunstvoll gedrechselte Teile. Als Sitzgelegenheit werden Faltstuhl, Kastensitz und Bänke benutzt. Truhen und einfache Schränke sind wuchtige Brett- oder Stollenkonstruktionen mit einfachem Keil- und Kerbschnittmuster oder Ritzlinien (**8.84**).

Dübel, Zapfen und Metallband dienen als Verbindungs- und Gestaltungselemente (**8.85**). Die Säulenfüße und Blendarkaden der Möbel werden aus der Architektur übernommen. Die Möbel des Adels zeigen Klauenfüße und Löwenkopfknauf.

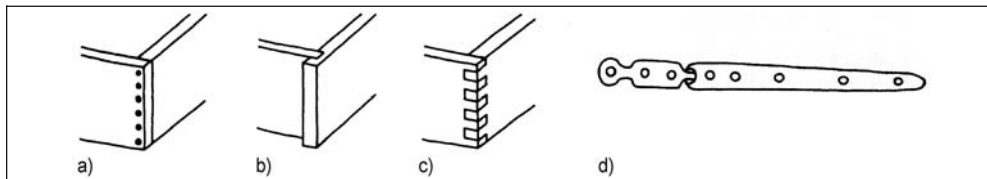


**Bild 8.83** Romanisches Bauwerk, Dom zu Speyer



**Bild 8.84** Romanische Möbel

a) Faltstuhl, b) Kastensstuhl, c) Truhe mit Rundbogenarkaden



**Bild 8.85** Romanische Holzverbindungen und Beschlag

a) gedübelt, b) eingelassen, c) gezinkt, d) schmiedeeiserner Beschlag

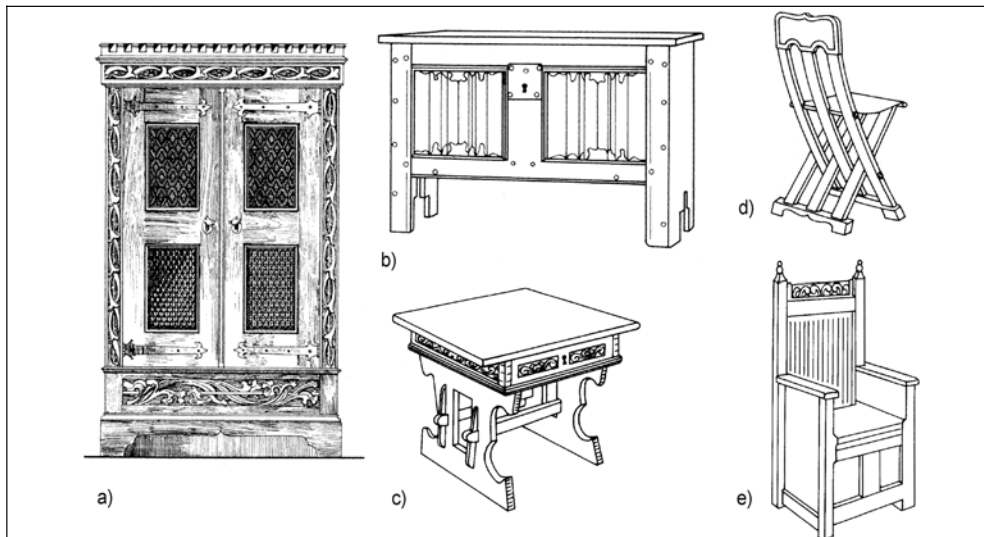
**Die Gotik** (etwa 1250 bis 1500)

Ihr Ursprung liegt in Frankreich. Ein tief empfundener religiöser Glaube prägt diese Epoche. Es ist die Zeit der Städtegründungen, Gilden und Zünfte erleben ihre Blütezeit.

**Baustil.** Die Bauwerke sind feingliedrig, mit Betonung der senkrechten Linie. Kathedralen und Dome erheben sich fast schwerelos in den Himmel – denken wir nur an die französischen Kathedralen, den Wiener Stephansdom oder die Münster in Ulm, Freiburg und Straßburg. Die Wände der Kirchen öffnen sich dem Licht. Kunstvolles Maßwerk ziert die großen Spitzbogenfenster und Fensterrosetten (8.86).

**Möbelbau.** Die massive Brettbauweise der Romanik weicht mehr und mehr dem Stollenbau und Rahmenbau mit großen Flächen und Füllungen. Die in dieser Zeit aufkommenden Sägemühlen erleichtern den Zuschnitt und die Verarbeitung (1322 – erste Sägemühle in Augsburg). Die meisten der heute gebräuchlichen Holzverbindungen wie Graten, Zinken und Schlitten werden entwickelt und angewendet. Sie schaffen die technische Voraussetzung für eine reichere Formgebung bei Sitzmöbeln (Falt-, Scheren-, Dreibeinstuhl, Kastensitz),

Betten und Tischen (Kastentisch mit Schubladen). Aus zwei übereinander gesetzten Truhen entsteht der Schrank. Die aus Eiche, Esche oder Nadelhölzern gefertigten Möbel erhalten Ornamente in Flach- oder Kerbschnitzerei. Das Schmuckwerk wird reichhaltiger und zeigt neben Naturmotiven (Ranken, Blüten, Blättern) auch Zierprofile. Bänderwerk, Rankenreliefs, Tier- und Fabelwesen wechseln mit filigraner Maßwerkschnitzerei und Wappen. Rahmenkonstruktionen erhalten oft Füllungen mit Faltwerk oder X-Ornamenten (8.87).

**Bild 8.86** Gotisches Bauwerk**Bild 8.87** Gotische Möbel  
a) Schrank, b) Truhe, c) Tisch, d) Scherensitz, e) Kastensstuhl

### 8.4.3 Neuzeit

Die Neuzeit: beginnt mit der Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern. Durch diese Erfindung Gutenbergs wird es möglich, Literatur und Wissen rasch zu verbreiten und damit Wissenschaft und Technik voll zu entfalten.

#### Die Renaissance (etwa 1500 bis 1600)

Die Epoche geht von Italien aus mit dem Bestreben, die Antike wiederzubeleben (Renaissance = Wiederbelebung). Griechische und römische Stilelemente werden aufgenommen und zu neuen Schöpfungen verarbeitet. Nicht mehr die Kirche steht im Mittelpunkt, sondern der Mensch. Die selbstbewussten Bürger bauen sich stolze Wohnhäuser und kunstvolle Rathäuser, die Fürsten errichten weitläufige Schlösser und prachtvolle Paläste. Rasch verbreitet sich die Renaissance über ganz Europa. Beispiele in Deutschland sind das Heidelberger Schloss sowie die Rathäuser in Augsburg und Bremen (8.88). Der gewaltige Aufschwung von Wissenschaft und Technik hat viele Erfindungen und Entdeckungen zur Folge. Handel und Gewerbe blühen, Stolz und Macht der Bürger wachsen.



**Bild 8.88** Renaissance-Bauwerke, Bremer Rathaus und Roland

**Baustile.** Die Bauwerke sind klar und harmonisch gegliedert mit Betonung der waagerechten Linien. Die quadratischen und rechteckigen Fensteröffnungen erhalten oft eine schmückende Umrahmung sowie dreieckige oder halbrunde Giebelfenster.

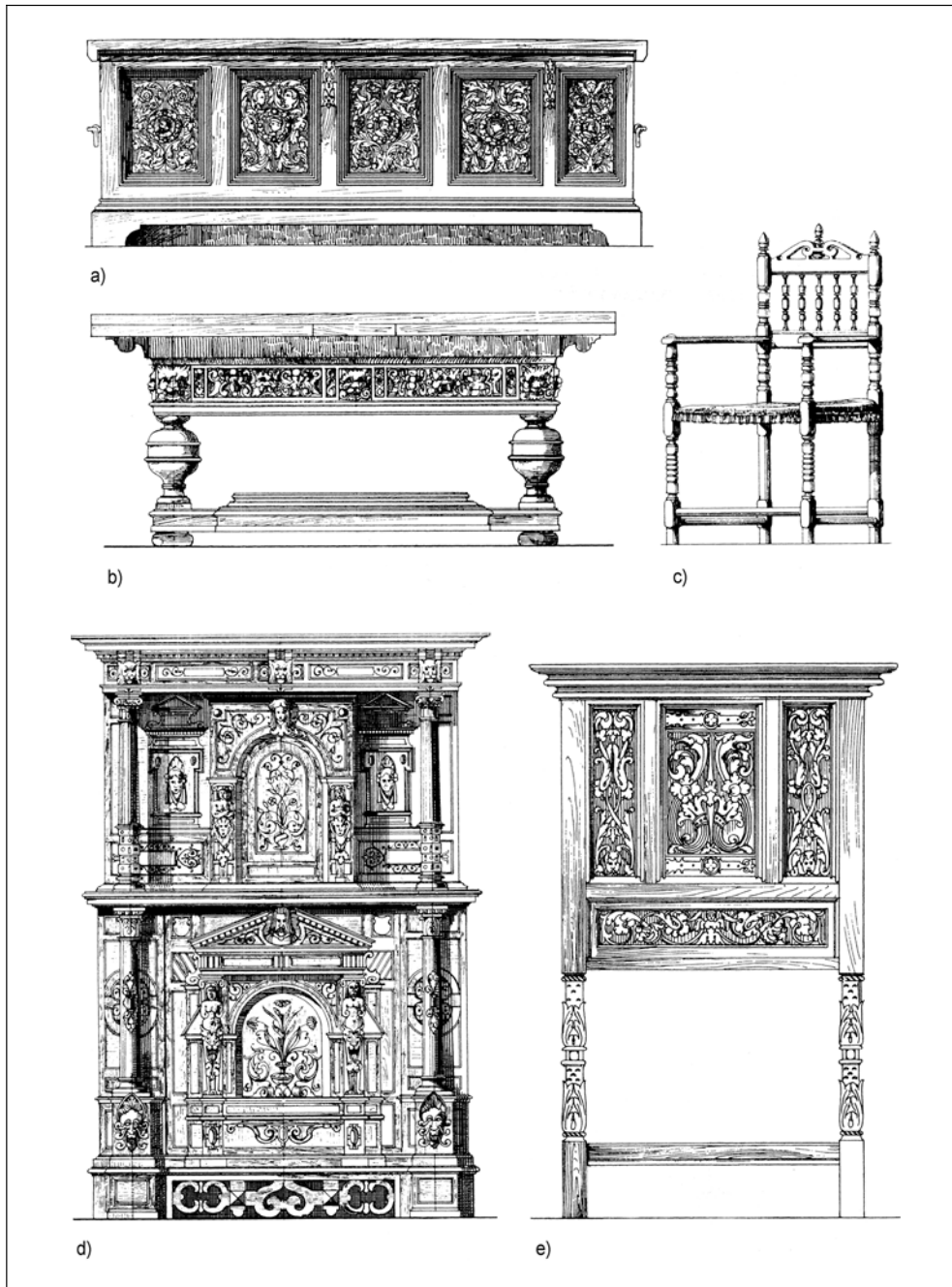
Unter den Händen der Handwerker entstehen Parkettböden aus vielfarbigem Holzern. Kassetendecken aus Holz mit kunstvoll gestalteten Profilen und Verkröpfungen geben Zeugnis vom künstlerischen Schaffen.

**Möbelbau.** Antike Ornamente der Baukunst erscheinen auch auf den Möbeln, die in Rahmenkonstruktionen aus Eiche, Nussbaum, Kastanie oder Ebenholz gefertigt werden. Aus der Truhe entwickelt sich die Truhbank, reich verziert mit Blumenranken, Tierköpfen oder Fabelwesen (8.89). An die Stelle des gotischen Kastentisches tritt ein Tisch mit schwerem Untergestell und reichen Ornamenten, dessen vasenförmige Balusterbeine sich allmählich zur Kugelform wandeln. Die Flächen der Wangentische dekoriert man mit Eierstab, Zahnschnitt, Blattwerkfries, Gesimsprofil, Palmetten, Masken und Fruchtgirlanden. Als Vorläufer des Prunkbüfets kommt die Kredenz auf, ein kastenähnlicher Aufbau mit geschnitzten Türen auf meist offenem Untergestell.

Eine Abwandlung ist das Kabinettschränken, ein Querschrank auf hohem Fußgestell mit kleinen Schüben und Fächern. Kostbare Intarsien und Arabesken (plastisches Blatt- und Rankenwerk) zieren diese Schränke. Bei den Stühlen herrscht die Stollenkonstruktion vor, wobei Stollen und Zargen ebenfalls Formen aus der Baukunst zeigen: Ziergiebel, Säulen und Kapitelle. Die Stege sind gedrechselt. Auch gepolsterte Sitze kommen auf. Aus anfangs vereinzelt eingelegten farbigen Holzern entwickelt sich die Intarsie.

#### Der Barock (etwa 1600 bis 1730)

Es ist das unruhige Zeitalter der Gegenreformation (des Religionszwists zwischen Katholiken und Protestanten) und des verheerenden 30jährigen Krieges, der mit dem Westfälischen Frieden 1648 endet. Der Wunsch nach Repräsentation von Fürsten, wohlhabenden Kaufleuten und kirchlichen Würdenträgern fördert das darniederliegende Handwerk und die Künste.



**Bild 8.89** Renaissancemöbel  
a) Truhe, b) Tisch, c) Stuhl, d) Büffet, e) Kredenz



Rasch greift der in Italien entstehende Barock (ital. *barocco* = schiefmund, sonderbar) mit seinen bewegten Linien, seiner Schmuck- und Prunkfreude auf ganz Europa über. Mitgeprägt wird der Barockstil vom Hof König Ludwigs XIV. von Frankreich, dem „Sonnenkönig“.

**Baustil.** Es entstehen Schlösser mit verschwenderischer Ausstattung: säulengegliederte Fassaden, große Repräsentationssäle und Spiegelkabinette, ausgedehnte Gärten, die wir noch heute in Versailles bewundern können.

Andere europäische Fürsten ahmen diesen Louis-XIV. -Stil nach (Beispiele sind die Würzburger Residenz, das Ludwigsburger Schloss und der Dresdner Zwinger, 8.90a). Prunk bestimmt auch die Kirchenbauten dieser Zeit, vor allem in Süddeutschland und Österreich (etwa Vierzehnheiligen (8.90b), Weingarten, Fulda).

**Möbelbau.** Die Kommode mit Schubkästen zur Aufbewahrung löst die Truhe ab. Durch die Ergänzung mit einem Aufsatz entsteht der

Kommodenschrank. Die gepolsterte Sitzbank (Kanapee) kommt auf, geschwungene Säulen stützen Tische und Schränke. Die schweren Schränke werden meist von Kugelfüßen getragen, darüber finden wir im Sockel große Schubladen (Hamburger Schapp). Das weit ausladende Kranzgesims wird geschweift und erhält Kröpfungen. Die spitzovalen Türfüllungen sind gewölbt und reich profiliert. Die Möbelfronten zeigen oft Portalmotive. Aus dem Möbelhandwerk wird immer mehr eine Möbelbaukunst.

Berühmte Kunsttischler sind *André Boulle* (Boulletechnik) am französischen Hof, *Abraham* und *David Roentgen* sowie *François Cuvillies* in Deutschland. Aus dem Rollwerk der Spätrenaissance entwickeln sich Knorpel- und Rollenwerk (8.91).

Alle gängigen Konstruktionen werden beherrscht. Man verarbeitet kostbare Hölzer, deren Oberfläche mit hochwertigen Lacken, Politur und Lackmalerei dekoriert wird. Für Intarsien verwendet man neben Edelhölzern auch Metalle, Perlmutter, Schildpatt und Elfenbein.



a)



b)

**Bild 8.90** Barockbauwerke

a) Dresdner Zwinger (M. D. Pöppelmann), b) Vierzehnheiligen (B. Neumann)



**Bild 8.91** Barockmöbel  
a) Schrank, b) Kabinettschrank, c) Stuhl (Queen Anne), d) Kommode, e) Tisch

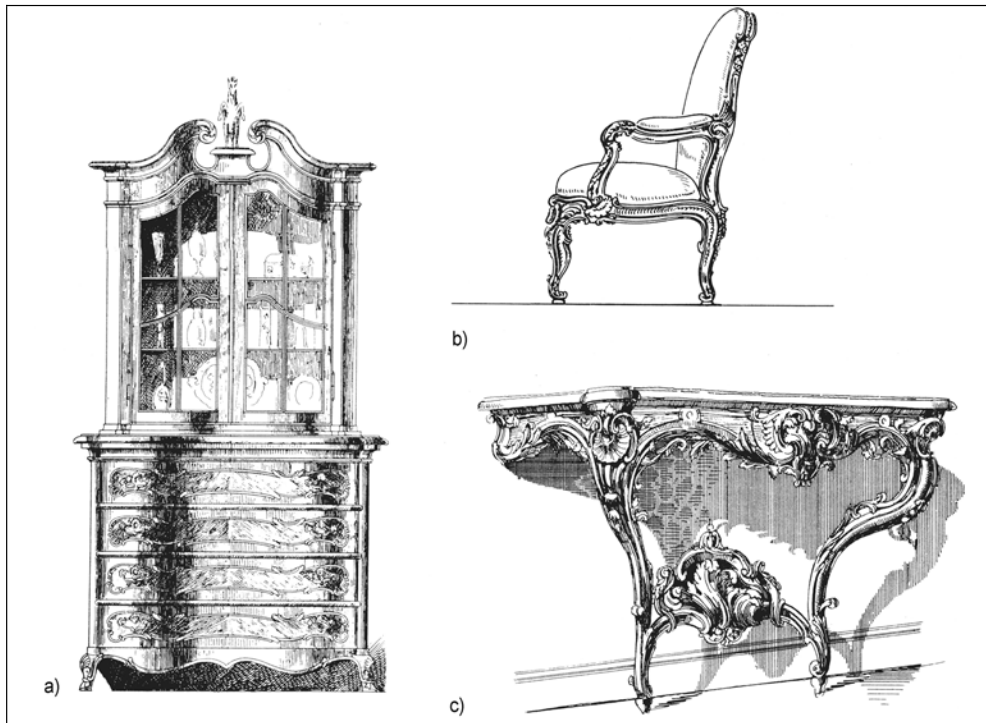
### Rokoko (etwa 1730 bis 1770)

Der wirtschaftliche Aufschwung ermöglicht den Fürstenhöfen eine aufwendige, repräsentative Lebensweise.

**Baustil.** Im Rokoko vollendet sich das Barock. Seine schwere und wuchtige Würde weicht einer leichten, zierlichen Ornamentik. Muschelwerk (Rocaille, 8.92), Stuckaturen und feines Zierwerk in schwingenden Linien kennzeichnen diese Epoche, in der Friedrich der Große Schloss Sanssouci (frz. = ohne Sorge, sorgenfrei) erbauen lässt.



**Bild 8.92** Rocaille-Ornament



8

**Bild 8.93** Rokokomöbel  
a) Kommodenschrank, b) Sessel (Zopfstil), c) Konsoltischchen (Zopfstil)

**Möbelbau.** Man verarbeitet alle verfügbaren Holzarten, die konstruktiven Verbindungen bleiben weitgehend verborgen. Möbeloberflächen werden oft deckend lackiert oder vergoldet. Das Rokoko bevorzugt kleine Möbeltypen. Es entstehen kleine Kommoden, Schreibtische, zierliche Spieltische und graziöse Sitzmöbel, deren Polster mit Seide bezogen sind. Man dekoriert die Möbel mit spielenden Putten, stilisierten Vögeln, Rosengirlanden, Fruchtgehängen und Rautenmustern (8.93). Eckpilaster und Giebelkrönungen werden gern mit Rocaillen versehen.

In England schafft der Kunsttischler (cabinet-maker) *Thomas Chippendale* eine ganz neue Möbelkunst.

**Klassizismus** (etwa 1770 bis 1830)

Das nüchterne Denken der Aufklärung stärkt die Zweifel an der absolutistischen Gesellschaftsordnung des Barock und Rokoko. „Zurück zur Natur!“,

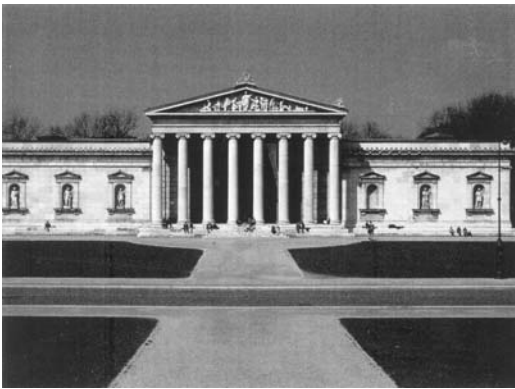
fordert *J. Rousseau*. „Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit“ heißt der Leitspruch der Französischen Revolution 1789, mit der eine neue Epoche beginnt. Napoleons Eroberungszüge in Mittel- und Südeuropa finden ein Ende durch die Befreiungskriege.

**Baustil.** In diesen Zeiten der politischen Erschütterungen orientiert sich die Kunst erneut an der Antike. In griechischen und römischen Formen errichten die Baumeister monumentale tempelartige Bauten (z.B. Brandenburger Tor und Alte Wache in Berlin sowie Glyptothek in München (8.94). Klar gegliederte Fassaden, antike Säulen und Kapitellformen und Giebfelder prägen das Bild.

**Möbelbau.** Auf einen klaren konstruktiven Aufbau und eine handwerklich saubere Verarbeitung wird großer Wert gelegt. Vorherrschend sind ebene Flächen mit antiken Motiven. Die Tisch- und Stuhlbeine laufen konisch zu und enden häufig in Säulenkapitellen.

Rechteck, Kreis, Oval und Symmetrie werden betont, Mäanderfriese unterbrechen die Flächen. Bevorzugt arbeitet der Kunstschler mit Ebenholz, Mahagoni, Nussbaum, Kirschbaum und schwarz gebeiztem Birnbaumholz. Bronzemanschetten, Messingteile und vergoldete Dekors schmücken die dunklen Möbel. *David Roentgen* schafft nun Zylinderschreibtische, Toiletten- und Spieltische sowie Schränke mit Metallbändern und antikisierenden Elementen (8.95). Als einer der ersten beginnt er in dieser Zeit, „Typenmöbel“ herzustellen und die Fürstenhäuser ganz Europas damit zu beliefern.

In England entstehen Wandtische (side-boards), Schreibkommoden, Klappische und verglaste Bücherschränke. Dabei werden die Flächen durch gotisierende Bögen, durch Rocaille-Ornamente, Rosetten und Profile unterteilt. Berühmte Kunstschreiner sind *Thomas Chippendale* (der als Rokoko-Künstler begann), *Sheraton* und *Hepplewhite* (sprich Scheraton und Hepplwait). Durch ihre Möbel- und Vorlagebücher werden sie in ganz Europa bekannt (8.96). Im Möbelbau sind 3 Richtungen erkennbar.

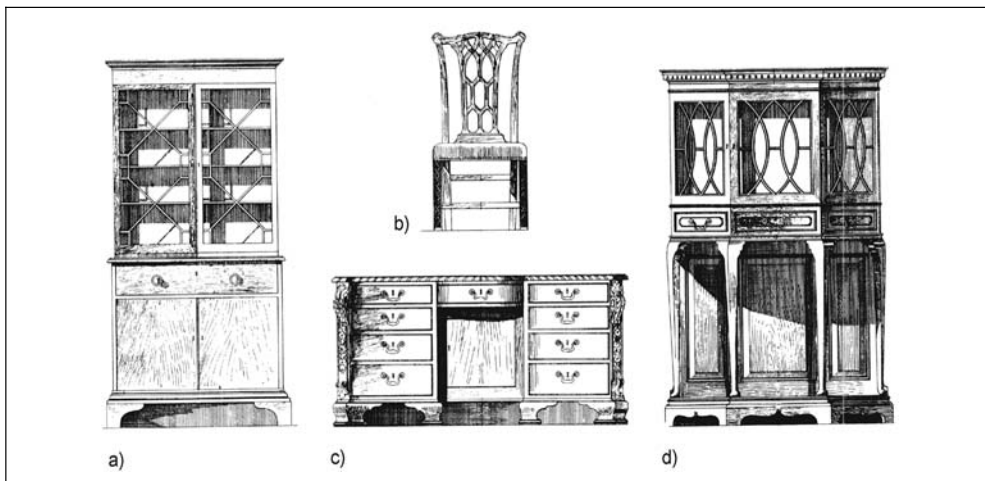


**Bild 8.94** Glyptothek in München (L. v. Klenze)

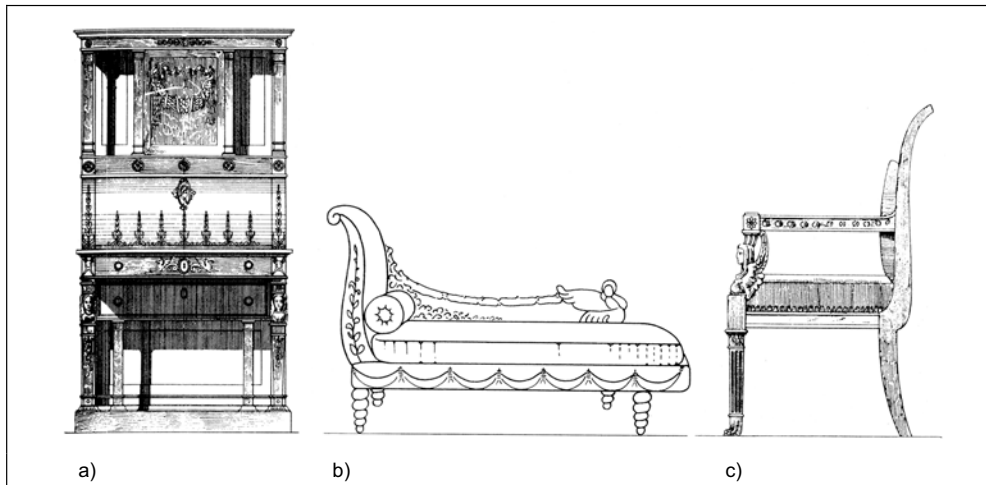


**Bild 8.95** Zylinderschreibtisch von David Roentgen

8



**Bild 8.96** Englischer Klassizismus  
a) Chippendale-Büffet, b) Chippendale-Stuhl, c) Chippendale-Schreibtisch, d) Hepplewhite-Schrank



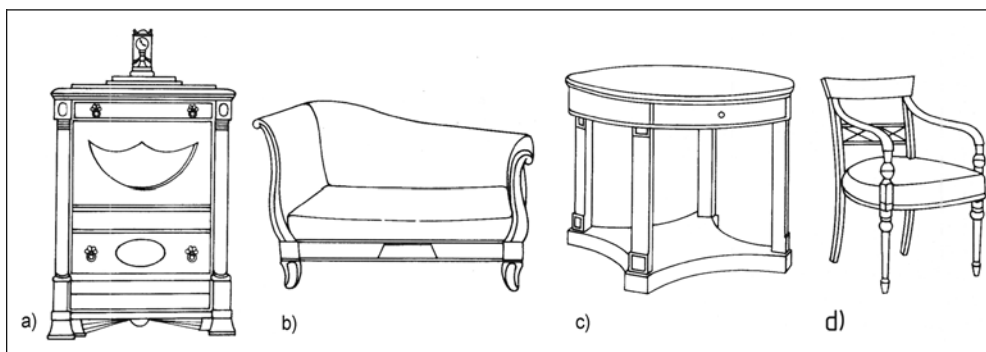
**Bild 8.97** Empiremöbel  
a) Schrank, b) Ruhebett (Méristenne), c) Sessel

**Louis-Seize-Stil** entstand am französischen Königshof. In Deutschland entwickelt sich daraus der Zopfstil. Die Möbel wirken leicht und grazil, die Konstruktion wird betont. Die Schönheit des Holzes und seine Maserung bringt man durch Politur zur besonderen Geltung. Die Beschläge aus Bronze, Messing und Silber schmücken das Möbel (s.g. Bronzen). Beliebte Ornamente sind Girlanden, Kränze, Schleifen, Medaillons und Perlstäbe.

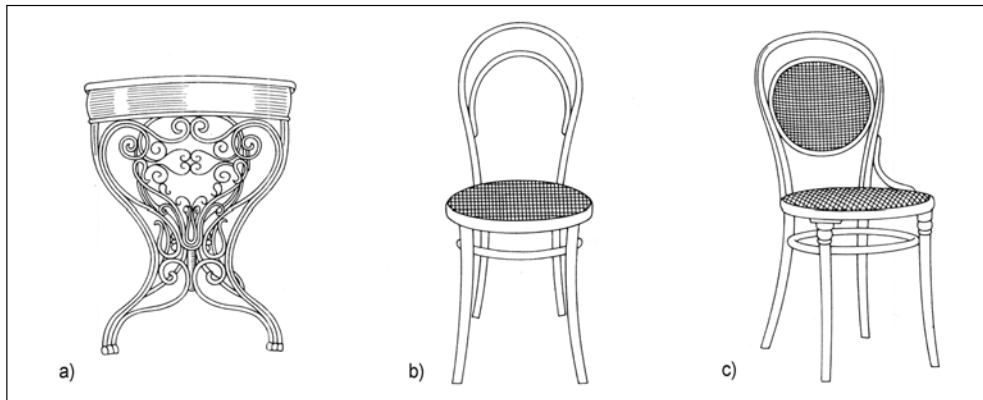
**Empire-Stil** bezeichnet die französische Möbelbaukunst der napoleonischen Zeit. Sphinxköpfe und -krallen, römische Rutenbündel,

Adler- und Löwenköpfe, Palmetten und Säulenkapitelle sind die Kennzeichen dieser glanzvollen Kaiserzeit (8.97).

**Biedermeier** (etwa 1820 bis 1850). Diese nachklassizistische Stilrichtung findet ihren besonderen Ausdruck in einer bürgerlichen Wohnkultur der Beschaulichkeit und Behaglichkeit. Nach den Kriegsjahren zwingen die wirtschaftlichen Verhältnisse zu einer bescheidenen Lebensweise und einer schlichten, zweckmäßigen Gestaltung der Möbel. Die klar gegliederten Möbel sind einfach und funktionsgerecht gestaltet. Die Hölzer (Esche, Birke,



**Bild 8.98** Biedermeiermöbel  
a) Schrank, b) Sofa, c) Tisch, d) Sessel



**Bild 8.99** Bugholzmöbel  
a) Tisch, b) Stuhl Nr. 14, c) Stuhl mit Rohrgeflecht und Rückenlehne (alle M. Thonet)

Birn-, Kirsch-, Nussbaum, Mahagoni) wirken oft durch ihre schöne Maserung. Man bevorzugt einheimische Hölzer und helle Polituren.

**Historismus oder Gründerzeit** nennt man die verschiedenen Stilrichtungen zwischen 1850 und 1890. Die Industrialisierung nimmt zu, die „Revolution der Technik“ verändert die Welt und ihre Gesellschaft von Grund auf. Neue Entdeckungen und Erfindungen, vor allem in den Naturwissenschaften, leiten eine fortschrittliche Entwicklung ein. 1871 gründet Bismarck das Deutsche Reich. In den Großstädten entstehen die Slums der Fabrikarbeiter, und es flackern soziale Unruhen auf. Die Weltausstellung 1881 offenbart einen bestürzenden Niedergang des europäischen Kunsthandwerks.

**Baustil.** Das schnelle Wachstum der Städte führt zu hemmungsloser Bautätigkeit. Bei der Gestaltung der Gebäude beschränkt man sich auf die Nachahmung früherer Stilrichtungen. Kirchen in neuromanischer oder neugotischer Art werden errichtet, Theater baut man in Neubarock, Ministerien in Neurenaissance (Altdeutsch).

**Möbelbau.** Das Maschinenzeitalter beginnt und ermöglicht die industrielle Möbelfertigung. Vielfach verdrängt die billige Massenware der Fabriken handgefertigte massive Möbel. Stilformen vergangener Epochen werden nachgeahmt, nicht selten wahllos untereinander gemischt. Nur *Michael Thonet*, der in

Wien mit der Serienproduktion von Möbeln beginnt, verzichtet auf Stilimitationen.

Seine Möbel zeigen sachlich-zeitlose Formen. Sie werden meist in einem Stück aus massivem Bugholz (Biegeholz) über Wasserdampf geformt. Von der Stuhlform Nr. 14 (8.99b) werden zwischen 1859 und 1930 allein rund 50 Millionen Stück hergestellt und verkauft!

**Der Jugendstil** (etwa 1890 bis 1914) Dieser Stil bringt eine Wende in Kunst und Kunsthandwerk. Betonung der Linie, Zweckmäßigkeit und dekorative Elemente werden die Merkmale des Jugendstils, der sich auf alle Bereiche der Bildenden Kunst erstreckt. Künstler sagen sich von vergangenen Stilepochen los und schließen sich zusammen, Werkkunstschulen entstehen.

**Baustil.** Der Architekt strebt nach Helligkeit und verwendet daher besonders gern Glas als Gestaltungselement. Treppenhausefenster, Oberlichte, Kuppeln und Spiegel finden besondere Beachtung. Eisen bevorzugt man für hufeisenförmige Portale und Geländer; Fassaden erhalten schwungvolle Dekorationen, Gesimse Wellenlinien (8.100).

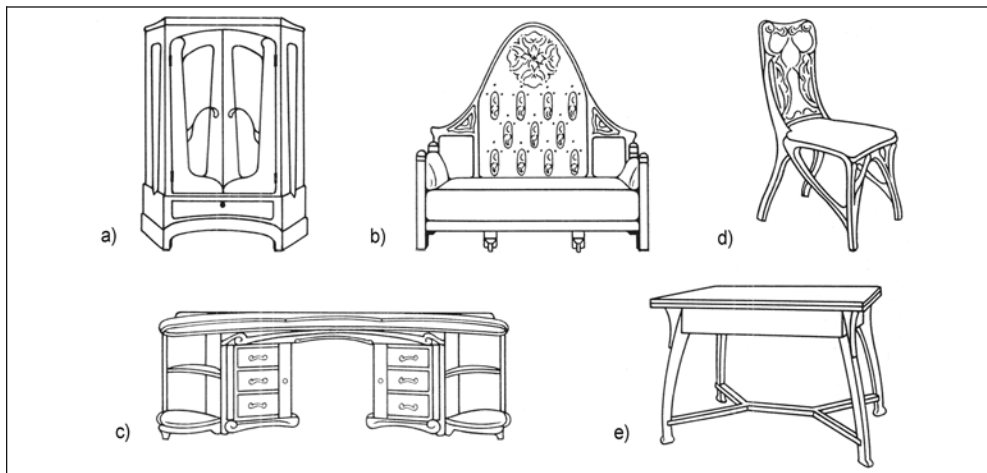
Bekannte Baumeister sind *Victor Horta*, *Henry van de Velde*, *Richard Riemerschmid*. Sie beschränken sich jedoch nicht auf die Architektur, sondern planen und erarbeiten auch die Inneneinrichtung bis zu den Vasen, Bestecken und Mustern.



**Bild 8.100** Jugendstilfassaden in Prag

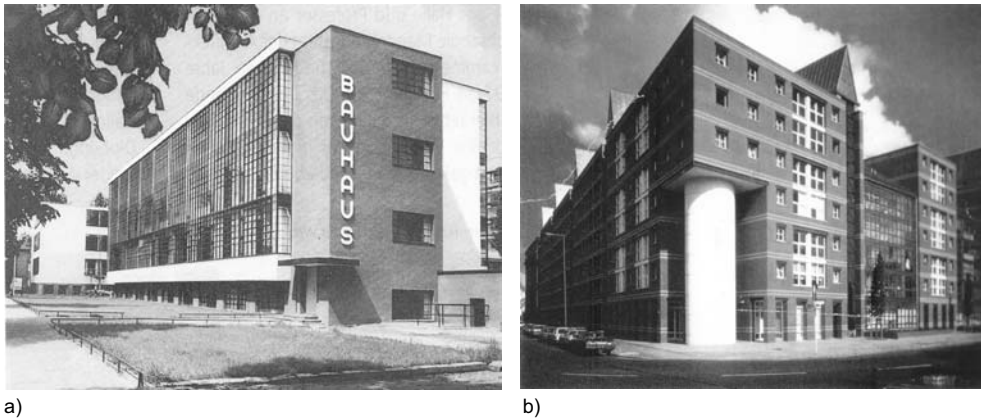
**Möbelbau.** Man strebt eine stilistisch einheitliche Raumgestaltung an. Die Möbel dienen der Raumdekoration, sind Gebrauchsgegenstände und Schmuckstücke zugleich. Die Forderung nach Sachlichkeit, Zweckmäßigkeit, Betonung der Werkstoffe und Ehrlichkeit bei ihrer Verarbeitung ist bestimmend für die Gestaltung. Hauptmerkmal dieses dekorativen Stils ist die Betonung der Linie (gerade, asymmetrisch, verschlungen). Die Natur dient als Vorbild bei Ornamenten und For-

men. Die Gestaltung zeigt rustikale Motive neben stilisierten Ornamenten und pflanzlich-organische Formen (z.B. Wellenlinien, Ranken, besondere Lilien und Seerosen). Die Sitzmöbel sind funktions- und körpergerecht gebaut; Schreibtische und Schränke werden zweckmäßig konstruiert und kunstvoll ausgeführt (8.101). Bei den Möbeln lassen sich eine mehr dekorative (*van de Velde*) und eine mehr konstruktive geradlinige Gestaltung (*Hoffmann*) unterscheiden.



**Bild 8.101** Jugendstilmöbel

- a) Schrank (R. Riemerschmid), b) Sofa (J. M. Ulbricht),  
c) Schreibtisch (H. van de Velde), d) Stuhl (H. Guimard), e) Tisch (E. Kleinhempel)



**Bild 8.102** a) Bauhaus in Dessau (W. Gropius), b) Wohnhaus in Berlin (A. Rossi)

### Moderne

Zwei furchtbare Weltkriege, Wirtschaftskrisen und zunehmende Automatisierung der industriellen Fertigung prägen die Gesellschaft des 20. Jh. Das Hitler-Regime unterdrückte die fortschrittlichen Ideen der 20er Jahre. Nach 1945 entstanden unterschiedliche Gesellschafts- und Wirtschaftssysteme in Deutschland, was sich auf die kulturelle Entwicklung auswirkte. Mit der Wiedervereinigung begann ein Prozess des Zusammenwachsens, Unterschiede treten immer mehr zurück.

**Baustil.** Eine funktionsgerechte Gestaltung mit großen Glasflächen, neuen Fensterwerkstoffen

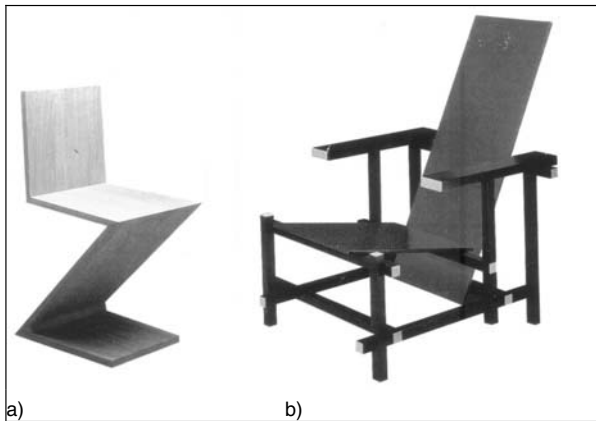
sowie der Einsatz von Stahl, Stahlbeton und anderen neuen Bauwerkstoffen kennzeichnen den Stil der Moderne (8.102).

**Möbelbau (1. Hälfte 20. Jh.).** Mit Gründung der niederländischen Bewegung „Stijl“ 1917 entsteht ein neues Wohn- und Gestaltungskonzept (8.103a). 1919 gründet *Walter Gropius* das Bauhaus und strebt gemeinsam mit Vertretern aller Kunstgattungen eine Einheit von Kunst, Handwerk und Leben an. Klare Verhältnisse in Form, Maß und Funktion unter Beachtung der Material- und Konstruktionseigenart sind die Grundforderungen der neuen Sachlichkeit. Die Funktionalität ist bestimmend, auf Zierrat wird

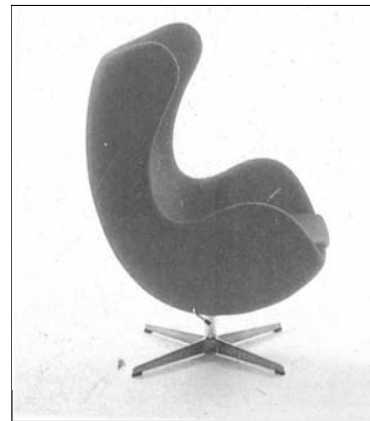


**Bild 8.103** Bauhausmöbel von M. Breuer  
a) Wassily-Stuhl, b) Stahlrohr-Flechtwerkstuhl





**Bild 8.104** Sitzmöbel von Rietveld  
a) Zickzackstuhl, b) Rot-Blau-Stuhl

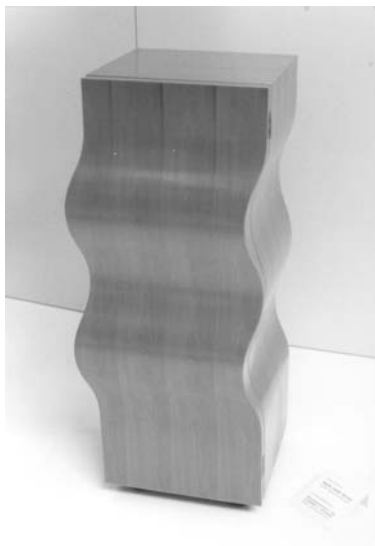


**Bild 8.105**  
Sessel von A. Jacobsen

8

verzichtet, neue Werkstoffe werden für die Gestaltung gefunden. In den Hellerauer Werkstätten entwickelt man gestalterisch anspruchsvolle Serienprodukte. Als Werkstoffe verwendet man bevorzugt einheimische Werkstoffe und Furnier sowie Plattenwerkstoffe. Die Plattenwerkstoffe ermöglichen größere Holzausbeute und preisgünstige

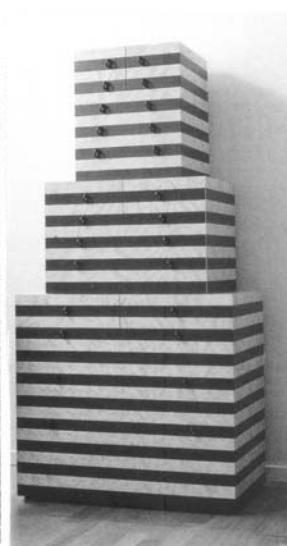
Serienproduktion. *Marcel Breuer, Mies van der Rohe, Le Corbusier* u.a. verwenden für ihre Möbel Stahlrohr, Leichtmetall, Lagenholz, Leder und andere Materialien (8.103). Das Hitler-Regime vertreibt die meisten Bauhaus-Künstler aus Deutschland, die künstlerische Gestaltung findet einen Niedergang.



a)



b)



c)

**Bild 8.106** Moderne Möbelgestaltung  
a) Dielenschrank, b) Schubladenstapel (Röthlisberger), c) Stapelkommode

**2. Hälfte 20. Jh.** Nach 1945 beginnt der Siegeszug der Kunststoffe. Mit ihnen kommen neue Möbelformen auf, etwa in Spritzgusstechnik aus einem Stück gegossene Stühle aus Formschalen (8.105). Daneben zeigt sich ein starker Trend zu „Sitzmöbeln“, die repräsentieren sollen. Wieder greift man auf Formen der Vergangenheit zurück. Rustikale Eichenmöbel finden ihre Käufer. Der individuelle Geschmack, den die Marktforschung der Möbelindustrie sorgfältig beobachtet und zu erfüllen sucht, kennzeichnet unsere Zeit. Statt einheitliche Stilepochen sind kurzlebige Modeströmungen zu beobachten.

Anfang der 80er Jahre wird die Bauhausforderung nach formvollendeter Funktion von einer Gruppe Designer in Frage gestellt. Formen, Farbe und Materialien werden zum bestimmten Gestaltungselement (Memphis-Möbel). Es folgt sowohl in Architektur als auch in der Möbelgestaltung eine Design-Bewegung, die ihre Ausdrucksmittel in einer „postmodernen“ Formensprache finden (geometrische Gestaltungselemente wie Kreis, Dreieck, Kugel, Prisma sowie Symmetrie).

Heute findet das Einzeilmöbel mit edlen Materialien, interessanten Details, sauber verarbeitet und ansprechend in der Form wieder besondere Beachtung neben abwechslungsreichen variablen Möbelsystemen mit neuen hochwertigen Werkstoffen und Lacksystemen.

Häufig finden wir eine Materialmischung aus Holz, Metall und Glas sowie anderen Werkstoffen, wodurch ein kontrastreiches Bild entsteht. Neue Plattenwerkstoffe (Formholz Sperrholz, Recoflex, Topan) erleichtern die Herstellung von Möbeln mit gewölbten Fronten und Seiten (8.106a). Durch die Entwicklung besonderer Furnierherstellungsverfahren ergeben sich neue Oberflächendekore (finline, Streifenfurniere, 8.106b). Die CNC-Maschinenteknik ermöglicht die Realisierung von ausgefallenen Gestaltungs- und Konstruktionswünschen, auch in der Serie. Als ein neuer Möbeltyp entstehen Behältnismöbel (Containermöbel), die man ähnlich einer Möbelskulptur frei im Raum – allseitig zugänglich – aufstellt (8.106c).

## 9 Oberflächenbehandlung

### Arbeitsauftrag Nr. 75 Lernfeld LF 4,5,11,12

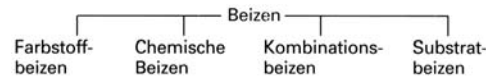
- Bilden Sie Arbeitsgruppen und erstellen Sie je eine „Mind-Map“ zum Oberbegriff Oberflächenbehandlung.  
Präsentieren Sie Ihre Arbeitsergebnisse der Klasse. Diskutieren und vervollständigen Sie Ihre Arbeitsergebnisse.

Unser Werkstoff Holz wird sehr vielseitig verwendet – im Außenbau und Innenausbau, im Kunsthandwerk, für Möbel und Gegenstände des täglichen Bedarfs. In keinem Bereich können wir das Holz nach der Fertigung im Rohzustand belassen. Erst die fachgerechte Veredlung der Oberfläche

- schützt vor Feuchtigkeit, Schmutz und Staub,
- schützt vor mechanischen und chemischen Einflüssen,
- zeigt die natürliche Schönheit.

Holz im Außenbereich muss besonders vor tierischen und pflanzlichen Holzzerstörern, vor Nässe und starker Sonneneinstrahlung bewahrt werden. Deshalb wird es mit Schutzlasuren

versehen. Hier wollen wir die beschichtenden Techniken von Holzoberflächen im Innenausbau behandeln. Die transparente Behandlung lässt die natürliche Schönheit des Holzes, seine Textur und Farbe, erst voll zur Geltung kommen, ja verstärkt sie oft noch.



Durch die Oberflächenbehandlung schützt man das Holz und bringt seine natürliche Schönheit voll zur Wirkung.

### 9.1 Vorbehandlungen

#### Arbeitsauftrag Nr. 76 Lernfeld LF 4,5,11,12

- Erstellen Sie stichpunktartig einen Arbeitsablaufplan zu Themenbereich „*vorbereitende Maßnahmen zur Oberflächenbehandlung*“. Verwenden Sie die Schlüsselbegriffe des folgenden Kapitels. Beginnen Sie mit dem Begriff *Holz Auswahl*.
- Vergleichen und bewerten Sie anschließend Ihre Ausarbeitungen in Bezug auf Vollständigkeit und logischen Ablauf. Nutzen Sie hierzu den OH- Projektor. Ein Experte stellt seinen Arbeitsablaufplan (auf OH- Folie) vor. Die Mitschüler beraten und sämtliche Ausarbeitungen werden ergänzt.
- Die folgenden Fragen sollen Ihnen bei der Strukturierung helfen. Sie dienen auch zur Vervollständigung Ihrer Lernkartei. Nutzen Sie Ihre TSO- Unterlagen.
  1. Nennen Sie Gründe, warum die Oberflächenbehandlung des Holzes eine wichtige Rolle spielt.
  2. Welche Bedeutung hat der Holzschliff für die anschließende Behandlung mit Oberflächenmaterialien?
  3. Was sind Schleifmittel?
  4. Schleifmittel werden nach der Streuung unterschieden. Wann spricht man von einer geschlossenen und wann von einer offenen Streuung?
  5. Welche Angaben enthält die Rückseite des Schleifpapiers?
  6. Warum und wann wird Holz gewässert?

Die Qualität einer Oberflächenbehandlung hängt in erster Linie von der Prüfung des Untergrunds und den Vorbehandlungsmaßnahmen ab. Wir wissen, dass jedes Holz über ihre eigene Eigenschaften verfügt. Farbe, Härte, Struktur, Dichte und Inhaltsstoffe wirken sich auf das spätere Gesamtbild aus. Mängel in der Verleimung furnierter Flächen, Art und Aufbau des Trägermaterials, Klebstoffe, Einfluss der Feuchtigkeit u.a. können die Oberfläche beeinträchtigen. Beachten Sie auch genau die Vorschriften und Richtlinien der Hersteller von Oberflächenmaterialien. Die nachträgliche Beseitigung von Fehlern ist – wenn überhaupt – nur mit erheblichem Aufwand an Zeit und Kosten verbunden.

### 9.1.1 Vorbereiten der Oberfläche

Fehlerhafte Stellen in der Holzoberfläche müssen vor dem Holzschliff ausgebessert werden.

Das Entharzen der Oberfläche ist bei Nadelhölzern notwendig, damit die Beize gleichmäßig aufgenommen wird und bei lackierten Flächen kein Harz austritt. Zum Entharzen sollten möglichst alkalifreie Entharzungsmittel verwendet werden, um das Holz im Farbton nicht zu verändern. Lösungsmittel wie Aceton oder Terpeninöl sind aus haut- und umweltverträglichen Gründen nicht zu empfehlen. Die Industrie bietet eine Reihe von Entharzungsmitteln an. Entharzt wird in der Regel das schon geschliffene Holz. Die Oberfläche wird mit der Flüssigkeit satt benetzt und während der Einwirkzeit mehrmals kräftig durchgebürstet. Reste des Entharzungsmittels entfernen wir mit Schwamm oder Lappen und reiben die Fläche ab. Bei alkalischen Mitteln erfolgt das Nachwaschen mit reinem Wasser, bei Lösungsmitteln sind die Herstellerangaben genau zu befolgen.

**Leimdurchschlag** der vorwiegend verwendeten chemisch abbindenden Klebstoffe lässt sich nicht entfernen. Bei Holzarten grober Struktur ist wiederum der Leimdurchschlag nicht zu verhindern. Hier empfiehlt es sich, den Klebstoff im gewünschten Beizton einzufärben. Leimdurchschläge von Glutin- oder

PVAC-Leimen können wir dagegen unmittelbar nach dem Pressvorgang mit Holzseifelösung und einer Bürste entfernen.

Dunkle Streifen an Stellen, wo vorher das *Fugenpapier* aufgeklebt war, kommen leider häufig vor. Diese Verfärbungen vermeiden wir nur, wenn wir sie rechtzeitig erkennen und die Stellen mit der speziellen Bronzebürste gründlich durchbürsten. Am besten wählt man möglichst dünnes Papier von neutraler Beschaffenheit und beseitigt es durch Abschleifen.

**Öl-, Wachs- und Fettflecke** verhindern die gleichmäßige Benetzung der Holzoberfläche. Je nach Stärke der Verschmutzung lassen sie sich mit den üblichen Entharzungs- oder Lösungsmitteln entfernen. Bei Zelloselack-Verdünnung bearbeiten wir die ganze Fläche mit einer Wurzelbürste aus Pflanzenfasern und reiben sie mit einem Lappen ab.

**Kalk-, Gips- und Zementspritzer** sind die Folgen ungenügender Schutzmaßnahmen bei schon verbauten Holzteilen. Hier müssen wir die *gesamte* Holzfläche mit verdünnter Salzsäure (1:10) sorgfältig abbürsten, die Flüssigkeit einige Minuten einwirken lassen und dann mit reinem Wasser gründlich abwaschen. Dazu dürfen Sie keine metallischen Arbeitsgeräte verwenden, denn sie können mit der Salzsäure reagieren und zu *Oxidationsflecken* führen. Gerade auf gerbstoffhaltigen Hölzern (z.B. Eiche) verursachen Metalle und Metalloxide dunkle Oxidflecken. Solche Flecken entfernt man mit gängigen Bleichmitteln und spült gründlich ab, damit die Stellen nicht bleichen. Um eine fleckenartige Aufhellung zu vermeiden, sollte die gesamte Fläche behandelt werden.

**Wässern.** Durch Einsatz mangelhafter Werkzeuge oder mechanische Einwirkung wie Schlag und Stoß entstehen leicht Druckstellen im Holz. Beim Wässern mit heißem bzw. warmem Wasser quellen die eingedrückten Fasern wieder auf. Nach dem Trocknen wird die Fläche mit Schleifpapier in Längsrichtung ohne starken Druck geschliffen und sorgfältig entstaubt. Nadelhölzer können wir beim Wässern durch Salmiakzugabe zugleich leicht entharzen.

**Durch Auskitten** werden kleinere Schadstellen beseitigt. Dazu wählen wir möglichst Holzkitt oder Holzpaste im Farbton des Hol-

zes. In der Praxis bereitet man sich diese Kitte oft selbst zu. So stellt man *Leimkitt* (Hirnholzkitt) her, indem man Hirnholz abschabt und mit verdünntem Leim zu einem Brei vermischt. *Flüssiges Holz* besteht aus Holzmehl, das mit Nitrozelluloselack zu einer Paste vermengt wird. *Wachskitt* bietet der Handel in Stangenform an. Mit ihm beseitigt man kleine Schadstellen auch in fertigen Oberflächen. *Kitte* werden mit einem Spach-

tel oder einem Stecheisen gut eingedrückt und nach dem Austrocknen beigeschliffen. Bei größeren Vertiefungen empfiehlt sich eine Vorbehandlung mit Zelluloselack-Verdünnung. In jedem Fall ist sparsam mit Kitten umzugehen, weil die ausgebesserten Stellen weniger Oberflächenmaterial aufnehmen als das andere Holz und sich in der Farbe von ihm unterscheiden.

**Tabelle 9.1** Korngrößen von Schleifmitteln

Nummer	Bezeichnung	Verwendung
16 bis 40	grob	Fußböden, Abzählen, Aufrauen
50 bis 90	mittel	Vorschliiff gehobelter und furnierter Flächen
80 bis 120	fein	Vorschliiff von Hand und Maschine
120 bis 280	fein bis sehr fein	Fertigschliff von Hand und Maschine
240	sehr fein	Nachschiiff von Hand nach Grundieren
220 bis 320	sehr fein	Vorschliiff von Lackmaschinen
280 bis 500	sehr fein	Lackschliff von Hand und Maschine

## 9

**Abbeizen.** Vor dem Auffrischen alter Möbel ist in der Regel das vorhandene Oberflächenmaterial zu entfernen. Abbeizmittel lösen alte Öl-, Lack- und Dispersionsanstriche. Alkalische Mittel wirken chemisch durch Verseifen ölhaltiger Anstrichstoffe. Sie erfordern ein Nachwaschen mit heißem Wasser und Wurzelbürste. Gerbstoffhaltige Hölzer werden braun und sind mit verdünnter Säure zu neutralisieren (wieder aufzuhellen). *Abbeizfluide* wirken physikalisch durch Erweichen, Lösen, Ab- und Hochheben alter Anstriche. Man nimmt sie für Dispersions-, Öl- und Lackfarben. Fluide verfärben gerbstoffhaltige Hölzer nicht. Mit besonderen Zusätzen lösen sie jeden Altanstrich. Stets müssen Sie die Schutzvorschriften beachten und mit Lösungsmitteln (Testbenzin, Nitroverdünnung) nachwaschen, um die Paraffinreste zu entfernen. Der Einsatz neutraler Abbeizer wird der Farbton der abzuzeigenden Holzfläche erhalten.

### 9.1.2 Schleifen

Der Holzschliiff ist die wichtigste Voraussetzung für eine einwandfreie Oberfläche. Der

*Vorschliiff* ebnet die Holzfläche ein, entfernt leichte Leimdurchschläge und das Fugenleimpapier. Der *Nachschiiff* gibt dem Holz die nötige Glätte und Sauberkeit. Wir schleifen ohne stärkeren Druck, damit hochstehende Fasern nicht niedergedrückt, sondern sauber abgeschliffen werden. Nach jedem Schliiffgang ist die Oberfläche zu reinigen, weil die Poren mit Schliiffstaub angereichert sind. Dazu eignen sich Reinigungsbürsten, aber auch das Absaugen. Bei der Fließbandfertigung werden hierzu meist Bürstenmaschinen mit Luftabsaugung eingesetzt.

Geschliffen wird von Hand, mit Handschleifgeräten (Schwing-, Band-, Tellerschleifer) oder Schliiffmaschinen (s. Abschn. 5.2.8). Die Schliiffmittel bestehen aus der Unterlage und dem Schliiffbelag (9.1).

Wichtig ist, dass zwischen den einzelnen gewählten Körnungen keine allzu großen Unterschiede liegen – sonst werden die Riefen des größeren Schliiffpapiers nicht ausreichend eingeebnet.

**Schleifregeln**

- Der gewünschte Glättegrad einer Oberfläche ist mit dem geringsten Aufwand an Schleifmaterial und -arbeit zu erreichen.
- Je feiner der letzte Schliff, desto besser das Ergebnis der Oberflächenbehandlung.
- Schleifmittel müssen frei von Metallpartikeln sein. Diese verursachen dunkle Punkte oder Flecken auf der Oberfläche.
- In Richtung der Holzfaser schleifen.

**Unfallverhütung und Arbeitsregeln bei Wasserstoffperoxid**

- Verätzungsgefahr! Schutzbrille, Gummihandschuhe und Gummischürze tragen!
- Berührung mit Haut und Augen vermeiden!
- Nur metallfreie Arbeitsgefäße und Werkzeuge benutzen (Kunststoff-, Glas- oder Steingutgefäße).
- Wasserstoffperoxid in dunklen Flaschen oder Kunststoffbehältern an einem kühlen Ort aufbewahren.

**9.1.3 Strukturieren****Arbeitsauftrag Nr. 77 Lernfeld LF 4,5,11,12**

- Ihr Berufsschullehrer beauftragt Sie einen Kurzvortrag zu Thema „*Strukturieren von Holzoberflächen*“ zu halten.

Zur Vorbereitung bietet es sich an einen Bericht zu schreiben, den Sie auch für Ihr Berichtsheft verwenden können.

- Führen Sie praktische Arbeiten im Laborunterricht durch.
- Die folgenden Fragen sollten mit Hilfe Ihres Berichtes zu beantworten sein.
  1. Nennen Sie Mittel zum Bleichen des Holzes.
  2. Was müssen Sie beim Umgang mit Bleichmitteln beachten?
  3. Nennen Sie Verfahren zum Herstellen strukturierter Oberflächen.

**Durch Bleichen** erreicht man ein einheitliches Farbbild bei Hölzern mit unterschiedlicher Farbgebung. Helle Hölzer können zusätzlich aufgehellt, Flecken (z.B. Oxidationsflecken) aus Furnieren entfernt werden. Beim Bleichen ist Vorsicht geboten, um die Oberflächenstruktur des Holzes nicht nachteilig zu verändern und die Gesundheit des Benutzers nicht zu gefährden.

**Als Bleichmittel** dienen Zitronensäure und Wasserstoffperoxid. Oxalsäure und Chlorbleichlauge sollten wegen der Giftigkeit dieser Stoffe nicht zur Anwendung kommen.

**Zitronensäure** (aus Zitronen oder synthetisch hergestellt) hellt gerbstoffreiche Hölzer auf und entfernt Oxidationsflecken, indem sie den Sauerstoff entzieht (reduzierendes Mittel). Zitronensäure ist ungiftig.

**Oxalsäure und Chlorbleichlauge** sind giftig und können bei mangelnder Vorsicht zu

schweren Gesundheitsschäden führen. Bitte deshalb vermeiden!

**Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)** ist ein oxidierendes Bleichmittel. Seine Bestandteile sind flüchtig. Vorwiegend wird es zum Bleichen von gerbstoffarmen, feinporigen Hölzern verwendet (Ahorn, Buche, Esche, Kirschbaum). Es hinterlässt keine Rückstände und erspart so das Nachwaschen. Durch den Zusatz von Salmiak wird der Bleichvorgang beschleunigt und verstärkt. Zum Aufhellen von gerbstoffreichen Hölzern darf Wasserstoffperoxid nur in einer 5- bis 10%igen Lösung verwendet werden. Als Verdünnungsmittel dient reines Wasser. Auf ausreichende Trockenzeiten ist zu achten. Eiche kann strohig werden, daher Vorsicht. Neben den genannten Bleichmitteln bietet die Industrie Spezialbleichmittel, Bleichzusätze und Bleichbeizen an (bleichen und beizen in einem Arbeitsgang). Sie sind nach Herstellerangaben zu verarbeiten.

**Egalisieren des Saugvermögens.** Hirnholz und Längsholz haben, wie wir wissen, unterschiedliches Saugvermögen. Dadurch ergeben sich kontrastreiche Farbunterschiede. Ist ein solcher Unterschied unerwünscht, können wir das Saugvermögen egalisieren, ausgleichen. Früher bestrich man dazu das Holz mit einer dünnen Leimlösung. Heute verwenden wir vorwiegend Kunstharzdispersionen, die einen wasserunlöslichen, aber durchlässigen Film auf der Holzoberfläche bilden, oder klares Wasser bei Verwendung von Wasserbeizen.

**Strukturierte, plastisch wirkende Oberflächen** finden wir besonders bei Nadelhölzern wie Fichte, Kiefer, Lärche und Tanne. Dabei wird das Weichholz (Frühholz) abgetragen. Die harten Jahresringteile (Spätholz) bleiben stehen und treten dunkler, plastischer hervor. Furniere sollten eine Mindestdicke von 2,5 mm haben. Strukturieren kann man durch Sandstrahlen (Sandeln), Bürsten und Brennen.

**Beim Sandstrahlen (Sandeln)** wird die gut geschliffene linke Holzseite mit geeigneten Strahlmitteln in der Körnung von 0,5 bis 0,8 mm bestrahlt. Verwendet wird dazu ein Drucksandstrahlgebläse mit 6 bar Luftdruck. Die rechte Holzseite eignet sich nicht zum Sandeln – sie würde aufsplintern.

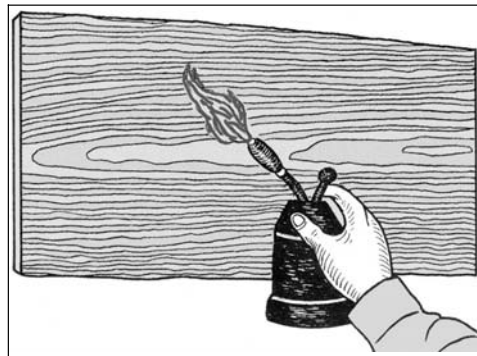
**Beim Sandstrahlen entsteht feinsten Sandstaub, der beim Einatmen die Gesundheit schädigt. Schutzmaske tragen!**

**Gebürstet** wird von Hand mit einer Stahlbürste in Faserrichtung oder mit Maschinen (Stahlbürstenwalzen). Dabei wird jeweils das weiche Frühholz herausgebürstet, so dass eine reliefartige Wirkung entsteht.

**Zum Brennen** wird eine Lötlampe benutzt (9.2). Wir führen die breite Flamme schnell am Holz vorbei und kohlen so die Oberfläche etwas an. Beim anschließenden Ausbürsten bleiben die harten Holzteile (Spätholz) stehen, die weichen Teile des Jahresrings (Frühholz) werden dagegen abgetragen.

Die Brennwirkung lässt sich durch Einstreichen der Oberfläche mit Wasserstoffperoxid oder verdünnter Salzsäure unmittelbar vor dem Brennen verstärken. Hierbei empfiehlt es sich, wegen der Strukturbildung die rechte Holzseite zu behandeln.

**Beim Arbeiten mit Luftdruck und der Lötlampe ist Vorsicht am Platz! Vorschriften der Berufsgenossenschaft beachten!**



**Bild 9.2** Mit der Lötlampe strukturierte Oberfläche

## 9.2 Beizen

### Arbeitsauftrag Nr. 78 Lernfeld LF 4,5,11,12

- Die Nachbarn von Frau Mustermann waren bei einem Besuch von dem Hängeschrank begeistert (Vgl. Arbeitsaufträge Nr. 65 u. 69). Aus Kostengründen zögern Sie jedoch mit der Erteilung eines Auftrages für den Nachbau des Hängeschrankes. Ihr Meister beauftragt Sie mit der Vorbereitung eines Kundengesprächs. Er empfiehlt den Hängeschrank in Kiefer, Nussbaum gebeizt zu kalkulieren um den neuen Kunden die Auftragserteilung zu erleichtern. Bereiten Sie sich auf das Kundengespräch vor, indem Sie die Möglichkeiten von Beizen und ihrer Vor- und Nachteile in Erfahrung bringen.

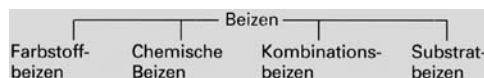
• Die folgenden Fragen sollen Ihnen bei der Vorbereitung helfen:

1. Welche Arten von Holzbeizen gibt es?
2. Wodurch unterscheiden sie sich?
3. Was versteht man unter einem negativen Beizbild?
4. Wie kommt es dazu?
5. Welche Anforderungen stellt man an Holzbeizen? Was haben Sie beim Verarbeiten von Holzbeizen zu beachten?
6. Nennen Sie die Beizauftragsverfahren.
7. Was versteht man unter Räuchern des Holzes?
8. Erläutern Sie das Trocknen gebeizter Holzteile.

Nach dem Kundengespräch werden Sie beauftragt die „10 goldenen Beizregeln“ aufzuschreiben. Nutzen sie den Lernkarteiordner.

Die Kunst des Holzbeizens hat ihren Ursprung in der alten Werkstattpraxis. Zum Holzfärben nahm man früher einfache Mittel wie Kalk, Farbholzextrakte, gelöste Eisenfeilspäne in Essig, Walnussschalenabsud, Pottasche oder aufgeschlämmte Erdfarben. Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten sich mit der Herstellung synthetischer Farbstoffe modernere Beiztechniken. Heute ist das Beizen zur Oberflächenveredlung üblich geworden. Mitte der 60er Jahre begannen sich auch die in Skandinavien entwickelten buntfarbigen Beizen durchzusetzen.

Beizen sind keine Anstrichstoffe, sondern dienen zum Anfärben des Holzes in der Faser. Der Handel bietet eine große Anzahl unterschiedlicher Holzbeizen an. Sie lassen sich in vier Gruppen einteilen:



### 9.2.1 Arten und Anforderungen

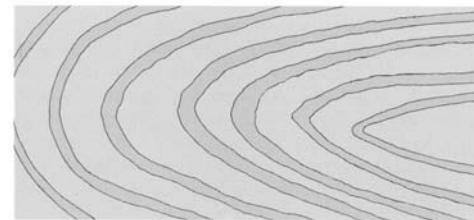
**Farbstoffbeizen** (Wasserbeizen) bestehen aus synthetischen, fertig gebildeten Farbstoffen mit Ergänzungsmitteln wie Pigmenten oder Spezialzusätzen, die ein gutes Eindringen und eine gleichmäßige Netzfähigkeit ermöglichen (z.B. Salmiakgeist bei harz- und fettreichen Hölzern). Die Farbstoffe werden von der Holzfasern aufgenommen und „eingelagert“. Nur die oberste Holzschicht färbt sich bei diesem physikalischen Vorgang ein. Bei Nadelhölzern kommt es dabei zu einem *negativen Beizbild*:



**Bild 9.3** Unbehandelt (helleres Frühholz, dunkleres Spätholz)



a)



b)

**Bild 9.4** a) negatives Beizbild (dunkleres Frühholz, helleres Spätholz)  
b) positives Beizbild (wie 9.3, jedoch durch Beize verstärkt)



Der im natürlichen Zustand helle und porige (weitlumige) Frühholzanteil (9.3) nimmt eine größere Menge Farbstofflösung auf als die dunklere und dichtere (englumige) Spätholzzone. So kommt es zu einer Umkehrung des ursprünglichen Holzbildes (9.4a).

Farbstoffbeizen eignen sich für jede Holzart. Sie sind einfach anzuwenden, farbstark und weitgehend lichtbeständig. In jedem Fall ist ein Lacküberzug erforderlich, denn die Farbstoffe sind auch in trockenem Zustand wasserlöslich. Wasserspritzer auf unlackierten Beizflächen hinterlassen Flecken. Handelsbezeichnungen sind im Wesentlichen Wasser-, Hartholz-, Nadelholz-, Spiritus-, Color- und Rustikalbeizen.

**Chemische Beizen** enthalten neben synthetischen Farbstoffen auch Metallsalze. Die metallsalzhaltigen wässrigen Beizen färben zusätzlich durch chemische Reaktion mit Gerbstoffen des Holzes oder gerbstoffhaltigen Vorbeizen (Zwei-Komponenten-Beizen). Beim Ein-Komponenten-Beizen wird die Beize direkt auf gerbstoffhaltige Hölzer aufgetragen (z.B. Eiche). Beim Zwei-Komponenten-Beizen trägt man zunächst *gerbstoffhaltige Vorbeize* auf und nach dem Trocknen *metallsalzhaltige Nachbeize*. Diese kommt jedoch heute nur noch wenig zum Einsatz. Bei *Nadelhölzern* entsteht durch diese Behandlung ein *positives Beizbild*. Die ohnehin dunkleren Spätholzzonen werden noch dunkler hervorgehoben (9.4b). Chemische Beizen sind lichtbeständiger.

**Kombinationsbeizen** enthalten synthetische Farbstoffe. Ihr Vorzug liegt darin, dass sie Farbkraft und Holzstruktur optimal betonen. Zu ihnen zählen in erster Linie die Nadelholzbeizen und die Wachsbeizen, bei denen Farbstoffe und Pigmente in einer wässrigen Wachsemulsion eingebettet sind. Sie werden meist flüssig und gebrauchsfertig angeboten und eignen sich besonders für Eichenholz. Die Deckwirkung ist hervorragend. Trotzdem entsteht nicht der Eindruck eines gestrichenen Holzes. Leider sind Kombinationsbeizen nur gering kratzfest und lassen Lacküberzüge wegen des Wachsgehalts nur schlecht trocknen. Beizen mit Kunststoffdispersion statt Wachs oder Harz nennt man Dispersionsbeizen oder „kratzfeste Beizen“. Räucherbeizen werden nur noch selten verarbeitet.

**Substratbeizen** bestehen aus Farbstoffen, Chemikalien und einer geringen Menge Substrat aus Kunststoff (dispergierende Kunstharze), das sich beim Auflösen der Beize im gewünschten Farbton einfärbt und in den Holzporen ablagert.

#### Anforderungen an Holzbeizen

- **Gleichmäßiges Aufziehen auf die Holzfaser**, so dass ein einheitlicher Beizton bei gleichzeitiger Belebung der Beizstruktur entsteht.
- **Feste Bindung der färbenden Bestandteile an die Holzfaser**. Diese Forderung erfüllen zahlreiche Holzbeizen, vorwiegend chemische Beizen, da sie mehr in der Faser verankert sind. Ausreichende Abrieb- und Wasserfestigkeit der gebeizten Flächen erhält man nach der Trocknung durch sorgfältiges Grundieren und Lackieren. Eine gute Tiefenwirkung, damit Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen. Gute Lichtbeständigkeit. Die Farbstoffe und Pigmente unserer Beizen sind lichtecht. Doch das Trägermaterial Holz ist es nicht. Vom Tages- oder Sonnenlicht getroffene Stellen vergilben, bleichen aus oder dunkeln nach – das wirkt sich besonders bei hellen oder schwachen Beiztönen störend aus.
- **Einwandfreie Porenbeizung** – bei manchen Holzarten ein Problem, weil die Poren nur ungenügend benetzt werden oder Einlagerungen in den Poren eine Einfärbung verhindern. In solchen Fällen bürsten wir die Beize mit einer Bronzedrahtbürste längs in Holzstrukturrichtung ein.
- **Beständigkeit gegen Chemikalien**. Die verarbeitungsfertigen Holzbeizen enthalten vereinzelt etwas Salmiakgeist (Ammoniakwasser), der die Farbstoffe während der Lagerung nicht verändern darf.

#### Verarbeitungsregeln

- Beize vor Entnahme aus dem Gebinde gut aufschütteln bzw. aufrühren. Nur kalte Beizlösung verarbeiten – auch bei den in heißem Wasser gelösten Pulverbeizen. Warme Beize dringt tiefer ins Holz ein und ergibt dadurch einen dunkleren Beizton.
- Niemals direkt aus dem Vorratsgefäß beizen, sondern stets eine Beizschale verwenden! Beim Eintauchen des Pinsels würden Holzteilchen in den Kanister gelangen, die die Beize verderben. Beizenrest in der Beizschale nach der Beizarbeit umweltfreundlich entsorgen. Auf keinen Fall in das Vorratsgefäß zurückschütten!

- Zum Beizen nur einen Beizpinsel (ohne Metallzwinde) und metallfreie Arbeitsgefäße (Glas, Porzellan, Kunststoff) verwenden. Beschläge vor dem Beizen abnehmen. *Grund:* Metalle reagieren mit der Beize.
- Ein Werkstück oder eine Inneneinrichtung nur von *einem* Beizer bearbeiten lassen, um ein gleichmäßiges Beizbild zu gewährleisten.
- Beize auf senkrechten Flächen immer gleichmäßig von unten nach oben in Holzfaserrichtung auftragen. Umgekehrt entstehen Ablaufstreifen, die sich später nicht mehr beseitigen lassen.
- Die gebeizte Fläche, mindestens 8 Stunden, besser über Nacht zur intensiven Trocknung abstellen.
- Beize immer satt nass in nass auftragen. Sehr große Flächen müssen daher zu zweit bearbeitet werden
- Die Beize ist vom Körper weg aufzutragen.
- Hirnholz ist vor dem Beizen zu wässern, wodurch die Saugwirkung des Holzes vermindert wird.
- Die Angaben des Herstellers sind bei der Verarbeitung unbedingt zu beachten.

### 9.2.2 Auftragen und Trocknen

**Probebeizung.** Da kein Holz wie das andere ist und auch innerhalb einer Holzart große Unterschiede auftreten, empfiehlt sich vor dem Beizen eine Probebeizung. Wenn Sie damit den richtigen Beizton erreicht haben, können Sie die Beize nach einem der folgenden Verfahren satt auftragen, einwirken lassen und in Faserrichtung vertreiben.

Wichtig ist die original Holzart bis zur Endbehandlung (Lackierung) weiter zu behandeln, um den original Endbeizton zu erkennen.

#### Beizauftrag

Beize quer und längs satt auftragen – einwirken lassen – Überschuss abnehmen – in Faserrichtung vertreiben.

**Beizpinsel, Beizschwamm.** Im Handwerks- und Innenausbaubetrieb werden Holzbeizen von Hand, also mit Pinsel oder Schwamm verarbeitet, in zunehmendem Maße jedoch im Spritzverfahren. Auf die vorbereitete Oberfläche wird die Beize satt aufgetragen, kreuz und quer gestrichen, der Überschuss nach kurzer Einwirkzeit mit dem ausgetupften Pinsel oder ausgedrücktem Schwamm abgenommen. Anschließend wird längs in Strukturrichtung vertrieben.

**Das Spritzverfahren** erfordert einen erfahrenen Beizer. Wird die Beize nach dem Spritzen vertrieben, muss sie etwas satter aufgetragen werden. Entfällt das Vertreiben, wird sie gleichmäßig und nicht zu satt aufgetragen. Beim Beizen mit automatischen Spritzanlagen stimmt man die Bandgeschwindigkeit auf die Spritzpistolen und die speziell zusammengesetzten Spritzbeizen mit guter Netzfähigkeit ab. Der Spritznebel muss abgesaugt werden. Nadelholzbeizen werden heute vorteilhaft im Spritzverfahren verarbeitet. Der Auftrag erfolgt durch das Aufdüsen der Beize, bis ein geringer Überschuss vorhanden ist; nicht vertreiben.

**Das Tauchverfahren** finden wir in Industriebetrieben, die Kleinteile wie Spielzeug oder Sitzmöbel aus Holz herstellen. Die gut entstaubten Werkstücke werden in die Beize getaucht, nach kurzer Einwirkzeit herausgenommen und 2 Minuten später mit einem Vertreiber nachbehandelt. So können keine dunklen Läufer oder Staustellen an den Kanten entstehen.

**Walzen.** Für den automatischen Durchlauf bei hoher Produktivität gibt es moderne Walzenbeizmaschinen mit Zusatzgeräten. Sie unterstreichen die natürliche Schönheit der Maserung optimal. Walzenbeizen enthalten Farbstoffe und/oder Pigmente und kommen als Lösungsmittel-, Wasser- oder Spiritusbeizen in den Handel. Alle drei Beizarten – „klassisch“, „farbig“ und „rustikal“ – führt die Walzenbeizmaschine einwandfrei aus. Die Lösungsmittelbeizen sorgen für sehr gleichmäßige Farbgebung, schließen ein Aufrauhnen des Holzes aus und ermöglichen eine schnelle Überlackierung.

**Mit Walz-Rustikalbeizen** erzielen wir auf tiefporigen Hölzern (z.B. Eiche, Esche) besonders dunkel eingefärbte Poren, die sich kontrastreich von den hellen Oberflächenspiegeln abheben. Bedingung ist eine feingeschliffene Holzoberfläche, die mit einer Drahtbürstenwalze vorbehandelt wird. Dabei werden die Poren geöffnet, gereinigt oder auch erweitert, was bei schlechten Furnieren zu einer ausgeprägten Porenstruktur mit großer Tiefenwirkung führt. Die Auftragsmenge liegt zwischen 15 und 60 g Beize je m<sup>2</sup>. Für die sichere Einfärbung sehr tiefer Poren haben sich dünnflüssige Lösungsmittelbeizen

auf einer offenporigen Moosgummiwalze bewährt. Überschüssige Beize vertreiben die Vertreiberbürsten. Durch Nachbehandlung mit dem Wischlappen (Papiervlies) wird der letzte Beizüberschuss beseitigt.

**Das Gießen** von Holzbeizen spielt nur eine untergeordnete Rolle. Es erfordert Gießmaschinen, die absolut gleichmäßig laufen, einen sauberen und einwandfreien Gießkopf haben und geringen Beizauftrag (etwa 40 g/m<sup>2</sup>) ermöglichen.

### Besondere Verfahren der Farbgebung

**Das Räuchern** ist eine einfache, aber wirkungsvolle Methode zum Färben von Eichenholz. Man stellt das Werkstück mehrere Stunden lang in einen Raum, dessen Luft mit Ammoniakgas angereichert ist (Aufstellen größerer Schalen mit Salmiakgeist). Das Ergebnis ist eine deutliche Braunfärbung der Holzoberfläche, die wir durch Beizen kaum so schön erhalten.

**Antike Farbeffekte** sind für Schränke, Truhen und nachgebaute Stilmöbel gefragt, um sie auch farblich „alt“ erscheinen zu lassen. Antikbeize wird bevorzugt für Massiv-Eiche verwendet, wobei wir auf spiegelhaltigem Holz die kontrastreichste, wirkungsvollste Beizung erzielen. Furniere müssen mindestens 1,2 mm stark und wasserfest verleimt sein. Die Beize wird wie üblich aufgetragen und nach der Trocknung mit einer Nachwaschlösung behandelt. Etwa nach einer Stunde wäscht man die so neutralisierte Fläche mit Wasser ab.

**Eiche gekalkt** ist ein modernes, nicht gerade billiges System. Voraussetzung ist ein tiefporiges Eichen- oder Eschenholz mit ausgeprägten Poren. Die gebeizten oder unbehandelten Flächen werden sorgfältig grundiert und nach einem leichten Zwischenschliff mit einer Kalkeichenpaste eingefärbt. Erst nach guter Trocknung entfernen wir den Pastenrückstand außerhalb der Poren durch vorsichtiges abreiben, entstauben sorgfältig und spritzen einen Mattlack auf. Die Holzporen lassen sich in den unterschiedlichsten Farben einfärben, so dass sich mit entsprechenden Beizen zahlreiche Farbkombinationen ergeben.

**Patinieren.** Für Farbschattierungen bei Möbeln, zum Korrigieren von Beiztönen oder zum Färben schlecht beizbarer Materialien (z.B. Rohrgeflechte, Spanplatten, Hartfaserplatten) nimmt man Patinier-

farben. Die Filme dieser gebrauchsfertigen Farbstofflösungen auf Nitro-Kombi-Basis sind lichtecht und völlig transparent. Die Fläche wird grundiert, sauber geschliffen und sorgfältig entstaubt, bevor man die Patinierfarbe mit feiner Düse (0,5 bis 1,0 mm) und 2,5 bar bei gedrosseltem Materialausstoß aufnebelt. Farbschattierungen (Übergänge von hell zu dunkel) erzielt man durch geschickte Bewegung der Pistole, indem man die dunkler gewünschten Stellen öfter oder stärker dem Farbnebel aussetzt. Zu beachten ist, dass die Behandlung stets von außen nach innen vorgenommen wird. Zum Schluss bringt man auf die patinierte Fläche im Spritzverfahren einen Seidenmattlack oder Mattlack auf.

**Eingefärbte Grundierungen oder Lacke** ergeben ebenfalls eine transparente Färbung. Dazu dienen Abfärbetinkturen in zahlreichen Holzfarbtönen. Voraussetzung ist eine sauber grundierte, geschliffene und entstaubte Oberfläche. Das Material wird im Spritzverfahren gleichmäßig, normal stark aufgetragen, weil sonst Farbschattierungen oder -streifen entstehen. Der Einfärbefekt hängt nicht nur von der Auftragsstärke ab, sondern auch von der Eigenfarbe des Holzuntergrunds.

**Trocknen gebeizter Holzteile.** Die Trocknung des vom Beizen durchfeuchteten Holzes geschieht schonend, am zweckmäßigsten durch die Luft. An einem gut belüfteten Ort beträgt die Trockenzeit 1 bis 3 Stunden. In der industriellen Fertigung verkürzt man diese Zeiten durch höhere Raumtemperaturen, in einem Warmluftkanal sogar bis auf wenige Minuten.

Chemische Beizen und Kombinationsbeizen müssen auf natürliche Weise, also durch normaltemperierte Luft getrocknet werden.

### Unfallschutz

Lösemittelbeizen entwickeln beim Trocknen gesundheitsschädliche Dämpfe und explosive Gase. Der Trockenplatz ist darum gut zu belüften. Offenes Feuer und Rauchen sind verboten.

Die Weiterbearbeitung gebeizter Hölzer geschieht erst nach völliger Trocknung.

## 9.3 Lackieren

### Arbeitsauftrag Nr. 79 Lernfeld LF 4,5,11,12

- Ihr Betrieb ist auf einer Holzfachmesse vertreten. Zur Gestaltung des Ausstellungsstandes werden Plakate benötigt. Inhalt der Plakate sollte u.a. sein:
  - die wichtigsten Lacke
  - Gesundheitsschutz
  - Auftragstechnik
  - Verwendung

Orientieren Sie sich bei dieser Aufgabe an der Tabelle 9.6. Arbeiten Sie in Gruppen und ordnen Sie jeweils einen Lack der Gruppe zu.
- Ihre Lernkartei sollte mit den folgenden Fragen vervollständigt werden.
  1. Welche Anforderungen müssen Holzlacke erfüllen?
  2. Nennen Sie Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Nitrozelluloselacke (NC-Lacke).
  3. Woraus bestehen DD-Lacke?
  4. Wofür verwenden Sie DD-Lacke?
  5. Erläutern Sie die Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von Polyesterlacken.

### 9.3.1 Lackarten und Anforderungen

Mit dem Lackieren oder Beschichten der Oberflächen werden die Holzveredlungsarbeiten abgeschlossen. Beide Verfahren schützen und verschönern die Holzoberfläche.

**Lacke** sind harzhaltige Anstrichmittel mit besonderen Eigenschaften (z.B. in Verlauf, Durchhärtung und Widerstand). Sie bestehen aus Bindemitteln (Filmbildnern), die in flüchtigen Lösemitteln gelöst sind. Lacke sind farblos, enthalten keine Pigmente oder Farbstoffzusätze. (Im Unterschied dazu sind Lackfarben

pigmentierte Lacke.) Lacke werden in einer bestimmten Schichtdicke aufgetragen und bilden einen festen Film.

**Vom Filmbildner** hängen Zähigkeit, Elastizität, Widerstandskraft und Aussehen des getrockneten Lacks ab. Man verwendet dazu veredelte Naturprodukte (z.B. Kolophonium, Schellack, Kopal) oder rein synthetisch hergestellte Kunstharze (Alkyd-, Acryl-, Polyester- und Polyurethanharze) sowie Weichmacher, Nitrozellulose (Zellulosenitrat) und spezielle Additive.

9

**Tabelle 9.5** Einteilung der Lacke

Rohstoffbasis (Filmbildner)	Ölhaltige Lacke	Ölfreie Lacke	Kunstharz- und Kunststofflacke
	Ollack Alkydharzlack	Nitrozelluloselack Nitrokombinationslack	PVC-Lack Acryl harzlack Phenol- und Melaminharzlack DD-Lack Epoxidharzlack Polyesterlack
Verarbeitung	Streichlack, Spritzlack, Tauchlack, Gießlack, Ballenmattierung		
Trocknung	oxidativ	physikalisch	chemisch
Oberflächeneffekt	<b>Glanzeffekt</b> Mattlack Seidenglanzlack Hochglanzlack	<b>Farbeffekt</b> Decklack, farbig Lasurlack Transparentlack Klarlack	<b>Oberflächeneffekt</b> Tauchlack Strukturlack u.a.
Beständigkeit	<b>mechanische</b> kratzfest abriebfest schlagfest	<b>chemische</b> säurebeständig alkalibeständig	<b>Hitze</b>
Verwendung	Holzlack, Möbellack, Bootsack, Fußbodenlack		
Anstrichaufbau	Grundierung, Decklack, Schichtlack, Einschichtlack, Spritzfüller		

Als **Lösemittel** dienen: Ester, Alkohole, Glykolether, Benzinkohlenwasserstoffe und Benzolkohlenwasserstoffe (Toluol, Xylol), Ketone.

Aus gesundheitlichen Gründen sowie im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit werden Methanol, Benzol verschiedene Glykole sowie chlorierte Kohlenwasserstoffe nicht mehr in Lacken verwendet. Auch ist die mitverwendete Menge an Aromaten beschränkt. Zusätze von Mattierungs-, Feinschliff-, Verlauf- und Entgasungsmitteln verbessern die Eigenschaften.

**Anforderungen und Arten.** Lacke sollen leicht zu verarbeiten sein, gut verlaufen, schnell trocknen, einwandfrei durchhärten, ferner transparent, wasser- und chemikalienfest, kratz- und abriebbeständig, elastisch und gut schleifbar sein, Glanz- oder Matteffekt zeigen. Einteilen können wir sie nach verschiedenen Gesichtspunkten (9.5).

#### Lack

- schützt die Holzoberfläche vor mechanischen und chemischen Angriffen,
- verschönt die Holzoberfläche durch matten oder glänzenden, farblosen Überzug,
- besteht aus Filmbildner und Lösemittel.

9

**Lacktrocknung.** Der Film bildet sich durch physikalische, chemische oder oxidative Trocknung des Lacks.

- **Bei der physikalischen Trocknung** bildet sich der Lackfilm durch Verdunsten des Lösemittels. Dazu gehören Schellack und Nitrozelluloselacke.
- **Bei der chemischen Trocknung** härtet der Lack nach Mischen von Lack und Härter (Komponenten) und die damit ausgelöste chemische Reaktion. Zu diesen „Reaktionslacken“ zählen Polyurethan (z.B. DD-Lack), säurehärtende und Polyesterlacke (Zwei-Komponenten-Lacke).
- **Bei der oxidativen Trocknung** härten die Öllacke durch Oxidation mit dem Luftsauerstoff.

**Bei der Werkstatt-Trocknung,** die in Klein- und Mittelbetrieben überwiegt, sollte die Raumtemperatur mindestens 20 °C betragen. Wegen der relativ langen Trockenzeiten müssen die Räume staubfrei sein und wegen der verdunstenden Lösemittel über eine ausreichende Absau-

gung und Frischluftzufuhr verfügen. Auf *Lack-trockenwagen* (Hordenwagen) lassen sich große Mengen plattenförmiger Werkstücke auf engstem Raum stapeln und trocknen.

**In Großbetrieben,** besonders in der Serienfertigung, braucht man kürzere Trockenzeiten. Die lackierten Flächen werden in Kammern oder Kanälen unter Wärme- und Luftzufuhr getrocknet, entweder in erhitzter Luft (Konvektion) oder durch Strahlung (Infrarotstrahlung) – häufig direkt im Anschluss an das automatische Lackauftragsverfahren. Für die Elektronenstrahl-Trocknung müssen speziell entwickelte Lacke eingesetzt werden. Bei physikalisch trocknenden Lacken lässt sich die Trockenzeit bei 30 bis 40 °C auf wenige Minuten herabsetzen. Da die Trockentemperaturen und Mindesttrockenzeiten der Lacke unterschiedlich sind, müssen die Angaben der Hersteller beachtet werden.

**Viskosität.** Der Festkörpergehalt des Lacks (Filmbildner) wird in Prozent angegeben. Für die verschiedenen Auftragsverfahren muss das Verhältnis zwischen Festkörpergehalt und Lösemittelanteil entsprechend eingestellt werden. Vom Fließverhalten (Viskosität, s. Abschn. 6.3) hängt es ab, wie dick die getrocknete Lackschicht wird. Zähflüssige (hochviskose) Lacke ergeben dickere, dünnflüssige (niedrigviskose) Lacke dagegen dünnere Schichten. Körperarme Lacke sind in der Regel dünnflüssiger als körperreiche und eignen sich vor allem zum Spritzen und Gießen. Körperreiche Lacke dagegen wählen wir zum Streichen, Walzen und Tauchen. Passen Viskosität und Auftragsverfahren nicht zusammen, ergeben sich Lackierfehler. Bei der *Auftragsmenge* richten wir uns nach den Herstellerangaben. 100 g/m<sup>2</sup> entsprechen etwa einer Nassfilmdicke von 100 µm.

Das Angebot an Lacken ist sehr groß und erfüllt praktisch alle Anforderungen. Die für uns Wichtigsten zeigt Tabelle 9.6.

**Wasserlacke/Aqualacke (Wasserbasis-Lacke bzw. Lasuren).** Nach wissenschaftlichen Untersuchungen haben Lösemittel einen hohen Anteil an der Luftverschmutzung. Forschung und Entwicklung in der Lackindustrie werden daher stark beeinflusst durch Gesetze für den Umweltschutz. Außerdem spielen der Gesundheitsschutz

**Tabelle 9.6** Wichtige Lacke (E = Eigenschaften, ! = zu beachten, A = Auftrag, V = Verwendung)

Nitro(zellulose)lacke NC-Lacke (CN-Lacke)	<p>E körperarm (~ 25 % Filmbildner), schnelle physikalische Trocknung (staubtrocken ca. 10 min., Durchtrocknung einige Std.) wasser- und trinkalkoholbeständig, kratzfest, aber nicht wetterbeständig; meist seidenmatt bis matt, schlecht streichbar, da das Lösemittel den Grundierungsfilm stark anlöst und die Lösemittel schnell verdunsten Lagerung kühl mehrere Jahre</p> <p><b>!</b> <b>nicht mit anderen Bindemitteln mischen! feuergefährlich! Dämpfe schädlich!</b></p> <p>A spritzen, walzen, gießen und tauchen in 1 bis 3 Schichten</p> <p>V bevorzugter Lack für Möbel- und Innenausbau sowie dort, wo schnelle Trocknung bei geringerer Beanspruchung gewünscht wird</p>
Säurehärtende Lacke SH-Lacke	<p>E Ein- oder Zwei-Komponentenlacke (Mischung im vorgegebenen Verhältnis unmittelbar vor der Verarbeitung); körperreich (40 bis 45 % Filmbildner), durch chemische Reaktion härtend (staubtrocken 30 min., Durchtrocknung 1 bis 3 Tage bei mind. 18 °C und guter Durchlüftung) sehr füllig (halbgeschlossene Poren), hart, kratz- und abriebfest, nicht witterungsfest, Wasser-, verdünnte Säuren- und Laugenbeständigkeit Lagerung kühl</p> <p><b>!</b> <b>Beim Trocknen wird das stechend riechende Formaldehydgas frei und reizt bei ungenügender Absaugung die Schleimhäute!</b></p> <p>A spritzen, streichen (einige Sorten sind nicht tropfend), gießen in 2 bis 3 Schichten; Reste nach Eindicken nicht mehr verwendbar</p> <p>V Da der Härter aggressive Säuren enthält, dürfen die Werkstücke keine Metallteile (Beschläge) haben. Airlessgeräte und Gießmaschinen müssen aus säurebeständigem Material bestehen. Weil der Härter die Holzoberfläche beim Direktauftrag verfärbt, muss vorher grundiert werden. SH-Lacke enthalten Formaldehyd und setzen dieses Gas während der An- und Durchtrocknung frei. Im Handwerk ist daher der Einsatz nicht zu empfehlen.</p> <p><b>SH-Lacke entsprechen nicht mehr den gesetzlichen Bestimmungen und werden daher in Deutschland von den Herstellern nicht mehr angeboten</b></p>
Polyesterlacke UP-Lacke	<p>E aus Stammlack (Polyesterharze und Monostyrol) und Härter (Peroxide und Lösemittel), meist mit Paraffinzusatz; sehr körperreich (bis 96 % Filmbildner!), chemische Trocknung (Polymerisation); staubtrocken 20 min., Durchtrocknung 8 Std. bis 2 Tage) besonders füllig (porenschließend), glashart, außerordentlich beständig gegen Chemikalien, Wasser und mechanische Einflüsse, aber nicht wetterfest; unbrennbar; Nacharbeit erforderlich (Abschleifen der Wachsschicht und Polieren) Lagerung kühl etwa 6 Monate</p> <p><b>!</b> Der peroxidhaltige Härter ist explosiv und wirkt ätzend - Schutzbrille tragen! Das Lösemittel reizt die Schleimhäute!</p> <p>A spritzen oder gießen, schon bei einer Schicht große Schichtdicke; Holzfläche muss grundiert und absolut fettfrei sein (nur an den Kanten anfassen), Gelierphase genau einhalten</p> <p>V als Klarlack und Lackfarbe zum Beschichten von Holz, vorwiegend bei starker Beanspruchung (Hotel-, Kaufhaus- und Laboreinrichtungen) sowie im Schiff- und Möbelbau eingeschränkt durch Schwierigkeiten bei bestimmten exotischen Hölzern (Palisander, Teak, Kambala u.a.) durch erforderliche polyesterfeste Beizen und kurze Verarbeitungszeit (pot-life), außerdem wird porenschließender Überzug heute weniger gefragt</p>
Polyurethanlacke DD-Lacke	<p>E aus den beiden Komponenten Desmophen (als Stammlack) und Desmodur als Härter, Zwei-Komponenten-Lack (Mischung im vorgegebenen Verhältnis unmittelbar vor der Verarbeitung); körperreich (40 bis 50 % Filmbildner), chemisch härtend durch Polyaddition der Komponenten (staubtrocken 15 bis 30 min., Durchtrocknung ein bis mehrere Tage, durch Wärmeeinwirkung zu verkürzen) Lagerung kühl</p> <p>A spritzen oder streichen in 2 bis 3 Schichten; Reste nach Eindicken unbrauchbar</p> <p>V für besonders beanspruchte Objekte (z.B. Treppen, Parkettböden, Laboratorien, Gaststätten, Läden). Polyurethan-Klarlacke nicht für außen verwenden</p>
Wasserlacke	<p>Im Handel auch bekannt unter Hydro-Lacke und Aqua-Lacke. Der Anteil der organischen Löse- und Verdünnungsmittel liegt zwischen 3% und 10%. Wasserlacke werden daher als Schadstoffarm eingestuft. Das Bindemittel besteht aus Kunstharzen wie Alkyd-, Acrylat-, Polyurethan- und Polyesterharzen. Wasserlacke härten physikalisch aus. Die Holzfeuchte der zu bearbeitenden Materialien sollte max.14% betragen und die Umgebungstemperatur nicht unter ca. 18° C – 20° C liegen. Höhere Temperaturen von ca. 30° C – 40° C und Luft Bewegung wirken sich günstig aus. Die vorherrschende relative Luftfeuchte sollte 60% nicht übersteigen, da die Luft das verdunstende Wasser der Lacke nur schwer und nicht zügig aufnehmen kann. Die Verarbeitung kann durch Spritzen und Streichen erfolgen. Die Palette der heutigen Wasserlacke reicht von klar bis pigmentiert, für offen und geschlossenenporige Anwendungen. Unterschiedliche Buntlackeffekte von Sprengel bis Metallic sind möglich. Wasserlacke oder -schlämme sind trotz ihrer schadstoffarmen Einstufung als Sondermüll zu behandeln. Anwendung finden Wasserlacke beim Innenausbau, Treppen, Parkett, Möbelbau und Messebau.</p>

der Lackverarbeiter und die problematische Beseitigung von Lackresten eine große Rolle bei der Entwicklung wasserverdünnter Lacksysteme. Inzwischen haben die Wasserlacke einen erheblichen Stellenwert und stehen im Programm aller großen Lackhersteller. Wasserlacke werden auf Ein- oder Zwei-Komponenten-Basis angeboten. Sie bestehen aus wasserverdünnten Emulsionen (Alky-

den) oder Dispersionen (Acrylat, Polyurethan). Ihr Lösemittelzusatz beträgt weniger als 10 %, ihr Festkörpergehalt liegt bei 30 bis 35 %.

Um Lackierfehler zu vermeiden, müssen wir die Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der wichtigsten Lacke kennen und stets die Herstellerangaben befolgen.

### 9.3.2 Lackiertechniken

#### **Arbeitsauftrag Nr. 80 Lernfeld LF 4,5,11,12**

- Für die Kunstgalerie wurden inzwischen zwei Hängeschränken nachgebaut (vgl. Arbeitsauftrag Nr.68). Bei der Oberflächenbehandlung ist nur eine geringe Lackmenge verarbeitet worden. Für das Applikationsverfahren wurde die vorteilhafte Hochdruckspritztechnik gewählt.  
Ihr Mitauszubildender im 3. Ausbildungsjahr hat die nachfolgende Fachdokumentation über dieses Verfahren geschrieben.
- Lesen Sie den Bericht! Überprüfen und vervollständigen Sie die darin enthaltenen Aussagen mit Hilfe des Buchttextes über „Lackierverfahren“.

#### **Fachdokumentation zum Thema „Hochdruckspritzen“.**

*Für die Verarbeitung von kleinen Lackmengen ist als Applikationsverfahren das Hochdruckspritzen angesagt. Für eine glatte Oberfläche und einen gleichmäßigen Lackauftrag ist eine störungsfrei funktionierende Hochdruckspritzpistole von wesentlicher Bedeutung.*

*Bei diesem Verfahren wird mit einem Druck von drei bis sechs bar gearbeitet, wobei die Luftzufuhr stimmen muss. Ein Kompressor sollte die benötigte Luftmenge ohne Druckabfall liefern. Für den Schlauch wird ein Durchmesser von mindestens 9 mm empfohlen. Er sollte aus druckfestem, antistatischem und silikonfreiem Material bestehen. Ein eingebauter Filter hat die Aufgabe die zum Spritzen zu verwendende Luft von möglichen Öl- und Wasserpartikeln zu reinigen.*

*Spritzfehler können durch falschen Düsensatz und durch falsche Einstellung des Spritzendrucks nun leider immer noch entstehen. So wie bei meiner ersten Übung.*

*Der Spritzdruck war zu hoch ( ich hatte ordentlich Power gegeben...) den Lack hatte ich ordentlich verdünnt ( man will ja sparen...) somit war der Strahl in der Mitte gespalten.*

*Bei zu niedrigem Spritzdruck oder zu niedriger Viskosität wird der Materialauftrag in der Strahlmitte zu stark. Ich habe gelernt, dass die Viskosität auf den Druck abgestimmt werden bzw. in richtiger Relation stehen muss. Nach dem ich die Verarbeitungshinweise des Lackherstellers gelesen und bei der Verarbeitung berücksichtigt hatte, klappte es viel besser.*

*Sauberkeit ist natürlich die halbe Miete, da Verunreinigungen die Farb- oder Luftdüse verstopfen können. Dies führt zu einem ungleichmäßigen Spritzbild. Ein Fremdeilchen zwischen Farbnadel und Farbdüse kann dazu führen, dass die Pistole tropft. Ein Flatterstrahl ist die Folge davon, dass Düse oder Nadel nicht richtig angezogen wurden.*

*Die Pistolenführung ist entscheidend für eine qualitativ hochwertige Lackierung.*

*Logischerweise müssen die Spritzgänge überlappt ausgeführt werden um eine Streifenbildung zu vermeiden. Der Spritzabstand zum Werkstück sollte bei herkömmlichen Spritzpistolen 20cm betragen. Bei Nebel reduzierten Modellen sollte er etwas geringer sein um ein optimales Spritzbild zu erhalten. Die Pistole sollte immer parallel zum Lackierobjekt geführt werden.*

*Natürlich nicht die Atemschutzmaske vergessen.*

**Lackieren macht Spaß! Alexander Gehret**

- Skizzieren Sie den Aufbau einer Spritzpistole auf einem DIN A4 Blatt zur Ergänzung der Fachdokumentation.
- Die folgenden Fragen sollten Sie nach Bearbeitung dieses Arbeitsauftrages Beantworten können.
  1. Wozu grundiert man!
  2. Nennen Sie Grundierungen und ihre Eignung.
  3. Was versteht man unter Ballenmattierung?
  4. Erläutern Sie die Auftragsverfahren für Holzlacke.
  5. Welche Vor- und Nachteile hat die Spritzlackierung?
  6. Wie wirkt das Airless-Verfahren? Welche Vorteile bietet es?
  7. Wozu dienen Löse- und Verdünnungsmittel? Nennen Sie 5 Lösemittel und ihre Anwendungen.
  8. Was tun Sie, wenn der Spritzauftrag in der Mitte zu stark ist?
  9. Wie kann es beim Lackieren zu einer „Apfelsinenschalenhaut“ kommen?
  10. Wodurch entstehen beim Lackieren graue Flecken?
  11. Was ist beim Umgang mit Lacken und Beizen zu beachten, um Unfälle zu vermeiden?

Bei der Darstellung der Lackarten wurde verschiedentlich eine Grundierung als Voraussetzung für den Lacküberzug gefordert. Warum? Polyesterlacke verlangen eine Nachbehandlung durch Schleifen und Polieren. Gibt es noch andere Gründe für eine Nachbehandlung?

**Die Grundierung** bildet die Basis für die nachfolgende Lackierung bzw. den Lackaufbau. Nach Zwischenschliff und Entstauben sind die Voraussetzungen gegeben, dass die folgende Lackierung griffglatt aufrocknet. Manche Lacke sind gegen Inhaltsstoffe eines Holzes empfindlich (z.B. UP-Lacke). In diesem Fall kann über die Grundierung eine Isolierung der Schadstoffe erfolgen, ohne die Poren ganz zu sperren. Für dieses Isolieren verwendet man verdünnte DD-Lacke (Zwei-Komponenten-Basis).

**Anforderungen.** Ein Grundiermittel muss sich mit dem folgenden Lacküberzug „vertragen“. Gegen Holzinhaltstoffe soll es unempfindlich sein. Außerdem verlangen wir, dass es schnell trocknet, schleierfrei und lichtecht ist, sich gut schleifen lässt. Dünn, dennoch körperhaltig soll die Grundierung sein, um die Poren auszukleiden und die obere Holzschicht zu festigen. Bei allen diesen Eigenschaften bildet der dünne Grundfilm auch im festen Zustand keine widerstandsfähige Oberfläche, sondern verlangt stets einen Überzug. SH-Lacke setzen auch eine Grundierung voraus. Wenn NC-Hartgrund verwendet werden soll, sind die

Herstellervorschriften genau zu beachten. Auf NC-Basis sind Grundierungen im Handel

- als Einlassgrund mit guter Tiefenwirkung und Saugverringering,
- als Aufhellgrund, für Ahorn, Eiche hell und Esche mit Aufhellwirkung,
- als Haftgrund zur Verbesserung der Haftfähigkeit z.B. bei feinporigen Hölzern,
- als Haftgrund mit guter Verfestigung der oberen Zellschicht und mit füllkräftiger, guter Filmbildung,
- als Schnellschliffgrund, gut schleifbar und schnelltrocknend.

**Auftrag.** Je nach Holzart grundieren wir ein- oder zweimal in den üblichen Auftragsverfahren (s. Abschn. 9.3.3).

**Zwischenschliff.** Grundierte Flächen fühlen sich durch hochstehende Fasern etwas rau an. Deshalb schleifen wir die gut getrocknete Fläche mit 240er Körnung. Nach diesem Zwischenschliff wird die Oberfläche sorgfältig entstaubt und damit für den Lacküberzug vorbereitet.

**Grundieren – Zwischenschliff – Lackieren**

Grundiermittel bewirken eine gute Verbindung zwischen Untergrund und Anstrich. Gut grundiert ist halb lackiert!

**Mattieren.** Mattierungen sind schnell trocknende, unpigmentierte Präparate, vorwiegend



aus Nitrozellulose mit Hartharzen, Alkydharzen und Weichmachern. Der Festkörpergehalt liegt bei 25 % gegenüber 75 % flüchtigen Verdünnungsmitteln.

*Schellackmattierungen* bestehen aus Schellack und Lösemitteln (Alkoholen, vorwiegend Ethanol) unter Zusatz von Spindelöl.

Neben der üblichen Spritzmattierung wird vereinzelt noch die **Ballenmattierung** angewendet. Mit einem ballenförmigen zusammengelegten Trikotuch wird die Mattierung Strich an Strich mit leichtem Druck in Faserrichtung aufgetragen, bis die gewünschte Filmstärke erreicht ist.

**Polieren.** Zur Herstellung hochglänzender, geschlossener und ebener Oberflächen ist nach wie vor das Polieren erforderlich. Dabei spielt das Handpolieren mit Schellackpolituren nur noch in der Möbelrestauration eine Rolle. Sonst polieren wir im *Abbauverfahren*, bei dem aufgetragene Lacke durch Schleifen nachbearbeitet werden.

Beim **Nitropolierlack-Verfahren** (Spritzauftrag) arbeitet man mit Lacken und Polituren; erstere auf NC-Basis, letztere auf Schellack-Basis. Grobporige Hölzer bearbeiten wir dabei zuerst mit Porenfüllern, bevor wir die Fläche in mehreren Arbeitsgängen lackieren. Zwischen den Verfahren muss die zuerst aufgetragene Schicht vollständig durchhärten. Nach völliger Durchtrocknung wird trocken oder nass geschliffen. Zum Auspolieren der Fläche tragen wir Polituren mit dem Ballen auf, bis Hochglanz erzielt ist.

Beim **Schwabbel-Poliervorgang** wird die völlig durchgehärtete Lackschicht plan- und feinstgeschliffen und erst dann mit einer Schwabbel Scheibe auf hochglanz geschwabbelt (poliert). Dabei bewegen wir die rotierende Scheibe ohne Druck so lange, bis hochglanz entsteht.

**Lackieren** nennt man das Auftragen von Holzlacken. Es kann durch Auftrag mit dem Pinsel, durch Aufspritzen mit Spritzgeräten, durch Walzen, Gießen, Tauchen oder Fluten, unter bestimmten Voraussetzungen auch durch elektrostatisches Spritzen geschehen. Für die verschiedenen Auftragsverfahren (Applikationsverfahren) müssen die Lacke entsprechend eingestellt sein (Viskosität).

**Tabelle 9.7** Löse- und Verdünnungsmittel

Wasser	Wasserlacke
Testbenzin (Terpentin)	Kunsthharzlacke Urethan-Alkydharzlacke
Alkohole	Schellack-Mattierungen Schellack-Polituren Nitrozellulose-Kombinationslacke
Ester	Nitrozellulose-Kombinationslacke Acryl-DD-Lacke, DD-Lacke
Ketone	Nitrozellulose-Kombinationslacke Acryl-DD-Lacke, DD-Lacke
Toluol, Xylol (Aromate)	Kunsthharzlacke Nitrozellulose-Kombinationslacke Acryl-DD-Lacke, DD-Lacke Urethan-Alkydharzlacke
Glykolether	Wasserlacke Nitrozellulose-Kombinationslacke Acryl-DD-Lacke, DD-Lacke
Spezialbenzine	Nitrozellulose-Kombinationslacke

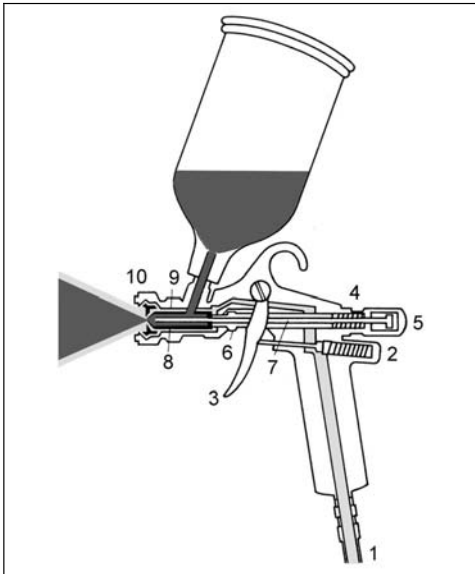
**Löse- und Verdünnungsmittel** tragen entscheidend zur Umweltbelastung bei. Ihr Einsatz muss daher drastisch verringert werden. Neuentwicklungen (s. Abschn. 9.3.1, Wasserlacke) und überlegter Einsatz können bei der Problemlösung helfen.

Löse- und Verdünnungsmittel machen Beschichtungsstoffe verarbeitungsfähig. Nach dem Auftrag der Beschichtung verdunsten sie je nach Flüssigkeit schnell, normal oder langsam (9.7).

Zum Anstrichstoff das richtige Verdünnungsmittel wählen, Herstellerangaben beachten. Nur die nötige Lösemittelmenge zusetzen. Ein „Zuviel“ oder „Zuwenig“ beeinflusst den Anstrichstoff nachteilig; fehlerhafte Oberflächen sind die Folge.

**Lösemittel sind feuergefährlich. Beachten Sie die Kennzeichnungsschilder (s. Abschn. 1.3) und das absolute Rauchverbot.**

**Lösemitteldämpfe sind gesundheitsschädlich. Schützen Sie sich dagegen.**



**Bild 9.8** Spritzpistole  
 1 Griff mit Zuleitung  
 2 Luftkolben mit Feder und Dichtungskappe  
 3 Abzugsbügel  
 4 Nockenstange mit Feder  
 5 Farbreguliermutter  
 6 Feststellmutter  
 7 Düsen- oder Farbnadel  
 8 Farbdüse  
 9 Luftdüsen mit Verschlusskappen  
 10 Strahlkopf

### 9.3.3 Lackierverfahren

**Durch Beschichten mit dem Pinsel** wird der Lack noch gelegentlich in kleinen bis mittleren Handwerksbetrieben aufgetragen. Dazu eignen sich Pinsel mit feinen, biegsamen Borsten. Die Größe richtet sich nach der zu lackierenden Fläche. Der Pinsel muss sauber sein und nach Gebrauch sorgfältig mit Lösemittel gereinigt werden.

**Der Auftrag mit der Spritzpistole** ist in der handwerklichen Fertigung das wichtigste Verfahren. Vorteile gegenüber dem Pinselauftrag: kürzere Arbeitszeit (Kostenfrage), höhere Oberflächenqualität, gleichmäßigerer Lackauftrag (durch Regulierung der Lackabgabe). Beim Spritzen wird der Lack zu feinsten

Tröpfchen zerstäubt, die auf der behandelten Oberfläche zu einem Lackfilm ineinanderfließen (9.8). *Nachteil:* 40 bis 50 % des Lackes gehen verloren. Die Spritzverfahren unterscheiden sich danach, ob und in welcher Weise Luft eingesetzt wird.

**Beim Niederdruckspritzen** wird nur mit einem geringen Betriebsdruck (bis 1,5 bar) gearbeitet. Die Luft wird über ein Gebläse erzeugt (Staubsaugerprinzip) und der Niederdruck-Spritzpistole zugeführt. Dieses Verfahren eignet sich z.B. für DD-Lacke. Im Niederdruck-Heißspritzverfahren wird das Spritzgut über ein elektrisches Heizgerät im Becher erhitzt.

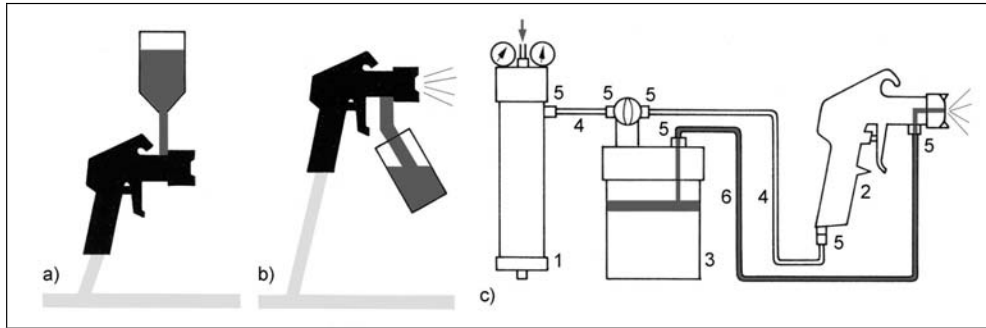
**Bei der HVLP-Niederdruck-Spritztechnik** handelt es sich um ein Verfahren mit reduzierter Farbnebelentwicklung, verringertem Lösungsmittelausstoß und damit verbesserter Umweltverträglichkeit sowie einer Materialübertragungsrate von mindestens 65 %. (Konventionelle Hochdruckpistolen liegen bei 35%!) Der Eingangsfließdruck wird durch ein entsprechendes System in ein hohes Luftvolumen umgewandelt (HVLP = High Volume Low Pressure = hohes Volumen niedriger Druck). Daneben lassen erhebliche Materialeinsparungen von 10 bis 30 % und geringerer Spritzabstand von ca. 13 bis 18 cm zum Objekt die HVLP oder auch NR-Technik (nebelreduziert) an Bedeutung gewinnen.

Beim Hochdruckspritzen, dem häufigsten Verfahren, wird die Zerstäubungsluft (Druckluft) mit einem Betriebsdruck von 3 bis 6 bar dem Spritzgut über die Luftdüse zugeführt.

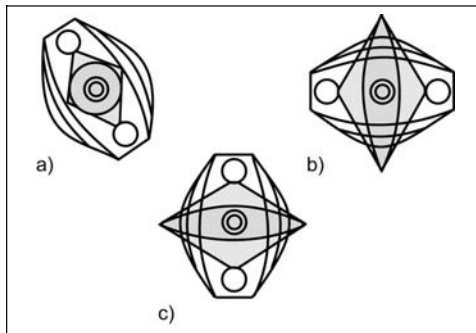
Beide Verfahren arbeiten nach dem Fließ-, Saug- und Drucksystem. Danach unterscheiden wir:

- Fließbecherpistolen zum Spritzen von liegenden und stehenden Werkstücken (9.9a),
- Saugbecherpistolen zum Spritzen von Innenflächen, Unterseiten und Fußstellen (9.9b),
- Druckkesselpistolen zum Spritzen großer Mengen (9.9c; rationeller lassen sich größere Lackmengen mit der Lackgießmaschine verarbeiten).

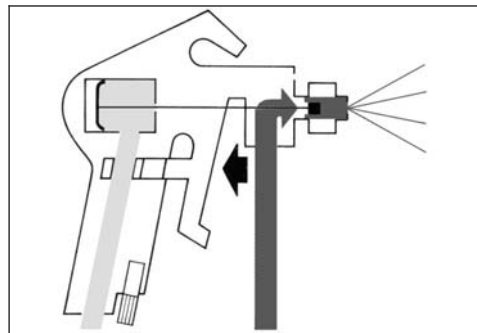
Bei allen Lackierpistolen hängen Strahlform und Qualität der Lackzerstäubung davon ab, dass Farbdüse, Farbnadel und Luftdüse übereinstimmen. Die Düsenweiten liegen je nach dem Spritzgut zwischen 0,8 und 3 mm. Die Strahlbreite lässt sich innerhalb der vorgewählten Luftdüseneinstellung stufenlos einstellen (9.10).



**Bild 9.9** Arbeitsweise der Spritzpistolen  
 a) Fließbecherpistole, b) Saugbecherpistole, c) Druckkesselpistole  
 1 Luftreiniger  
 2 Spritzpistole  
 3 Farbdruckgefäß  
 4 Druckluftschlauch  
 5 Schlauchkupplungen  
 6 Farbschlauch



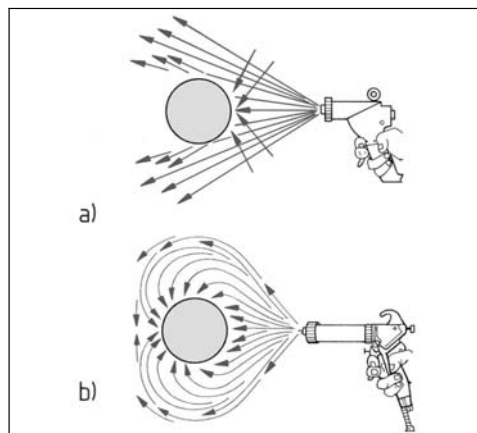
**Bild 9.10** Stellung des Strahlkopfs  
 a) beim Rundstrahl,  
 b) beim senkrechten Flachstrahl,  
 c) beim waagerechten Flachstrahl



**Bild 9.11** Airless-Spritzpistole



**Bild 9.12** Mischverfahren



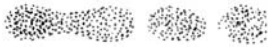




**Bild 9.13** Elektrostatisches Verfahren  
 a) normal, b) elektrostatisch

Moderne Spritzpistolen verfügen heute über eine im Pistolenkörper integrierte Bedieneinheit, die eine stufenlose Rund-/Breitstrahlregulierung ohne Lösen der Luftdüse ermöglicht. So kann der Spritzstrahl ohne Arbeitsunterbrechung mühelos an das zu lackierende Objekt angepasst werden.

**Beim Höchstdruckverfahren (Airless-Verfahren)** wird der Lack über eine Pumpe in ein hydraulisches System befördert und unter hohem Spritzdruck von 100 bis 250 bar erst beim Austritt aus der Düse luftlos (engl. = airless) zerstäubt (9.11). Die Nebelbildung ist hier erheblich vermindert, weil es keine Zerstäubungsluft gibt.

**Tabelle 9.14** Spritzstörungen

Störung	Ursache	Abhilfe
Pistole tropft	Farbnadel nicht angezogen Fremdkörper in der Farbdüse	festschrauben Farbdüse in Verdünnung reinigen oder austauschen
Farbe tritt an Farbnadel-Stopfbuchse aus	Stopfbuchse zu schwach angezogen Stopfbuchsenpackung defekt oder verloren	anziehen ersetzen
Luftkolben klemmt oder kommt nur langsam	Stopfbuchse zu stark angezogen oder Feder defekt	lösen bzw. ersetzen
Luft strömt am Luftkolben aus	verschlissene oder fehlende Packung Stopfbuchse zu schwach angezogen	ölen oder austauschen fest ziehen
Spritzbild sichelförmig 	Hornbohrung verstopft	in Verdünnung einweichen und mit Düsenreinigungsnadel reinigen
Strahl tropfenförmig oder oval 	Farbdüsenzäpfchen oder Luftkreis verschmutzt	Luftdüse um 180° drehen wenn Störung anhält, beide reinigen
Strahlspaltung (Schwalbenschwanz) 	zu hoher Zerstäubungsdruck nicht genügend Material zu dünnem Material	Zerstäubungsdruck verringern Düsenweite korrigieren Mengenregulierung zudrehen
Auftrag in der Mitte zu stark 	zu viel Material zu dick eingestelltes Material zu wenig Zerstäubungsdruck	Materialzufuhr verringern oder andere Düsenweite Material verdünnen Zerstäubungsdruck erhöhen
Strahl flattert 	nicht genügend Material im Behälter Farbdüse oder Stopfbuchse nicht angezogen Farbdüse verschmutzt oder beschädigt	Material nachfüllen Teile anziehen reinigen oder austauschen
Material sprudelt oder „kocht“ im Farbbecher	Zerstäubungsluft gelangt über Farbkanal in den Farbbecher Farbdüse oder -nadel nicht genügend angezogen Luftdüse nicht vollständig aufgeschraubt Luftkreis verstopft oder Sitz defekt	Teile anziehen Teile reinigen oder ersetzen

**Beim Mischverfahren** kombiniert man die Hochdruck-Spritztechnik mit dem Höchstdruckverfahren. Das Spritzgut wird einem Materialdruck von 40 bis 50 bar ausgesetzt und nach dem Airlessprinzip an der Spritzpistole vorzerstäubt (9.12). Über spezielle Hornbohrungen trifft Zerstäubungsluft von 1 bis 1,5 bar an der Luftklappe auf den vorzerstäubten Airless-Spritzstrahl, der dadurch feinst zerstäubt. Durch die geringen Luftverbrauchswerte (40 bis 60 l/min) entsteht keine zusätzliche Nebelbildung (umweltfreundlich).

**Beim elektrostatischen Verfahren** werden die Lackteilchen nach dem Verlassen der Pistole elektrisch aufgeladen und gelangen durch ein elektrisches Feld (Kraftfeld) zum geerdeten Werkstück (9.13). Dieses Verfahren wendet man vorwiegend bei Metall-Lackierungen an. Um bei Holz ein entsprechendes Kraftfeld aufbauen zu können, ist eine Holzfeuchte von 8 bis 10 % erforderlich. Der Lackauftrag ist auf allen Seiten gleichmäßig dick.

**Nach dem Spritzen** muss die Pistole gereinigt werden. Wir spülen sie mit Verdünnung durch und reinigen die Luftdüse mit einem Pinsel, einer Bürste oder Reinigungsnadel. Niemals die ganze Spritzpistole in Verdünnung legen, weil dadurch die Dichtungen zerstört werden!

**Spritzstörungen** entstehen durch Farbreste, defekte Dichtungen oder beschädigte Bohrungen (9.14).

**Spritztechnik.** Beim Spritzen ist stets auf den richtigen Abstand zwischen der Spritzpistole und dem Werkstück zu achten (20 bis 25 cm). Ist der *Abstand* zu gering, kommt es infolge zu

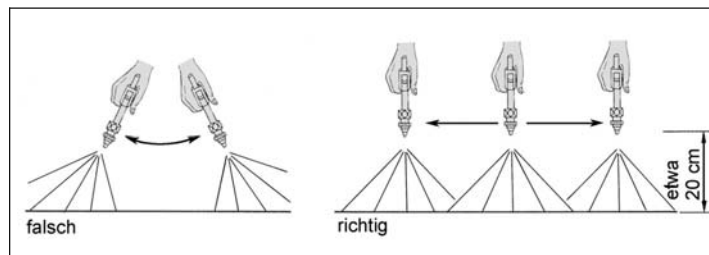
großer Materialmenge häufig zum Lacklauf. Ist der Abstand zu groß, kann das Lackmaterial schon etwas vortrocknen, starke Spritznebel entstehen und die Oberfläche wird durch schlecht verlaufenden Lack rau und glanzlos.

Um eine *gleichmäßige Schichtstärke* zu erzielen, führen wir die Lackpistole parallel zum Werkstück niemals bogenförmig (9.15). Dabei wird der Lack im *Kreuzgang* aufgetragen (9.16). Das gleichmäßige Hin- und Herführen der Pistole und ein sich überschneidender Lackstrahl sind sehr wichtig. Begonnen wird bei waagerechten Flächen mit dem ersten Spritzgang an der vorderen Fläche außerhalb des Plattenrands, bei senkrechten Flächen am oberen Plattenrand.

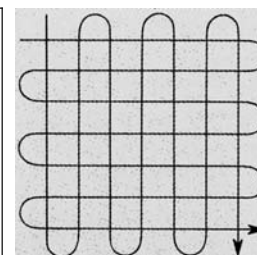
**Spritzpistole niemals gegen Personen richten! Lösemittel führen zu Verätzungen! An Kesselpistolen nicht unter anstehendem Materialdruck montieren!**

**Die Druckluftanlage (Kompressor)** ist heute in jedem Handwerks- und Industriebetrieb zu finden (s. Abschn. 5.2.9). Bei den mit Kompressor betriebenen *Spritzständen* unterscheiden wir nach der Lacknebelabscheidung Trocken- und Nassspritzstände.

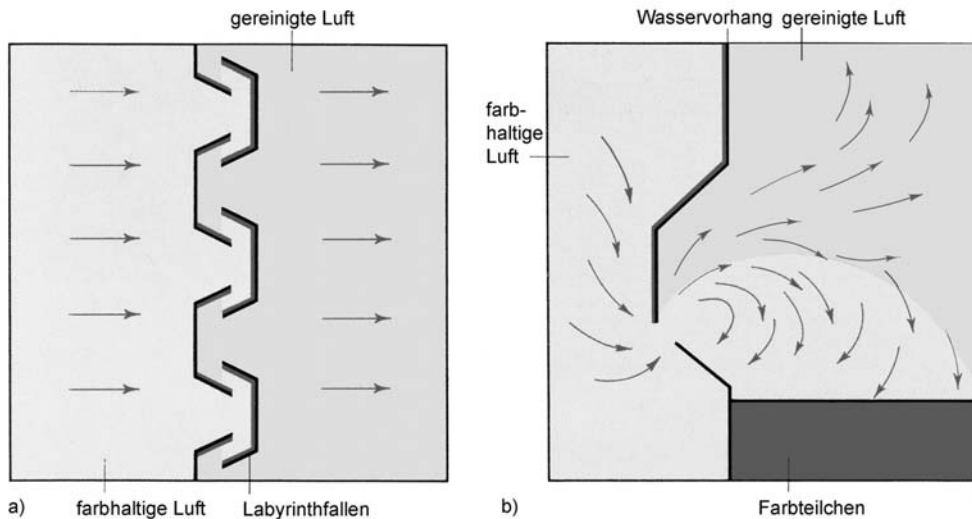
Bei der *Trockenabscheidung* wird der Lacknebel mittels Ventilator durch schmale Spalten (Labyrinth) in der Blechkonstruktion geblasen (9.17a). Die Lackteilchen bleiben dabei in den Wegwerf-Trockenfiltern (Glasfasermatten) hängen, die gereinigte Luft wird aus der Kabine abgesaugt. In der Regel sind die Arbeitsflächen 2 bis 3 m breit und 2 m hoch.



**Bild 9.15** Haltung und Abstand der Spritzpistole



**Bild 9.16** Kreuzgang-Spritzauftrag



**Bild 9.17** Spritzkabine  
 a) Trockenabscheidung, b) Nassabscheidung

Wesentlich wirkungsvoller ist die *Nassabscheidung*. Hier erlauben wasserberieselte Spritzwände mit Wasserwanne die intensive Lacknebel-Auswaschung durch Prallbleche und Wirbelwäscher (9.17b).

**Tabelle 9.18** Lackierfehler

Fehler	Ursache
Luftblasen	zu dicker Lack, zu hoher Spritzdruck oder zu feuchtes Holz (9.19), zu großer Temperaturunterschied zwischen Werkstück, Lack und Raum
Apfelsinenschalenhaut (Orangenhaut)	zu dicker Lackauftrag (Lack verläuft nicht), falsch eingestellter Spritzdruck
graue Flecken (Anlaufen)	Reste von Porenfüllern, Trockenzeiten zwischen einzelnen Arbeitsgängen nicht eingehalten, Lackauftrag in zu feuchten oder zu kalten Räumen, Lack zu stark verdünnt, zu geringe Schichtdicke, falsche Lösemittel verwendet, Erzeugnisse verschiedener Hersteller verarbeitet

Vornehmlich wird der maschinelle Lackauftrag in der industriellen Möbelfertigung (Serienfertigung) genutzt. *Gieß- und Walzmaschinen* setzt man dabei für ebene, flache Werkstücke ein. *Spritzmaschinen* eignen sich auch zum Lackieren von profilierten oder anderen unebenen Teilen. Alle Maschinenverfahren sind rationell und tragen den Lack bei geringstem Verlust gleichmäßig auf.

**Holzfußböden** werden meist *versiegelt*. Der Lack füllt die Poren des Untergrunds und bildet auf der Oberfläche einen widerstandsfähigen Film. Dabei bleibt die Holzstruktur erhalten, die Pflege ist einfach, die Lebensdauer des Holzfußbodens wird erhöht. Versiegelungen können wir nur auf trockenes, sauber und planeben geschliffenes Holz auftragen (s. Abschn. 9.3.4).

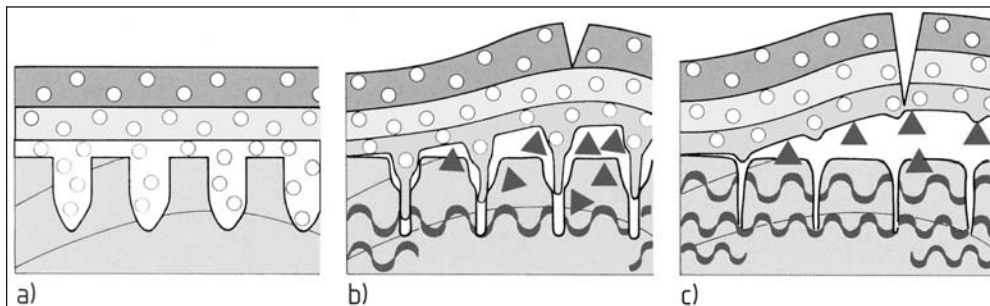
Lackschäden und Anstrichfehler zeigt Tabelle 9.18.

**Unfallgefahren und -Verhütung.** Wir wissen, dass Lacke und Beizen Lösemittel enthalten, dass Säuren, Laugen und Holzstäube ebenfalls die Gesundheit gefährden. Deshalb prägen wir uns ein:

**Unfallverhütungsregeln**

- Beim Umgang mit Säuren, Laugen, Wasserstoffperoxid und Härtern Gummihandschuhe, Schutzbrille und Schürze tragen!
  - Bei Augenverletzungen oder Hautverätzungen sofort mit viel Wasser spülen und unbedingt einen Arzt aufsuchen!
  - Das Tragen von Atemschutz-Sets ist bei Lackier- und Schleifarbeiten eine zwingende Notwendigkeit. So schützt sich der Lackierer mit der Schutzfunktion vor Staubpartikeln, organischen Lösemitteln und Isocyanaten, die zu schwerwiegenden Gesundheitsbeeinträchtigungen mit Spätfolgen führen können.
- Stets für gute Be- und Entlüftung sorgen, um einer Explosionsgefahr vorzubeugen!
  - Am Arbeitsplatz nicht rauchen, essen oder trinken!
  - Lackabfälle und gebrauchte Lappen in verschließbaren Behältern aufbewahren und ordnungsgemäß entsorgen (Entzündungsgefahr)
  - Pistole wegen elektrostatischer Aufladung erden.

9



**Bild 9.19** Beschichtung a) bei trockenem, b) bei feuchtem, c) bei nassem Anstrichgrund

### 9.3.4 Glaslacke

**Arbeitsauftrag Nr. 81 Lernfeld LF 5,12**

Entwerfen Sie eine Glasfüllung für die Eingangstür Ihrer Ausbildungswerkstatt. Verwenden Sie ein DIN A2 Blatt. Schreiben Sie einen praxisnahen Arbeitsablaufplan.

**Praxistipp** für die Anwendung von Wasserlacken auf Glas zur Gestaltung von Glasfüllungen. Um eine haltbare Oberflächengestaltung auf Glas mit Lacken zu erreichen ist das Einhalten einer bestimmten Arbeitsfolge notwendig. (9.20)

#### **Schritt 1:**

Die Glasplatte wird gereinigt und entfettet. Da die Fläche anschließend völlig frei von Fasern und Staubpartikeln sein muss, sollte ein fusenfreies Reinigungstuch verwendet werden.

#### **Schritt 2:**

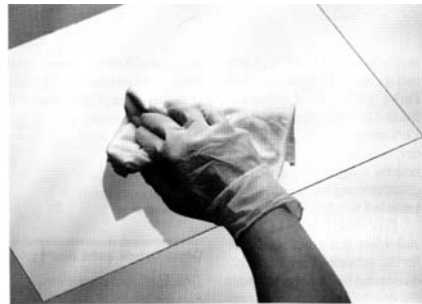
Die nicht zu lackierenden Flächen, d.h. die Flächen die hervorgehoben werden sollen (Schriftzüge etc.), werden mit einer Spezialfolie, die sich nicht durch im Lack enthaltene Lösungsmittel auflöst, abgeklebt. Zur Vermeidung von Spritznebelunterschlag sollte auch die Glasrückenseite abgeklebt werden.

#### **Schritt 3:**

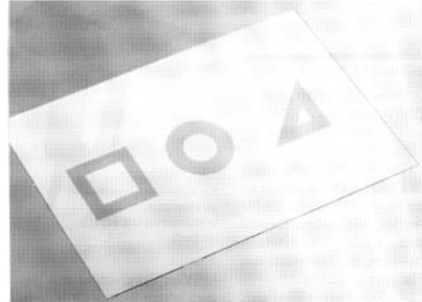
Der Glaslack wird gleichmäßig mittels Spritzpistole aufgetragen. Unterschiedliche Schichtstärken haben unterschiedliche Transparenzen zur Folge.

#### **Schritt 4:**

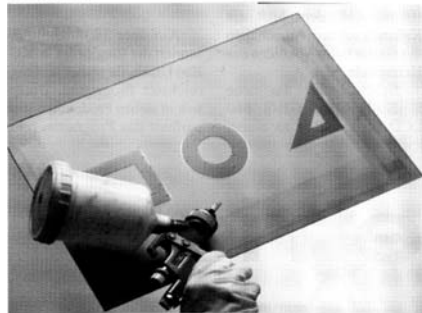
Nach der vollständigen Trocknung des Lackes werden die Folien vorsichtig entfernt. Die Wahl des richtigen Zeitpunktes entscheidet über die Qualität der Arbeit. Bei zu frühem Entfernen der Folien kann der Glaslack evtl. noch nachfließen. Bei zu spätem Entfernen brechen die Übergänge evtl. aus, da sich die Folie nur noch schwer abziehen lässt. Der Optimale Zeitpunkt für das Entfernen der Folie ist abhängig von der Menge des Lackauftrags, Lacktyp sowie Temperatur und Luftzirkulation im Raum. Hier sind die Lackherstellereangaben in die Erfahrungswerte mit einzubeziehen.



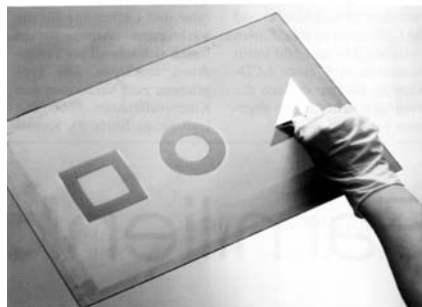
**Schritt 1**



**Schritt 2**



**Schritt 3**



**Schritt 4**

**Bild 9.20** Wasserlacke auf Glas-Arbeitsschritte



### 9.3.5 Natürliche Mittel zur Oberflächenbehandlung

#### Arbeitsauftrag Nr. 82 Lernfeld LF 4,5,11,12

- Die Verwendung natürlicher Oberflächenmittel nimmt durch das wachsende Umweltbewusstsein zu. Erarbeiten Sie den nachfolgenden Text indem Sie fünf Fragen entwickeln. Die Auswertung sollte in einer Abfrage- und Antwortrunde erfolgen.
- *Zum Verlauf:*  
Der Lehrer bestimmt, wer mit der ersten Frage beginnt. Dieser sucht sich den Mitschüler aus, der die Frage beantworten soll. Bei richtiger Antwort darf der Schüler die nächste Frage stellen usw. Wird die Frage jedoch falsch beantwortet, muss der Fragesteller einen anderen Schüler mit der Beantwortung der Frage beauftragen.

Im Mittelpunkt aller baubiologischen Überlegungen stehen die Wohnumwelt und der darin lebende Mensch. Die öffentlichen Auseinandersetzungen über das Gas Formaldehyd in Holzwerkstoffen, Pentachlorphenol (PCP) und Lindan (HCH) in sogenannten Holzschutzmitteln, das Waldsterben, der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Belastung in der Atmosphäre, die Entsorgungsproblematik chemisch-synthetischer Stoffe, die Zunahme der allergischen Erkrankungen und vieles andere mehr, haben u.a. die Forderung nach einem stärkeren Einsatz von Naturerzeugnissen im Wohnbereich zur Folge. Uns geht diese Forderung nach Naturprodukten im Bereich der Holzbe- und Verarbeitung in besonderer Weise an. Schließlich ist unser Werkstoff Holz ein idealer, umweltfreundlicher Baustoff. Wie können wir dieses giftfreie, schöne Material „biologisch“ veredeln und erhalten? Dazu gibt es z.B. natürliche Harze und Wachse. Ihre Verarbeitung ist einfach und im Allgemeinen für Gesundheit und Umwelt unproblematisch. Aber auch natürliche Mittel enthalten Gifte, die bei unsachgemäßer Anwendung Gesundheitsrisiken in sich bergen. So sind in jedem Fall die Angaben der Hersteller genau zu beachten. Zur Herstellung der Produkte werden fast ausschließlich Substanzen aus der Pflanze verwendet. Natürliche Bindemittel sind Öle, Harze, Gummi, Wachse und Casein.

**Leinöl** ist dabei der wichtigste Grundstoff der Pflanzenchemie. Als Grundieröl für Lacke und Lasuren bildet es den Untergrund, der den anschließenden Oberflächenfilm fest verankert. Der Gehalt an Leinöl bewirkt außerdem die Elastizität des Anstrichfilms bzw. die hohe Wasserdampfdurchlässigkeit der Lasuren.

**Harze** sind pflanzlichen Ursprungs (Baumharze wie Lärchenharz, Kolophonium u.a.) oder tierischen Ursprungs (Schellack oder Propolis).

**Natur-Latex** = Naturkautschukmilch verleiht Anstrichmitteln und Klebern einen elastischen, wasserabweisenden, aber luftdurchlässigen Film.

**Pflanzenwachse** dienen als Bindemittel bei Polituren und Pflegemitteln. *Carnaubawachs* ist mechanisch hoch belastbar und wird wegen des hohen Härungsvermögens z.B. weichen Wachsen und Polituren zugesetzt. Fußbodenwachse erhalten so ihre Trittfestigkeit.

**Mit Bienenwachs** pflegt und veredelt man Oberflächen im Innenbereich. Das wohlriechende Wachs wird von den Bienen durch ihre Bauchdrüsen ausgeschieden und zum Bau der Waben benutzt.

**Casein** ist der wichtigste Eiweißbestandteil der Milch und dient als Bindemittel für Anstrichstoffe im Innenbereich. Durch Zusatz von Kalkmilch erhält man wetterfeste Kalkcasein-farben für den Außenbereich.

**Lösemittel** bestimmen die Konsistenz oder Viskosität von Farben und Lacken. In der Pflanzenchemie werden Wasser, Alkohol, ätherische Öle und Isoaliphate als Verdünnungsmittel eingesetzt.

Viele der Naturprodukte erfüllen die Anforderungen der folgenden Prüfnormen :

- DIN 53160 Speichel- und schweißecht/ für Kinderspielzeug geeignet
- EN 71-3 frei von löslichen Schwermetallen/für Kinderspielzeug geeignet

## 10 Innenausbau und Außenbau

### 10.1 Maßordnung im Hochbau

#### Arbeitsauftrag Nr. 83 Lernfeld LF 7,9

- Die Fertigung und Einbau von Fenstern und Türen setzt elementare Kenntnisse über das Maßnehmen am Bau voraus. Hierbei sind insbesondere die Rohbau-Richtmaße (RR) und die Nennmaße (Baulichtmaße) von Bedeutung.

Als Übung und Verdeutlichung dieser Maße bauen/gestalten Sie in Gruppen jeweils ein Anschauungsmodell/Plakat für die drei verschiedenen Anschlagarten (Horizontalschnitt).

Gestalten Sie Ihre Arbeiten farbig. Nutzen Sie Pappe, Papier Styropor und Holz.

Das Öffnungsmaß/Innenmaß muss ebenso wie die Anzahl der Steine und Fugen innerhalb der Maueröffnung deutlich werden.

Die lichte Breite ist mit 1,25 m zu bemessen.

- Beantworten Sie die nachfolgenden Fragen und vervollständigen Sie Ihren Fragenkatalog.

1. Was regelt die **VOB**?
2. Was legt die Maßordnung im Hochbau fest?
3. Erläutern Sie Begriff und Bedeutung des Achtelmeters.
4. Welche Möglichkeiten sind bei Nennmaßen zu unterscheiden?
5. Von wo aus wird die Nennmaßhöhe gemessen?

- Errechnen Sie die Blendrahmen und Flügelmaße für ein IV 68 Fenster.

Die Maueröffnung hat einen Innenanschlag. Die Baulichtmaße betragen in der Breite 1750 mm und in der Höhe 1375 mm. Erstellen Sie eine Holzliste für fünf Fenster aus Kiefer.

Der Tischler fertigt nicht nur Möbel an, sondern arbeitet am Innenausbau und Außenbau eines Gebäudes mit.

Zum *Innenausbau* gehören: Wand- und Deckenverkleidungen, leichte Trennwände, Einbaumöbel, Innentüren, Treppen.

Dem *Außenbau* (Bautischlerarbeiten) ordnet man zu: Fenster, Außentüren.

Die Errichtung eines Gebäudes erfordert die sinnvolle Zusammenarbeit verschiedener Berufsgruppen. Um einen problemlosen Arbeitsablauf zu gewährleisten, sind alle an bestimmte Vorschriften, Normen und Bedingungen gebunden. Die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) als verbindliches Gesetzeswerk für alle am Bau Beteiligten regelt diese Zusammenarbeit. Sie ist Grundlage für Angebot, Ausführung und Abrechnung von Bauleistungen. Damit sie jedoch wirksam wird, muss im Vertrag auf die Geltung der VOB verwiesen werden. Die VOB enthält drei Teile:

- **Teil A:** Allgemeine Bestimmungen über die Vergabe von Bauleistungen (DIN 1960)
- **Teil B:** Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (DIN 1961)
- **Teil C:** Allgemeine Technische Vorschriften für die Bauleistungen

Wichtig für die Holzverarbeitenden Berufe sind:

DIN 18355 Tischlerarbeiten  
DIN 18361 Verglasungsarbeiten  
DIN 18357 Beschlagarbeiten

Die Normen der VOB regeln die Zusammenarbeit der verschiedenen Berufe am Bau. Sie legen die Mindestanforderungen an Bauleistungen und einzelne Arbeiten fest. Um wirksam zu werden, muss auf die Geltung der VOB im Vertrag hingewiesen werden.

Früher genügten für das Bauen und Ausbauen eines Hauses wenige Grundregeln, viel Zeit und handwerkliches Können. Heute muss ein Bau in wenigen Wochen oder Monaten bezugsfertig errichtet sein. Jede Stunde zählt und schlägt sich im Baupreis nieder. Nur rationelles, genormtes Bauen macht es möglich, Bauteile in kürzester Zeit bereitzustellen oder auszuwechseln und stets passend einzubauen.

**Die Maßordnung im Hochbau (DIN 4172)** schafft die Voraussetzungen dafür. Sie bildet die Grundlage für die Abmessung von Gebäuden, Bauteilen und Bausteinen. Durch die Verbindlichkeit der Norm für das Baugewerbe ergeben sich Zeit- und Kosteneinsparungen sowie rationelles Bauen. Die Standardsteinformate sind festgelegt, für die genormten Öffnungsmaße können Fenster, Türen und andere Bauelemente vorgefertigt und in Großserie preisgünstig hergestellt werden.

Grundlage der Maßordnung ist der achte Teil eines Meters, das *Achtelmeter* (am) mit 12,5 cm. Alle weiteren Maße ergeben sich als Vielfache oder Teile von 12,5 cm. Zu unterscheiden sind Rohbau-Richtmaße und Nennmaße.

**Rohbau-Richtmaße (RR)**, auch Baurichtmaße genannt, sind Ausgangspunkt für alle Rohbau- und Ausbaumaße. Sie betragen ein Vielfaches von 12,5 cm (am). Die Breite eines Mauersteins (Normalformat) mit Fuge stimmt damit überein. RR werden zur Vereinfachung und Übersichtlichkeit besonders für vorgefertigte Bauelemente durch Kennziffern angegeben (z.B. 15/12). Multipliziert man die Kennziffern mit 125 mm, erhält man das Rohbau-richtmaß der Öffnung. Nach DIN 18050 und 18100 gibt man bei den Abmessungen zuerst die Breite, dann die Höhe an.

#### Beispiel

in der Breite	$15 \times 125 \text{ mm} = 1875 \text{ mm}$
in der Höhe	$12 \times 125 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$

**Nennmaße**, auch Baulichtmaße genannt, sind die tatsächlich vorhandenen Maße am Bau. Im Mauerwerksbau ergeben sie sich aus den RR ab- oder zuzüglich der Mörtelfuge. Die Dicke der Stoßfuge wird mit 1 cm angenommen. Die Nennmaße sind in Bauplänen und Zeichnungen eingetragen.

Bei Bauten ohne Mörtelfuge (z.B. Betonbauten) entsprechen die Nennmaße den RR.

**Höhenmaße.** Für uns ist wichtig, dass die Höhe des Nennmaßes immer von der Oberkante des Fertigfußbodens (OFF) aus gemessen wird. Bei den Maueröffnungen für Fenster erhalten wir so die Brüstungshöhe und das *lichte* Maß. Wenn wir ein Türfutter einbauen, müssen wir uns nach dem Meterriss richten, weil meist noch kein Fußboden eingebaut ist (10.1). Der *Meterriss* kennzeichnet die vorgesehene Oberkante des fertigen Fußbodens. Der Maurer oder Bauführer (Polier) bringt diese Markierung in jedem Stockwerk an.

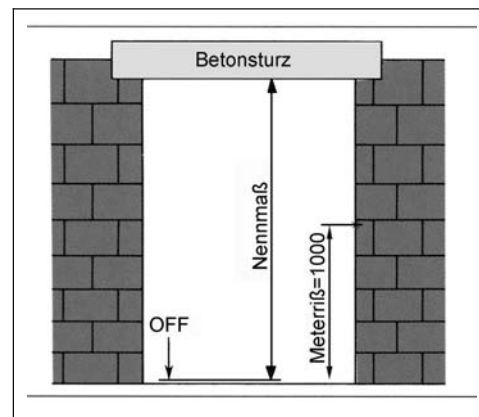


Bild 10.1 Meterriss

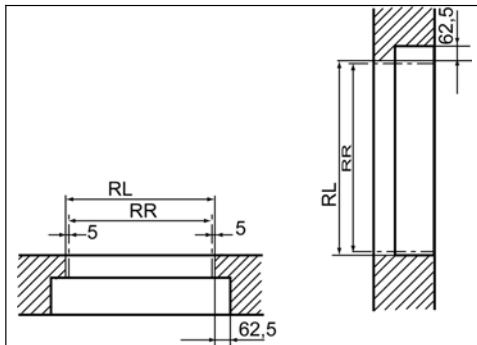
#### Die Maßordnung im Hochbau DIN 4172 ist Baugrundlage.

Baurichtmaße für den Rohbau werden durch das Achtelmeter bestimmt. Nennmaße sind die tatsächlichen Maße und Abmessungen am Rohbau.

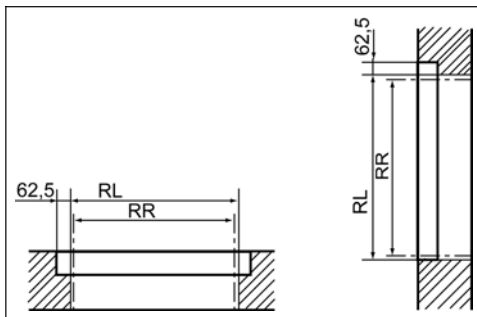
Zur Ermittlung der Rahmenseitenmaße (RAM) muss die jeweilige Anschlagart festgelegt sein.

#### Es wird in drei Anschlagarten unterschieden.

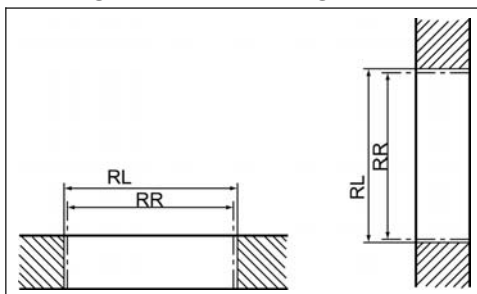
- Anschlagart 1 (Innenanschlag)
- Anschlagart 2 (Außenanschlag)
- Anschlagart 3 (Ohne Anschlag)

**Anschlagart 1 (Innenansschlag)**

Diese Anschlagart bietet Platz für den Einbau von Rollläden und guten Schutz des Blendrahmens. Die Anschlussfuge ist nicht direkt der Witterung ausgesetzt. Für den Einbau des Fensters ist keine Rüstung erforderlich.

**Anschlagart 2 (Außenschlag)**

Hier ist ein breiter Blendrahmen notwendig um das Fenster problemlos nach innen öffnen zu können. Der Blendrahmen und die Anschlussfugen sind direkt der Witterung und UV-Strahlung ausgesetzt. Ein Gerüst wird für den Einbau nicht benötigt.

**Anschlagart 3 (ohne Anschlag)**

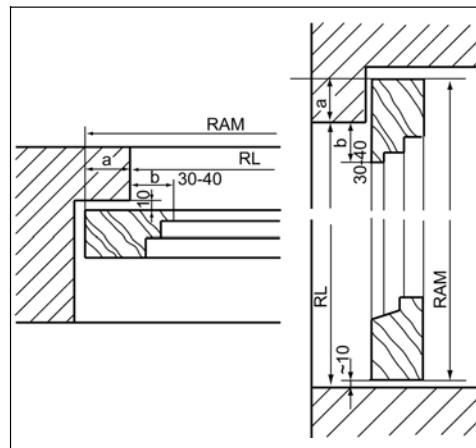
Diese Anschlagart spart viel Maurerarbeit.

Der Blendrahmen und die Anschlussfugen sind direkt der Witterung ausgesetzt.

**Die Rahmenseitenmaße (RAM)** der Blendrahmen werden aus den Rohbaurichtmaßen (RR) ermittelt.

Für die Anschlagarten 1 und 2 werden die Breitenmaße mit dem Rahmenüberdeckmaß  $a$ , nach DIN 18051 mit dem Mindestmaß 37,5 mm errechnet. Die Breitenmaße werden um  $2 \times 37,5 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$  und die Höhenmaße um  $37,5 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$  erhöht.

In der heutigen Fensterbaupraxis wird mit einem Rahmenüberdeckmaß  $a$  von 40 – 50 mm gerechnet. Die Rohbaulichtmaße (RL) ergeben sich aus den Rohbaurichtmaßen (RR) und jeweils 2 halbe Fugenbreiten ( $2 \times 5 \text{ mm}$ ) (10.2).



**Bild 10.2** Rahmenmaße (RAM), Rohbaurichtmaße (RR), Rahmenüberdeckmaß  $a$ , Rohbaulichmaß (RL)

**Beispiel:****Rohbaurichtmaß (RR) - Kennnummer 15/12**

RR in der Breite =  $15 \times 125 \text{ mm} = 1875 \text{ mm}$   
 RR in der Höhe =  $12 \times 125 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$

**Daraus ergeben sich die Rohbaulichmaße (RL)**

RL in der Breite =  $1875 \text{ mm} + 2 \times 5 \text{ mm}$   
 ( $2 \times$  halbe Fuge) =  $1885 \text{ mm}$   
 RL in der Höhe =  $1500 \text{ mm} + 2 \times 5 \text{ mm}$   
 =  $1510 \text{ mm}$

**Das Rahmendeckübermaß a wird hier mit 40 mm angenommen!**

Es werden die Rahmenaußenmaße (RAM) ermittelt

RAM in der Breite =  $1885 \text{ mm} + 2 \times 40 \text{ mm}$   
 =  $1965 \text{ mm}$   
 RAM in der Höhe =  $1510 \text{ mm} + 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm}$   
 (Montageluft)  
 =  $1540 \text{ mm}$

**Stand der Technik**

Vom Gesetzgeber wird eine fachgerechte Abdichtung der Anschlussfugen durch Architekten/Planer Verarbeiter/Tischler und Bauherren gefordert. Dies bedeutet, dass eine dauerhaft schlagregendichte und luftdichte Abdichtung entsprechend der DIN 4108-7 der VOB und der Energieeinsparverordnung (EnEV) erfolgen muss.

Die fachgerechte Abdichtung hat drei Dichtungsebenen. Die Wetterschutzebene wird als **äußere Abdichtung** dauerhaft schlagregen-

dicht und trotzdem dampfdiffusionsoffen ausgeführt. Die **innere Abdichtung** dient der Trennung von Raum- und Außenklima. Sie muss luftdicht und dampfdiffusionsdichter als die äußere Abdichtung sein. Der **mittlere Funktionsbereich** befindet sich zwischen Fensterrahmen und Anschlussmaterial. Er muss mit wärmedämmendem Material vollständig ausgefüllt werden. Es kann die Regel „innen dichter als außen“ abgeleitet werden.

Eine Abdichtung, die dem Stand der Technik entspricht sollte die folgenden wichtigen Normen erfüllen:

- **Dampfdiffusionswerte nach DIN E 4108-3**
- **schlagregendicht nach DIN EN 1027/DIN 18542**
- **luftdicht nach DIN 4108-7 DIN EN 1026**
- **schalldämmend nach DIN EN 20140-3**
- **Tischlerarbeiten nach VOB DIN 1835**

Die fachgerechte Ausführung und Einhaltung der gesetzlichen Normen dient dem Handwerker als rechtliche Sicherheit, da er in der Gewährleistungspflicht steht.

**10.2 Wärme-, Schall- und Brandschutz****10.2.1 Wärme, Temperatur und Wärmeausdehnung****Arbeitsauftrag Nr. 84 Lernfeld LF 7,8**

- Ihr Berufsschullehrer bittet Sie einen Vortrag zum Thema „Wärme, Temperatur und Wärmeausdehnung“ zu halten. Der Vortrag ist so zu gestalten, dass er auch für das Berichtsheft genutzt werden kann.

Die Begriffe *Wärmedurchlasszahl oder- koeffizient, Wärmeübergang und Wärmedurchgang* sind jeweils als Skizze darzustellen und können im Vortrag mittels OH-Folie oder Power Point präsentiert werden.

- Zur Vorbereitung der näher rückenden Abschlussprüfung vervollständigen Sie bitte Ihren Lernkarteiordner mit den nachfolgenden Fragen. Die Antworten entnehmen Sie dem entsprechenden Buchtext.
  1. Wie wirkt sich die Wärmeausdehnung im Holzbau und im Zusammenbau von Holz mit Metall aus?
  2. Was versteht man unter der Anomalie des Wassers?

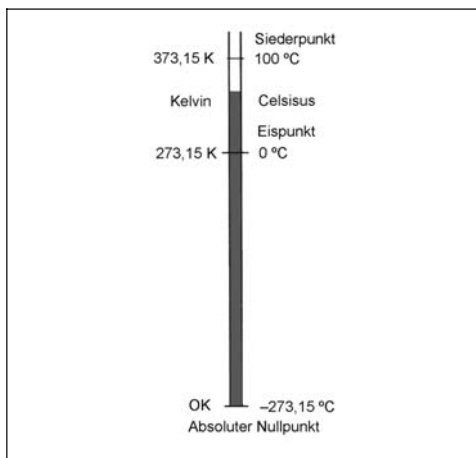
3. Was bedeutet maximale Luftfeuchte?
4. Auf welche drei Arten wird Wärme übertragen?
5. Erläutern Sie das Prinzip der Wärmeströmung.
6. Was drückt die Wärmeleitzahl aus?
7. Zwei Werkstoffe haben die Wärmeleitzahl 0,8 bzw. 3,75. Welcher Stoff dämmt die Wärme besser, welcher leitet sie besser?
8. Welches Verhältnis gibt der Wärmedurchlasskoeffizient an?

**Wärmequellen.** Wärme erhalten wir auf natürliche Weise, durch mechanische Arbeit oder chemische Reaktion. Der natürliche Wärmesender ist die Sonne, ohne die kein Leben auf unserer Erde möglich wäre. Durch Reibung oder Elektrizität wird ebenfalls Wärme frei (z.B. Heizstrahler). Schließlich wärmen wir die Wohnung auf chemischem Weg durch Verbrennen von Brennstoffen. Wärme wird also durch Umwandlung von Energien frei und ist damit selbst eine Energieform. Ursache ist die Bewegung der Moleküle.

**Temperatur und Thermometer.** Der Wärmezustand eines Körpers heißt Temperatur. Unsere Empfindung für Temperatur ist subjektiv, wie der Versuch gezeigt hat. Um die Temperatur objektiv festzustellen, brauchen wir ein Messgerät, ein Thermometer (griech. *thermos* = warm, *metron* = Maß). Die meisten Thermometer enthalten Quecksilber oder Alkohol, die erst bei großer Kälte erstarren. Halten wir ein Quecksilberthermometer in Eiswasser, zeigt

es den Gefrierpunkt (*Eispunkt*) an = 0 °C. Halten wir es in siedendes Wasser, dehnt sich das Quecksilber in der luftleeren Röhre aus und zeigt den *Siedepunkt* (Dampfpunkt) = 100 °C an. Über diese beiden Punkte geht die Skala hinaus – nach oben praktisch unbegrenzt, nach unten bis zum absoluten Nullpunkt = -273,15 °C. Bei dieser tiefsten Temperatur beginnt die Skala nach Lord Kelvin mit 0 K. Den Siedepunkt zeigt sie entsprechend mit 373,15 K an. Die Einheiten der Celsius- und Kelvinskala sind gleich groß, sodass wir *Temperaturunterschiede* in K oder °C angeben können (z.B. 15 °C  $\triangleq$  15 K). Bei den *Temperaturpunkten* erhalten wir jedoch andere Werte (z.B. 15 °C = 288,15 K; 10.3). Gleich ist das Messprinzip beider Skalen – die Ausdehnung der Flüssigkeit bei Erwärmung und das Zusammenziehen bei Abkühlung.

**Wärmeausdehnung.** Feste, flüssige und gasförmige Körper dehnen sich (bis auf wenige Ausnahmen) bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zu größerer Dichte zusammen. In der Regel dehnen sich Flüssigkeiten mehr als feste Körper, Gase wiederum mehr als Flüssigkeiten. Doch auch die einzelnen Werkstoffe dehnen sich unterschiedlich stark aus – Holz z.B. weniger als Mauerwerk, Mauerwerk weniger als Metall. Werden solche Festkörper fugenlos aneinander geschlossen oder Gase im Behälter verschlossen, können sie sich bei Erwärmung nicht ausdehnen – der Verband oder der Behälter platzt auseinander. Dies müssen wir beachten, wenn wir unterschiedliche Werkstoffe zusammen verarbeiten (z.B. bei einem Aluminium-Holz-Fenster). Jedes Material braucht genügend Dehnungsraum! Im Holzbau selbst sind die Wärmeausdehnungen so gering, dass wir sie vernachlässigen können.



**Bild 10.3** Thermometerskalen von Celsius und Kelvin

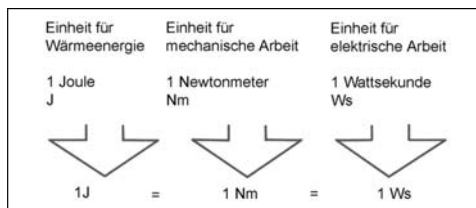
**Anomalie des Wassers.** Eine Ausnahme im Dehnverhalten macht das Wasser. Es zieht sich

bei Abkühlung bis  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  zusammen, hat dann aber sein geringstes Volumen und seine größte Dichte erreicht. Bei weiterer Abkühlung bis auf  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  dehnt es sich wieder aus. Deshalb schwimmt Eis auf dem Wasser, deshalb sprengt eingesickertes und gefrorenes Wasser Steine auseinander.

Körper dehnen sich bis auf wenige Ausnahmen (Wasser) bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen. Diese Volumen- und Dichteänderung ist bei jedem Werkstoff unterschiedlich.

**Wärmemenge Q.** Um einen Körper zu erwärmen, brauchen wir eine bestimmte Menge Wärme oder Wärmeenergie. Einheit der Wärmemenge Q ist das Joule (J, sprich dschuhl).

Wärmemenge, Energie und Arbeit sind gleichartige Größen (10.4). Um 1 kg Wasser um  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen, müssen wir 4187 J, Nm oder Ws aufwenden.



**Bild 10.4** Wärmemenge, Arbeit und Energie sind gleichartige Größen

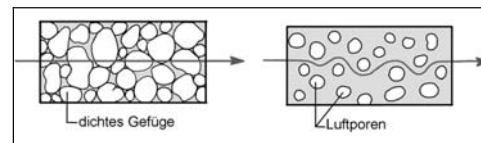
Einheit der Wärmemenge ist das Joule.  
 $1\text{ Joule (J)} = 1\text{ Wattsekunde (Ws)} =$   
 $1\text{ Newtonmeter (Nm)}$

**Luftfeuchtigkeit.** Flüssigkeiten gehen bei Erwärmung auf den Siedepunkt in Dampf über. So verdampft die Sonne die Feuchtigkeit der Erde und sorgt dafür, dass die Luft immer eine gewisse Menge Wasserdampf enthält. Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte – wir merken das bei schwülem Wetter. Ist der Sättigungspunkt erreicht, kann die Luft keinen Wasserdampf mehr aufnehmen (maximale Luftfeuchte, gemessen in  $\text{g}/\text{m}^3$ ). Wird der Sättigungspunkt überschritten oder kühlt die Luft ab, fällt der Dampf in Form von Regen oder Tau (Taupunkt) nieder. Auf diese Beziehung zwischen Luftfeuchte und Lufttemperatur haben wir schon in Abschn. 3.3.5 hingewiesen.

## 10.2.2 Wärmeausbreitung und -speicherung

Wärme breitet sich durch Wärmeleitung, Wärmeströmung oder Wärmestrahlung aus. Was versteht man darunter?

**Wärmeleitung.** Wärme überträgt sich innerhalb eines Körpers auf weniger warme Teile. Die Moleküle geben die Wärme weiter, ohne ihre Lage zu verändern – sie leiten die Wärme. Wie unser Versuch zeigt, leiten einige Werkstoffe die Wärme schnell (gut), andere langsam (schlecht) oder kaum. Metalle sind die besten Wärmeleiter. Flüssigkeiten (außer Quecksilber und geschmolzenen Metallen), Holz, Glas und ruhende Gase sind schlechte Wärmeleiter. Doch auch beim gleichen Werkstoff ergeben sich noch Unterschiede durch den Gehalt an Feuchtigkeit (Wasser leitet 25mal besser als Luft) und Poren (porige Stoffe leiten schlecht, 10.5).



**Bild 10.5** Poren verzögern den Wärmeabfluss

Schlechte Wärmeleiter sind gute Dämmstoffe.

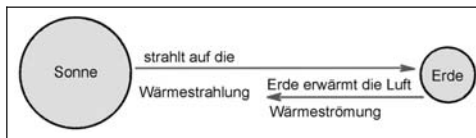
**Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$**  (klein lambda = griech. Buchstabe I). Die Wärmeleitfähigkeit der Stoffe gibt man durch die Wärmeleitfähigkeit an. Sie nennt die Wärmemenge  $Q$  in Joule je Sekunde (= Watt), die durch  $1\text{ m}^2$  Fläche eines  $1\text{ m}$  dicken Körpers geleitet wird, wenn der Temperaturunterschied der Oberflächen  $1\text{ K}$  (oder  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) beträgt (10.8). Einheit ist Watt durch Meter mal Kelvin ( $\text{W}/\text{mK}$ ). Je größer die Wärmeleitfähigkeit, desto besser die Wärmeleitung und desto geringer die Wärmedämmung (10.6).

**Tabelle 10.6** Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  verschiedener Stoffe in  $\text{W}/\text{mK}$

0,04 Glaswolle, Hartschaum	0,81 Glas
0,14 Fichte, Spanplatten	2,03 Normalbeton
0,17 Buche	58,00 Stahl
0,21 Eiche	203,00 Aluminium

**Wärmeströmung.** Flüssigkeiten und Gase leiten die Wärme schlecht. Sobald wir sie erwärmen, dehnen sie sich aus, werden leichter und steigen deshalb hoch. Dabei verlagern sich ihre Moleküle. Weil immer wieder kältere Flüssigkeit bzw. Gase nachfolgen und erwärmt werden, entsteht eine Molekül- oder Wärmeströmung (Konvektion). Wir nutzen sie z.B. bei der Warmwasserheizung.

**Als Wärmestrahlung** durch die Sonnenstrahlen erhalten wir die lebensnotwendige Sonnenenergie. Wir spüren sie, wenn sie auf einen Körper trifft, der sie aufnimmt. Die Luft wird nicht von den Sonnenstrahlen erwärmt, sondern erst durch die Wärmeströmung des wärmebestrahlten Körpers (10.7).



**Bild 10.7** Wärmestrahlung und Wärmeströmung

**Wärmeleitung** = Wärmeübertragung von Molekül zu Molekül eines Körpers, ausgedrückt durch die Wärmeleitfähigkeit  $k$

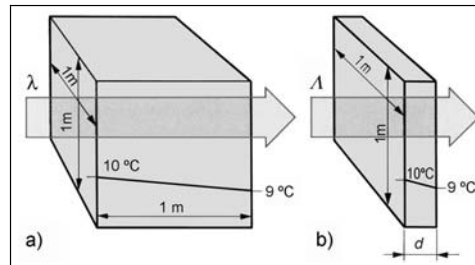
**Wärmeströmung** = Wärmeübertragung durch Molekülverlagerung bei Flüssigkeiten und Gasen

**Wärmestrahlung** = Wärmeübertragung ohne Mitwirkung eines Stoffs

**Wärmedurchlasszahl oder -koeffizient  $\Lambda$**  (groß lambda). Bei der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  sind wir von einem 1 m dicken Körper ausgegangen. Viele Baumaterialien und Bauteile sind aber erheblich dünner. Deshalb drückt man das Verhältnis von Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  und Dicke  $d$  eines Stoffs durch die Wärmedurchlasszahl (Wärmedurchlasskoeffizient)  $\Lambda$  aus. Sie gibt an, welche Wärmemenge in Joule je Sekunde (= Watt) durch 1 m<sup>2</sup> eines Werkstoffs mit der Dicke  $d$  in m bei 1 K (1 °C) Temperaturgefälle strömt (10.8). Einheit ist Watt durch Quadratmeter mal Kelvin (W/m<sup>2</sup> K).

**Wärmedurchlasswiderstand** (Wärmeleitwiderstand)  $R$ . Jeder Werkstoff setzt dem Wärmedurchlass Widerstand entgegen. Dieser Widerstand ist der Kehrwert (die Umkehrung) des Wärmedurchlasskoeffizienten in m<sup>2</sup> K/W.

Wir brauchen ihn zum Beurteilen der Wärmedämmung und nennen ihn darum auch *Wärmedämmwert*. Bei einem mehrschichtigen Bauteil setzt sich der Gesamtwärmedurchlasswiderstand aus den Wärmedurchlasswiderständen der einzelnen Schichten zusammen.



**Bild 10.8** Wärmeabfluss  
a) nach der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$   
b) nach dem Wärmedurchlasskoeffizienten  $\Lambda$

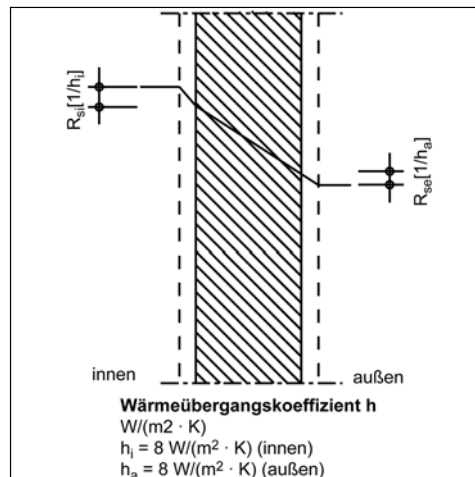
**Wärmedurchlasskoeffizient**

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \text{ in } \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

**Wärmedurchlasswiderstand**

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ in } \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad R = \frac{d_1}{\Lambda_1} + \frac{d_2}{\Lambda_2} + \frac{d_3}{\Lambda_3}$$

Je größer der Wärmedurchlasswiderstand (Wärmedämmwert), desto besser dämmt das Bauteil bzw. wirkt der Dämmstoff.



**Bild 10.9** Wärmeübergangszahl/Wärmeübergangskoeffizient



Wärmeübergang und -durchgang. Den Wärmetransport zwischen zwei Körpern nennen wir Wärmeübergang. Der Wärmeübergang zwischen der Luft und einem Bauteil ist abhängig von dem Bewegungszustand der Luft, der Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils (Material, Farbe, Rauigkeit) und der Temperatur. Der Wärmedurchgang durch einen Körper begegnet uns vor allem bei der technischen Nutzung der Wärmeübertragung. Er geschieht in drei Phasen, wie Bild 10.9 zeigt.

Auch der Wärmeübergang und der Wärmedurchgang sind jeweils durch eine „Zahl“ benannt. Und wiederum sind Widerstände vorhanden.

#### Wärmeübergangszahl oder -koeffizient $h$ .

Auch Luft ist ein Körper und muss daher bei der Wärmeübertragung berücksichtigt werden. Der Übergangskoeffizient ist das Maß für die Berechnung dieses Wärmeaustausches in  $W/m^2K$ . Weil die Bedingungen an der Innenfläche anders sind als an der Außenfläche, unterscheiden wir nach auf der Innenseite  $h_{si}$  und auf der Außenseite  $h_{se}$ .

Der Wärmeübergangswiderstand  $R_S$  ist, wie das Formelzeichen besagt, der Kehrwert der Wärmeübergangszahl in  $m^2 K/W$ . DIN 4108 gibt dafür vereinheitlichte Werte (10.10).

**Tabelle 10.10** Wärmeübergangswiderstand nach DIN ISO 6946

innen	Wandfläche, Fensterfläche, Decken und Fußböden	$R_{si} = 0,13 \frac{m^2K}{W}$
außen	Außenwand	$R_{se} = 0,04 \frac{m^2K}{W}$

**Die Wärmedurchgangszahl (-koeffizient,  $U$ -Wert)**  $U$  gibt die Wärmemenge in Joule je Sekunde (= Watt) an, die durch  $1 m^2$  Bauteilfläche bei einem Temperaturgefälle von  $1 K$  ( $1^\circ C$ ) hindurchströmt. Einheit ist Watt durch Quadratmeter mal Kelvin ( $W/m^2 K$ ). Der  $U$ -Wert ist die wichtigste Kenngröße für den baulichen Wärmeschutz (DIN 4108, Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Energieeinsparungsverordnung (EnEv)). Wir brauchen ihn, um die Wärmedämmfähigkeit eines Bauteils zu beurteilen. Je kleiner der  $U$ -Wert, desto weniger Wärme geht verloren.

Der **Wärmedurchgangswiderstand  $R_T$**  in  $m^2 K/W$  ist die Summe der Wärmeübergangs- und Wärmedurchlasswiderstände oder der Kehrwert der Wärmedurchgangszahl.

#### Wärmedurchgangskoeffizient

$$U = \frac{1}{R_T} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

oder

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

#### Wärmedurchgangswiderstand

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

Je kleiner der  $U$ -Wert, desto weniger Wärme geht verloren. Je größer der  $U$ -Wert, desto größer der Wärmedurchgang und schlechter das Dämmvermögen des Bauteils.

Setzt sich ein Bauteil aus mehreren Schichten zusammen, so ergibt sich der Wärmedurchlasswiderstand ( $R$ ) aus der Summe der Durchlasswiderstände ( $\Sigma d/\lambda$ ) der einzelnen Schichten.

#### Rechenbeispiele:

##### Beispiel 1:

Ermittlung des Wärmedurchlasswiderstandes ( $R$ ) einer mehrschichtigen Wand.

Gegeben: Außenputz  $d_1$ , Wand aus Ziegelmauerwerk  $d_2$ , Dämmschicht  $d_3$ , Innenputz  $d_4$

$$d_1 = 2,0 \text{ cm}, \quad d_2 = 24 \text{ cm}, \\ d_3 = 2,5 \text{ cm}, \quad d_4 = 1,5 \text{ cm}$$

*Gesucht:* Wärmedurchlasswiderstand ( $R$ ) dieser Wand muss größer als die Mindestanforderung gemäß Wärmeschutzverordnung von  $0,55 m^2 K/W$  sein.

##### Lösung:

$$R = 0,02/0,87 + 0,24/0,79 + 0,025/0,09 + 0,015/0,87 \\ = 0,62 m^2 K/W$$

##### Beispiel 2:

Nachweis des Wärmeschutzes von Bauteilen einschließlich des Temperaturverlaufs:

Der  $U$ -Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) einer mehrschichtigen Wand ist zu ermitteln, der Temperaturverlauf durch die Wand ist darzustellen.

len. Gegeben: Außentemperatur:  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Innentemperatur:  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , relative Luftfeuchte: 60 %  
Schichtaufbau der Wand von außen nach innen:  
11,5 cm KHLZ 20; 5 cm Luft; 4 cm Dämmung;  
17,5 cm HLZ 12/1,0; 1,5 cm Innenputz

Gesucht: Vorhandener  $U$ -Wert; Temperaturverlauf in der Wand

Wandschichten	Dicke ( $d$ ) m	$\lambda$ W/(m · K)	$d/\lambda$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )/W
KHLZ 20	0,115	0,79	0,15
Luftschicht	0,05		0,17
Dämmung	0,04	0,04	1,00
HLZ 12/1,0	0,175	0,47	0,37
Innenputz	0,015	0,87	0,02

#### Lösung:

$$R_T = 0,13 + 0,15 + 0,17 + 1,00 + 0,37 + 0,02 + 0,04 = 1,88 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist:

$$U = 1/R_T = 0,53 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Zur Übung sollten Sie die Darstellung des Temperaturverlaufs eine Wand maßstäblich zeichnen. Der Wärmedurchgangskoeffizient wird (auf cm umgesetzt) auf die Wandfläche aufgetragen.  $R_T$  wird in eine Temperaturskala unterteilt und Übergangs- und Durchlasswiderstand aufgetragen. Orientieren Sie sich an Bild 10.09.

### 10.2.3 Wärmeschutz

Schon immer war der Mensch bestrebt, warm und behaglich zu wohnen. Die Feuerstelle war einst Mittelpunkt der Familie: Kochstelle, Essensplatz, Versammlungsort und Schlafstelle. Heute können wir durch die moderne Heizungstechnik mit Thermostatregelung eine gleich bleibende Temperatur in der ganzen Wohnung erreichen und Behaglichkeit schaffen.

Am wohlsten fühlen wir uns in Wohnräumen mit Lufttemperaturen von  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bei  $17$  bis  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  Oberflächentemperatur der Wände, Decken und Fußböden, bei geringer Luftbewegung und ausreichender Luftfeuchtigkeit. Im Winter müssen wir darum Wärme speichern, ihren Durchlass nach draußen verhindern. Im Sommer dagegen sollen die Sonnenstrahlen nicht die Räume erhitzen. Starke Luftbewegungen (etwa durch Ventilator) führen zu Zugerscheinungen und stören. Zu viel Luftfeuchtigkeit ist für unseren Organismus ungesund, führt zu Fäulnis und Schimmelpil-

zen. Zu wenig Luftfeuchte macht dagegen die Luft „trocken“ und wirkt sich auf die Atemwege aus.

**Energie ist knapp und teuer!** Beginnend mit der Energiekrise der 70er Jahre hat die Bedeutung des baulichen Wärmeschutzes zugenommen. War anfangs der ökonomische Aspekt vordergründig, haben heute ökologische Gesichtspunkte mindestens den gleichen Stellenwert. Ein besserer Wärmeschutz führt zu geringerem Energieverbrauch, zu verminderter Nutzung fossiler Energieträger, zu geringerer Belastung der Erdatmosphäre durch Schadstoffe und zur Einsparung von Heizkosten.

Es gilt durch richtige Werkstoffauswahl und bauliche (konstruktive) Maßnahmen Wärmeenergie zu sparen und zu speichern. Vorschriften und Richtlinien dazu finden wir in DIN 4108, und der Energieeinsparungsverordnung (EnEV).

**DIN 4108** enthält die Anforderungen (Mindest bzw. Höchstwerte) an einzelne Bauteile.

**Anforderungen nach der Energieeinsparungsverordnung (EnEV).** Zum rechnerischen Nachweis des Einhaltens der Anforderungen an den Wärmeschutz eines Gebäudes dient die Ermittlung des erforderlichen jährlichen Heizenergiebedarfs. Der Jahres-Heizenergiebedarf bei neu zu errichtenden Gebäuden muss in Abhängigkeit der Gebäudegeometrie unter einem festgesetzten Wert liegen ( $54$  bis  $100\text{ kWh pro m}^2$  Nutzfläche). Im Wärmeaustausch mit der Umgebung verliert und gewinnt ein Haus Energie auf unterschiedliche Weise. Neben den Wärmeverlusten werden die Wärmegewinne rechnerisch berücksichtigt (Energiebilanz eines Hauses). Der geforderte rechnerische Nachweis des Wärmeschutzes berücksichtigt

#### Wärmeverluste

- Transmissionswärmeverlust
- Lüftungswärmeverlust (Öffnen)

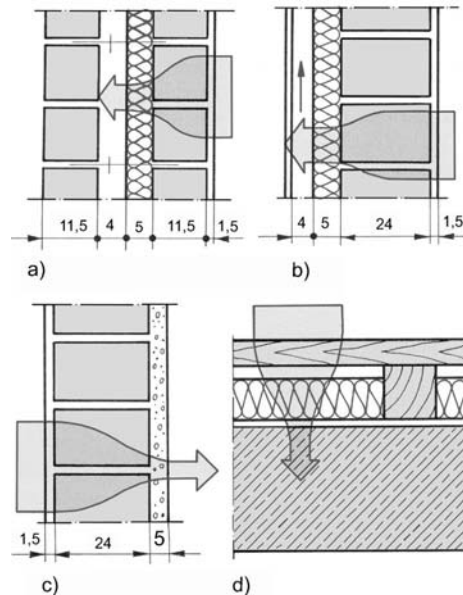
#### Wärmegewinne

- solaren Wärmegewinn (Sonneneinstrahlung)
- internen Wärmegewinn (Kochen, Beleuchtung)

Für kleinere Wohngebäude und bei der Erneuerung von Altbauten genügt der Nachweis, dass für Außenbauteile der max.  $U$ -Wert nicht überschritten wird. Der Fenster-  $U$ -Wert im Falle der Altbaurenovierung darf unter der Voraussetzung, dass nicht weniger als 20 % der Fensterfläche pro Fassadenseite erneuert wird, einen  $u$ -Wert von  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  nicht überschreiten.

**Wärmedämmstoffe** haben eine geringere Wärmeleitfähigkeit (viel Luft) und einen möglichst hohen Durchlasswiderstand. Besonders eignen sich Faserdämmstoffe (z.B. Torffaserplatten, Holzwole-Leichtbauplatten, Glas- und Steinwolle) und porige Kunststoffe (z.B. Styropor, Polystyrol, Polyurethan, Phenolharzschaum; s. Abschn. 6.2).

**Konstruktive Maßnahmen** verbessern die Wärmedämmung erheblich. Dazu gehören die Dämmung der Dächer, Außenwände, Decken und erdberührenden Böden durch Dämmschichten und hinterlüftete Außenhaut (10.12). Im Fensterbau verwendet man Doppelscheiben.

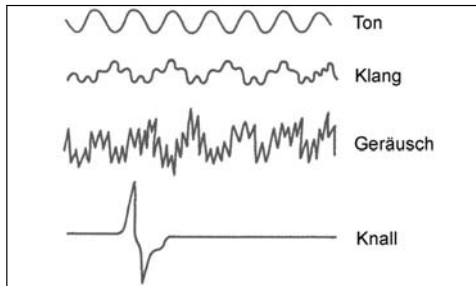


**Bild 10.11** Konstruktive Dämm-Maßnahmen  
a) mehrschalige Außenwand,  
b) aufgesetzte Außendämmung,  
c) dämmender Außenputz,  
d) Dämmschicht zwischen den Decken-/Boden-Holzlagern

## 10.2.4 Schall

### Arbeitsauftrag Nr. 85 Lernfeld LF 7,8

- Sie sollen in verschiedenen Gruppen einen Vortrag zum Thema Schall erarbeiten und vor der Klasse halten. Der Vortrag soll möglichst anschaulich gestaltet werden.  
Nutzen Sie hierfür Experimente und erstellen Sie Plakate und/oder Folien. Die Vorträge sollten verschiedene Schwerpunkte haben.
- Folgende Fragen sollten nach Ihrem Vortrag von der Klasse beantwortet werden können.
  1. Wodurch entsteht Schall?
  2. Was versteht man unter Schall?
  3. Welche Schallarten gibt es?
  4. Was bedeutet Frequenz? Welche Einheit hat sie?
  5. Erläutern Sie die Begriffe Hör- und Schmerzschwelle.
  6. In welchen Stoffen breitet sich Schall gut aus?
  7. Welcher Schall dringt durch die Wände von Zimmer zu Zimmer?
  8. Wie ist ein schalldämmender Werkstoff beschaffen?
  9. Was versteht man unter Schallschluckung?
  10. Welche schalldämmenden Maßnahmen trifft man an Wänden und Decken?
  11. Die Tür zum Sprechzimmer eines Arztes muss schalldicht sein. Welche Maßnahmen schlagen Sie vor?

**Bild 10.12** Schwingungswahrnehmung









**Schall** nennen wir alles, was mit dem Gehör wahrnehmbar ist. Schall entsteht durch Schwingungen eines Körpers (Schallerreger oder -quelle), die sich wellenförmig im Raum ausbreiten. Feste, flüssige und gasförmige Stoffe leiten den Schall sehr unterschiedlich. Wasser und Eisen leiten ihn besser als Luft. Im luftleeren Raum gibt es keine Schallausbreitung – es fehlen die Moleküle eines Schallträgers, die die Schwingungen an ihre Nachbarmoleküle weiterleiten. Regelmäßige Schwingungen erzeugen einen Ton, unregelmäßige ein Geräusch. Mehrere Töne zusammen ergeben einen *Klang*, ein heftig schwingender Körper verursacht einen Knall (10.12).

**Schallgeschwindigkeit.** Aus Erfahrung wissen wir, dass der Schall zur Ausbreitung eine gewisse Zeit braucht. Die Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt bei 15 °C 340 m/s. In flüssigen Körpern breitet sich der Schall erheblich schneller aus: Wasser 1500 m/s. Noch höher ist die Schallgeschwindigkeit in festen Körpern: Mauerwerk bis 4000 m/s, Holz bis 5000 m/s, Glas etwa 5100 m/s, Stahl bis 5500 m/s.

**Schall** entsteht durch mechanische Schwingungen eines Schallerregers und breitet sich als Druckwellen allseitig in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern aus.

**Frequenz.** Die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde heißt Frequenz (lat. frequentia = Häufigkeit). Ihre Einheit ist das Hertz (Hz). 1 Hz = 1 Schwingung in der Sekunde, 1000 Hz = 1 kHz (Kilohertz), 1000000 Hz = 1 MHz (Megahertz). Frequenzen unter 16 Hz nennt man Infraschall. Das menschliche Ohr nimmt nur Schwingungen zwischen 16 und 20000 Hz wahr (Normalschall), Tiere dagegen weitaus höhere Frequenzen. Solche hohen Frequenzen heißen *Ultraschall*.

**Tabelle 10.13** Lautstärkebeispiele in dB(A)

Geräuschart		Schallintensität in dB(A)
Düsenmotor		140
Niethammer		130
<b>Schmerzschwelle</b>		
Propellermaschine		120
Diskotheek		90 – 120
Bohrmaschine		110
Walkman, Mp3 - Player		70 – 120
Bandsäge, Astlochbohrmaschine		80 bis 95
Dickenhobelmaschine		85 bis 105
Tischkreissäge, Abrichthobelmaschine		90 bis 115
Oberfräse		95 bis 105
<b>Gehörschutzmaßnahmen müssen ergriffen werden (UVV)</b>		
Schweres Fahrzeug		90
Starker Straßenverkehr		80
Personenwagen		70
Normales Gespräch		50
Leise Radiomusik		40
Flüstern		30
Blätterrauschen		10
<b>Hörschwelle</b>		0

**Frequenz** = Anzahl der Schwingungen je Sekunde in Hertz (Hz)

**Schallpegel.** Die Wahrnehmung eines Tons hängt von seiner Frequenz und dem Schallpegel (Lautstärke) ab. So wie unser Ohr den Schall aufnimmt, gibt es auch Geräte, die den Schall aufnehmen und messen. Sie zeigen den Schallpegel an. Die internationale Messeinheit dafür ist das Dezibel (dB –  $\frac{1}{10}$  Bel, benannt nach dem Amerikaner G. Bell). Um die Schallstärken (-intensitäten) vergleichen zu können, geht man von der Hörschwelle 1000 Hz als Normfrequenz aus. Das menschliche Gehör nimmt Schalldrücke hoher und tiefer Töne unterschiedlich auf – tiefe Töne gleichen Schalldrucks hören wir leiser als hohe Töne. Dagegen zeigen die Messgeräte die wirklichen Größen der Schalldrücke an. Um diese Messwerte dem menschlichen Hörempfinden anzupassen, enthalten die Geräte einen Bewertungsfilter. Der so gemessene Schallpegel ist der „bewertete Schallpegel“ dB (A). Tabelle 10.13 zeigt solche Werte. Die Hörschwelle beginnt bei 0 dB (A), die Schmerzschwelle liegt bei etwa 130 dB (A). Schon bei 85 dB (A) Dauerbelastung wird das menschliche Nervensystem geschädigt.

Die Lautstärke des Schalls hängt von den Druckschwankungen und der Frequenz ab.

10

### 10.2.5 Schallschutz

Schon 85 dB(A) Dauerbelastung führt, wie wir erfahren haben, zu Nervenschäden. Dieser Wert ist bei unserem Verkehrs- und Arbeitslärm, aber auch z.B. beim Lärm in Diskotheken schnell erreicht und überschreitet nicht selten die Schmerzschwelle. Wenn Sie sich mit Ihrem Freund auf ein Meter Entfernung nur noch schwer unterhalten können, beträgt der Schallpegel mit Sicherheit 85 bis 90 dB(A)!

**Lärmschäden.** Lärm beeinträchtigt nicht nur unser Wohlbefinden, sondern kann unsere Gesundheit dauerhaft schädigen. Gehörschäden, Störungen des Nervensystems, Schlaflosigkeit, nachlassende Leistungsfähigkeit und Konzentration sind die Folgen. Deshalb legt DIN 4109 Mindestanforderungen für Schall-

dämmung in Bauteilen fest. Nach Art der Schallausbreitung unterscheiden wir (10.15):

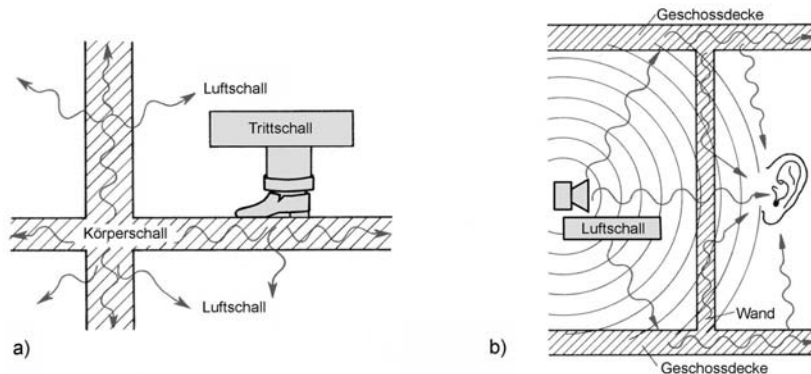
- Luftschall breitet sich in der Luft aus.
- Körperschall pflanzt sich in festen Körpern fort (z.B. Wände, Decken, Rohre) und geht von dort aus in die Luft über (→ Luftschall).
- Trittschall entsteht beim Begehen des Fußbodens und breitet sich in der Decke als Körperschall aus.

**Der Schallschutz** umfasst Maßnahmen gegen Schallentstehung und Schallübertragung von einer Schallquelle zum Hörer. Vor Schallübertragung kann durch Maßnahmen der *Schalldämmung* oder durch *Schallschluckung geschützt* werden. Der Schallschutz umfasst sowohl schalldämmende als auch schallschluckende Maßnahmen.

**Unter Schalldämmung** versteht man den Widerstand eines Bauteils gegen den Schalldurchgang in angrenzende Räume. Von den auf ein Bauteil treffenden Schallwellen wird ein Teil reflektiert (in den Raum zurückgeworfen). Der andere Teil durchdringt das Bauteil und tritt gedämpft aus. Die Verminderung des Schallpegels beim Durchgang ist die Schalldämmung des Bauteils und wird in db gemessen.

**Schallschluckende Maßnahmen** dienen der Verringerung des Schallpegels innerhalb eines Raumes. Sie sind weitgehend wirkungslos gegen die Ausbreitung des Schalls in angrenzende Räume (Schalldämmung). *Der Schallschluckgrad* gibt an, welcher Anteil der Schallenergie absorbiert (verschluckt) wird. Ein Schallschluckgrad von 0,7 bedeutet, dass 70 % der Schallenergie absorbiert werden. Bei den schallschluckenden Maßnahmen unterscheidet man zwei grundsätzliche Möglichkeiten, die einen Teil der Schallenergie in Wärme- und Bewegungsenergie umformen und dadurch den Schallpegel im Raum verringern:

- **Poröse Schallschlucker** zur Absorption vorwiegend hoher Töne. Verwendet werden leichte Werkstoffe mit offenporiger rauer Oberfläche (Mineralfaserplatten, poröse Holzfasernplatten)
- **Resonanzschallschlucker** zur Absorption vorwiegend tiefer Töne. Verwendet werden dünne Plattenwerkstoffe, die durch die Schallwellen schwingen.

**Bild 10.15** Schallarten

a) Körperschall, b) Luftschall; Trittschall = Körperschall + Luftschall

Beide Maßnahmen können auch kombiniert angewendet werden.

In **DIN 4109** – Schallschutz im Hochbau – sind Anforderungen zum Schallschutz von Bauteilen festgelegt. Durch die Norm sollen Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbarem Lärm aus fremden Räumen, haustechnischen Anlagen und vor Außenlärm geschützt werden. Außerdem regelt sie das Verfahren zum Nachweis des geforderten Schallschutzes. Für diesen Nachweis gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten.

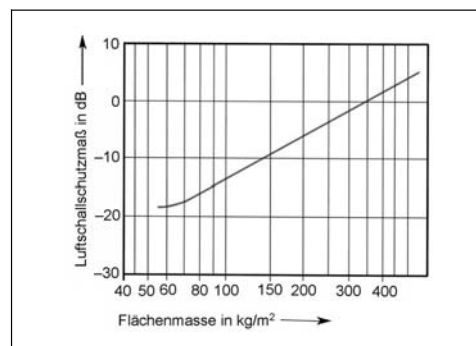
- **Rechnerischer Nachweis** mit Hilfe von Tabellenwerten der DIN
- **Eignungsprüfung** durch bauakustische Messung in Prüfständen oder an ausgeführten Bauten.

**Kennzeichnende Größe** für die Anforderungen an den Schallschutz ist das Schalldämmmaß in dB der  $R_w$ -Wert (bewertetes Schalldämmmaß). Mit dem  $R_w$ -Wert erfasst man jedoch nur den unmittelbar am Bauelement (Fenster, Tür) übertragenen Schall, nicht die Schallübertragung über Nebenwege (z.B. Wand, Decke). Da bei einer Eignungsprüfung im Labor die Flankenübertragungen (z.B. Bauanschlussfuge) nicht erfasst werden, muss der im Prüfstand ermittelte Wert noch mit dem sogenannten Vorhaltemaß korrigiert werden (Fenster – 2 dB, Türen – 5 dB).

#### Beispiel

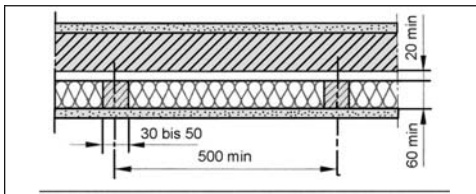
Schalldämm- rechenwert	= Schalldämm- wert Prüfstand	– Vorhaltemaß
= $R_{w,p}$		– 2db (Fenster)

**Außenbauteile.** Grundlage für die Festlegung der erforderlichen Luftschalldämmung der *Außenbauteile* ist der Außenlärmpegel (z.B. durch Messung, Lärmkarte, Nomogramm). In die weitere Ermittlung gehen als Einflussgrößen Raumnutzung, Raumabmessungen und Außenwandanteil ein. Zur schalltechnischen Beurteilung von Außenbauteilen ist das mittlere Schalldämmmaß des Gesamtbauteils (resultierendes Schalldämmmaß) wesentlich. Da die Anforderungswerte für das Gesamtbauteil erhoben werden (Fenster und Wand), ist ein Ausgleich der Bauteile mit unterschiedlicher Schalldämmung möglich. In die Berechnungen gehen Raumgröße, Außenwandfläche, Fensteranteil ein. Das erforderliche mittlere Schalldämmmaß richtet sich nach dem Außenlärmpegel, der z.B. durch Messungen, Berechnungen oder mit einem DIN-Nomogramm ermittelt werden kann.

**Bild 10.16** Zunehmende Flächenmasse verbessert den Luftschallschutz

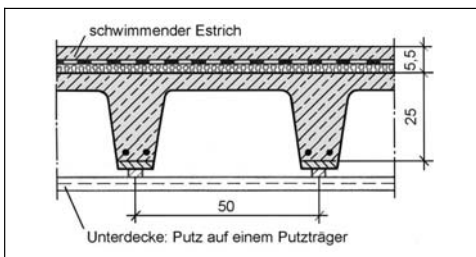
Anders als bei Fenstern, werden an Türen spezielle Bauteilanforderungen gestellt. Der im Prüfstand ermittelte Wert der Luftschalldämmung einer betriebsfertigen Tür muss mit 5 db (Vorhaltemaß) über dem Anforderungswert liegen.

**Wände.** Einschalige leichte Wände geraten beim Auftreffen der Luftschallwellen in Schwingung und geben den Schall in den nächsten Raum ab. Biege feste Wände mit Flächenmasse ab  $350 \text{ kg/m}^3$  verhindern dies, wie das Diagramm 10.16 zeigt. Voraussetzung ist allerdings, dass Poren, Luftspalten, undichte Fugen, Risse und Löcher durch Putz verstopft sind. Noch besser dämmen zweischalige Wände mit einer Luftschicht oder weich federnden Dämmschicht zwischen einer schweren, biegesteifen Wand und einer dünnen, biegeweichen Wand aus Holzfasernplatten oder Gipskartonplatten (10.17).



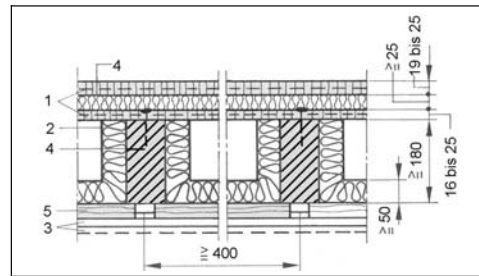
**Bild 10.17** Optimaler Schallschutz durch zweischalige Wand

**Decken.** Auch hier hängt die Dämmwirkung von der Dichtigkeit und Biegefestigkeit des Materials ab. Eine 14 cm dicke Betonplatte bietet guten Schallschutz. Bei Hohlkörper- und Stahlbetonrippendecken ist eine zweite Deckenschale (Unterdecke) nötig (10.18). Gute Trittschalldämmung erreichen wir durch schwimmenden Estrich – eine nicht fest mit der



**Bild 10.18** Guter Luftschallschutz durch eine Rippendecke mit Unterschale

tragenden Decke oder dem Fußboden verbundene Mörtelschicht. Der Estrich „schwimmt“ auf einer Dämmschicht (z.B. Glasfaserplatten), nur durch eine Folie zum Schutz gegen die Mörtelfeuchtigkeit von ihr getrennt. Ein Teppichbelag mindert den Trittschall zusätzlich. Herkömmliche einschalige Holzbalkendecken erzielen meist keinen ausreichenden Schallschutz. Eine Verbesserung der Schalldämmung kann durch ein- oder zweischaligen Deckenaufbau erreicht werden. Den Fußboden bildet eine vollflächig schwimmend verlegte Spanplatte oder ein Estrich. Die Unterdecke ist durch Federbügel und Latten von der Balkenlage getrennt, der Balkenhohlraum wird mit Mineralwolle gefüllt (10.19).



**Bild 10.19** Gute Trittschalldämmung durch schwimmende Ausführung  
 1 Spanplatte mit Nut und Feder  
 2 Holzbalken  
 3 Gipskarton-Bauplatte  
 4 Faserdämmstoff  
 5 Holzlatten, Federbügel

**Im Maschinenraum** schlucken Platten mit rauher und poröser Oberfläche an Wänden und Decken den Lärm. Auch gelochte Leichtbauplatten eignen sich. Poröse Schallschlucker werden direkt an Wand oder Decke befestigt, geschlossporige dagegen in einigem Abstand davon. Maschinenschwingungen (Erschütterungen) fängt man durch eine schwingende oder elastische Unterlage aus Kork, Hartgummi oder Stahlfedern auf.

**Persönlicher Lärmschutz.** Der Lärm laufender Maschinen ist besonders groß und erfordert nach den Bestimmungen der Holzberufsgenossenschaft ab 85 db(A) für und von jedem Mitarbeiter einen Gehörschutz (10.20). Bei der Beschreibung dieser Maschinen haben wir jeweils darauf hingewiesen.



**Bild 10.20** Gebotsschild für persönlichen Schallschutz

Lärm beeinträchtigt unser Wohlbefinden und schadet unserer Gesundheit. Deshalb legt DIN 4109 Mindestanforderungen an Bauteile fest, die wir durch geeignete Werkstoffe und konstruktive Maßnahmen erreichen.

### 10.2.6 Feuerschutz

#### Arbeitsauftrag Nr. 86 Lernfeld LF 7,8,9

- Für die Vorbereitung zur nächsten Klassenarbeit und Facharbeiterprüfung sollen zehn Prüfungsfragen- und Antworten entwickelt werden.

Formulieren Sie in vier Gruppen jeweils sieben Fragen und Antworten.

Schreiben Sie diese einzeln, gut leserlich in Normschrift auf Karteikarten/Blätter im DIN A5 Format auf Vorder- bzw. Rückseite. Die einzelnen Gruppen stellen ihre Fragen anschließend dem Klassenverband vor und befestigen sie an einer Pinnwand oder Tafel.

- Anschließend werden die Fragen im Klassenverband gesichtet und den jeweiligen Schwerpunkten entsprechend zugeordnet. Gleiche oder ähnliche Fragen werden aussortiert. Die verbleibenden Fragen werden in einem Frage – Antwortspiel bearbeitet und anschließend in der Lernkartei gesichert.

Jährlich entstehen erhebliche Personen- und Sachschäden durch Unachtsamkeit, unzureichenden oder mangelhaften Brandschutz. Um Menschenleben zu schützen und Sachwerte zu erhalten wurden Gesetze, Verordnungen und Bestimmungen zum Brandschutz erlassen. Für den Tischler, der neben Holz und Holzwerkstoffen eine große Anzahl brennbarer Baustoffe beim Ausbau verarbeitet, sind Kenntnisse und Beachtung der einschlägigen Vorschriften von besonderer Bedeutung.

In den Abschnitten 3.6.3 und 3.6.4 haben wir gelernt (erfahren), wie Holz vor Feuer geschützt wird.

Aufgabe des Brandschutzes ist es, der Brandentstehung und -ausbreitung vorzubeugen und bei einem dennoch entstandenen Brand eine wirksame Bekämpfung zu ermöglichen. Dies kann durch konstruktive Maßnahmen oder durch Verwendung geeigneter Baustoffe und einen chemischen Feuerschutz erreicht werden.

Die DIN 4102 unterscheidet zwischen dem Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen.

**Baustoffe** werden im Prüflabor nach genormten Verfahren auf Brandverhalten, Entzündbarkeit, Wärme- und Rauchentwicklung sowie Flammenausbreitung an der Oberfläche geprüft und nach ihrem Brandverhalten in Klassen eingeteilt. Das Ergebnis wird durch ein Prüfzeugnis bzw. -zeichen bestätigt. Nach DIN 4102 werden sie in *nichtbrennbare* (Kl. A) und *brennbare* (Kl. B) eingeteilt. Bei den brennbaren Baustoffen unterscheidet man zwischen schwer, normal und leicht entflammbar. Beispiele für die Zuordnung enthält die Tab. 3.91, S. 89. Für alle in der DIN erfassten und eingeordneten Baustoffe kann eine besondere Zulassungsprüfung entfallen.

Bauteile werden ebenfalls auf ihr Brandverhalten hin geprüft. Decken, Wände und Stützen müssen dabei eine „Feuerprobe“ bestehen. Die im Prüfstand ermittelte Feuerwiderstandsdauer eines Bauteils gibt an, welche Zeit in Minuten der Branddurchgang mindestens verhindert wird. Die Feuerwiderstandsfähigkeit des gesamten Bauteils ist vom Zusammenwirken einzelner Baustoffe abhängig.



**Beispiel**

In den ersten 5 Minuten wird das Bauteil einer Temperatur von 556 °C ausgesetzt, in den weiteren 25 Minuten etwa 822 °C, in den folgenden 60 Minuten 986 °C.

(Die geprüften Bauteile werden entsprechend ihrer Feuerwiderstandsdauer in Feuerwiderstandsklassen eingeteilt.)

Je nach Dauer in Minuten, die ein Bauteil dem Feuer widersteht, teilt man es den Feuerwiderstandsklassen 30, 60, 90, 120 oder 180 zu. Nach Art der Bauteile werden die Feuerwiderstandsklassen unterschiedlich gekennzeichnet und der Zeitangabe vorangestellt:

- F Wände, Decken, Stützen, Unterzüge, Treppen
- W nichttragende Außenwände, Brüstungen, Schürzen
- T Feuerschutzabschlüsse, Türen, Klappen, Rollläden
- L Lüftungsleitungen
- G Verglasungen

Bei Kennzeichnung der Bauteile ist neben der Angabe der Feuerwiderstandsklasse auch die Baustoffklasse (Brennbarkeitsklasse) notwendig (s. Tab. 10.21).

**Beispiel**

F 90-A: Das Bauteil entspricht der Feuerwiderstandsklasse F 90 und ist in allen Teilen aus Baustoffen der Brennbarkeitsklasse „A“. Sonderbauteile erhalten besondere Feuerwiderstandsklassen.

**Brandverhalten des Holzes.** Im Vergleich zu anderen brennbaren Stoffen verhält sich brennendes Holz günstig. Ausreichend dimensionierte Holzteile können ohne chemischen Holzschutz die Feuerwiderstandsklassen F 30 oder F 60 erreichen. Bei 100 Grad verdampft nämlich das freie Wasser im Holz, und bei 200 °C beginnt die thermische Zersetzung unter Bildung von Holzkohle und brennbaren Gasen. Der Brennpunkt liegt zwischen 260 und 290 °C. Je geringer nun die Wärmeleitfähigkeit eines Werkstoffs ist, um so langsamer erreicht er hohe Temperaturen. Stahl hat die

Wärmeleitfähigkeit 60, Holz 0,14. Daraus ergibt sich, dass sich die Wärme im Stahl 400 mal schneller ausbreitet als im Holz. Über 500 °C lässt die Gasbildung des Holzes nach, während die Holzkohlenbildung zunimmt. Diese Holzkohleschicht schützt für längere Zeit den Holzkern vor dem Verbrennen, erhält die Tragfähigkeit der Holzkonstruktion, verzögert die Einsturzgefahr und erhöht die Rettungsmöglichkeiten. Die Einsturzgefahr von Holzteilen kündigt sich vorher durch Knistern an.

**Feuerschutz des Holzes.** Durch konstruktive Maßnahmen und chemische Feuerschutzmittel verbessern wir die vorbeugenden Schutzmaßnahmen.

**Konstruktive Maßnahmen**

- Verwendung von Hölzern mit großer Rohdichte,
- Verwendung von Holzquerschnitten mit geringer Oberfläche,
- glatte Oberflächen, gerundete Ecken und Kanten,
- rissfreies Holz (Risse leiten den Sauerstoff ins Holzinne),
- Verkleidung der Bauteile z.B. mit Gipskarton-, Brandschutz- oder Leichtbauplatten aus Holzwole,
- Einbau von Brandschutzgläsern.

**Chemischer Feuerschutz** macht das Holz schwer entflammbar. Die organischen oder anorganischen Schutzmittel werden aufgestrichen und zersetzen sich bei etwa 200 °C. Sie bilden eine wärmedämmende Schaumschicht, die das Holz vollständig umhüllt und dem Sauerstoff den Zutritt verwehrt. Dadurch verzögert sich die thermische Zersetzung des Holzes. Ähnlich wirken *Brandschutzplatten* auf den Bauteilen, die außerdem feuerhemmende Zusatzstoffe enthalten. Gips besteht aus feinen Kristallgittern mit je zwei Wassermolekülen. Bei Feuer verdampft das Wasser, der Dampf legt sich als schützende Schicht zwischen das Feuer und den Gips. Die langsame Entwässerung verzögert die Ausbreitung des Feuers. Selbst der völlig trockene Gips hemmt als mehlig Schicht noch den Brand.

**Tabelle 10.21** Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102

Feuerwiderstandsklasse	Kurzbezeichnung	DIN-Benennung	Baurechtliche Benennung
F 30, 60, 90, 120, 180 für Wand- und Deckenbauteile, Stützen, Unterzüge, sonstige Tragwerke	F30-B	F 30	feuerhemmend
	F 30-AB	F 30 und wesentliche Teile aus nichtbrennbaren Stoffen	feuerhemmend und tragende Teile aus nichtbrennbaren Stoffen
	F30-A	F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	feuerhemmend und aus nicht- brennbaren Baustoffen
	F 90-AB	F 90 und wesentliche Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen	feuerbeständig
	F90-A	F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen
<b>W</b> 30, 60, 90, 120, 180 für nichttragende Außenwände, Brüstungen und Schürzen			
<b>T</b> 30, 60, 90, 120, 180 für Feuerschutzabschlüsse (z.B. Türen, Klappen, Rollläden und Tore)			

**Fenster** aus mehreren Silikatscheiben schützen vor Rauch und Flammen, weil zwischen den Scheiben eine Brandschutzschicht eingelagert ist. Im Brandfall springt das Glas, das dem Feuer zugekehrt ist. Die nun freiliegende Schutzschicht schäumt und nimmt Wärme auf.

**Tabelle 10.22** Feuerwiderstandsklasse G nach DIN 4102 (feuerfeste Verglasungen)

G 30	≥	30 Minuten
G 60	≥	60 Minuten
G 90	≥	90 Minuten
G 120	≥	120 Minuten
G 180	≥	180 Minuten

Mit solchen Verglasungssystemen erreichen wir sogar die Feuerwiderstandsklasse 90. Sie sind besonders dort einzubauen, wo im Gebäude Schutzwege zu schützen und freizuhalten sind (10.22).

G-Gläser verhindern den Flammen- und Brandgasdurchtritt, unterbinden aber nicht die Wärmestrahlung. Gegen Feuer sind sie widerstandsfähig.

**Feuerschutz im Betrieb.** Feuerausbruch muss sofort gemeldet werden (Telefon, Feuermelder). Kleinere Brände löscht man mit dem Feuerlöscher. (Wo hängen die Feuerlöscher in Ihrem Betrieb?) Erst am Brandherd wird der Feuerlöscher betriebsbereit gemacht. Die Fluchtwege müssen bekannt sein und freigehalten werden.

### Erste Hilfe bei Verbrennungen

- Brennende Kleider der Flammen ersticken durch Abdecken.
- Brandverletzungen mit kaltem Wasser behandeln, bis der Schmerz nachlässt – kein Gelee oder Salbe auftragen! Brandblasen nicht öffnen.
- Bei Rauchvergiftung für frische Luft sorgen; künstliche Beatmung und Wiederbelebungsversuche.

### Regeln für den Einsatz von Feuerlöschern

- Flammen und Rauch behindern das Löschen, deshalb immer mit dem Wind löschen.
- Nicht sinnlos, sondern von unten nach oben löschen.
- Bei Kleinbränden den Löscher nicht ganz entleeren, sondern durch kurze Pulverstöße löschen und Löschmittelreserve behalten.
- Größere Brände nicht allein löschen, sondern gemeinsam mit mehreren Feuerlöschern zugleich angreifen.
- Nicht von der Mitte aus, sondern von vorn nach hinten ablöschen.
- Brennendes Öl oder Benzin in offenen Behältern nicht mit vollem Pulverstrahl von oben bekämpfen, sondern Pulverwolke sanft über das ganze brennende Objekt legen.
- Brennende Lösungsmittel, Öl u. Benzin nie mit Wasser löschen, da diese Stoffe Leichter als Wasser sind und den Brandherd vergrößern. Diese Brände sind zu ersticken oder mit Löschschaum/Pulver zu bekämpfen.

## 10.3 Wand- und Deckenverkleidungen

### Arbeitsauftrag Nr. 87 Lernfeld LF 8

- Ihre Firma hat den Auftrag bekommen eine „Pizzeria“ innenarchitektonisch zu gestalten. Der Restaurantbesitzer wünscht sich ein gemütliches und rustikales Restaurant und erbitet einen Vorentwurf. Nach Besichtigung der Pizzeria entscheidet Ihr Firmenchef einzelne Wände der Pizzeria mit Rahmen- und Plattenvertäfelungen zu verkleiden.
- Zeichnen Sie hierzu nach DIN 919 im M 1:1 je eine technische Konstruktion und ergänzen Sie diese jeweils durch eine Innen- und Außeneckausbildung.
- Entscheiden Sie frei über die Raumhöhe und jeweilige Wandlänge. Zeichnen Sie zwei Ansichten im M 1:5.
- Details und Ansichten sind jeweils für die Rahmen- und Plattenvertäfelungen auf DIN A3 Blättern darzustellen.

Durch Verkleiden der Wände und Decken können wir einen Raum verschönern und behaglicher machen. Auch der Raumeindruck kann durch geschickte Anordnung der Verkleidung verändert werden (z.B. wirkt er größer oder kleiner, höher oder niedriger). Gleichzeitig werden Rohre und Leitungsführungen verdeckt sowie die Schall- und Wärmedämmung verbessert.

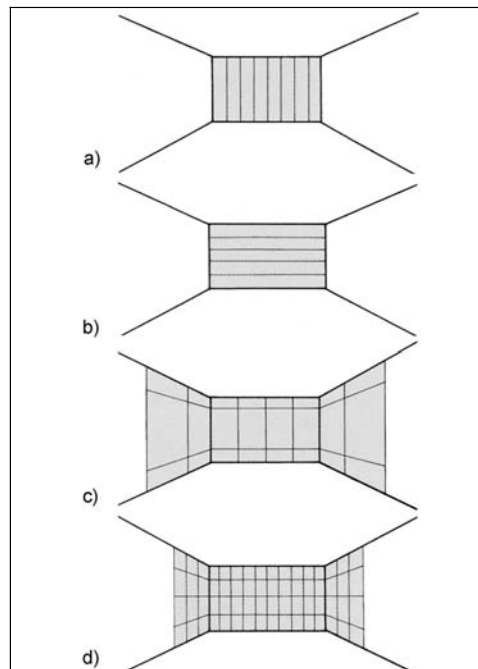
Wand- und Deckenverkleidungen sind nicht nur wesentliches Gestaltungselement und verdeckten Installation, sondern verbessern auch die Wärme- und Schalldämmung eines Raumes.

10

### 10.3.1 Wandverkleidungen

Wandverkleidungen mit Profilbrettern und -Stäbe, Rahmen- oder Plattentäfelungen ergeben durch die lebendige Holzstruktur und die Anordnung der Fugen ein natürlich-schönes Flächenbild und beeinflussen die Wirkung eines Raumes (10.23):

- Verkleiden wir zwei gegenüberliegende Wände, wirkt der Raum kürzer;
- montieren wir die Profilbretter vertikal, wirkt der Raum höher;
- befestigen wir die Vertäfelung horizontal, wirkt der Raum breiter;
- wählen wir nur für eine Wand Paneele, betonen wir diese Fläche;
- durch großflächige Wandelemente verkleinern, durch kleine Aufteilungen vergrößern wir einen Raum optisch.



**Bild 10.23** Veränderung der Raumwirkung durch Elementanordnung und Aufteilung a) wirkt höher, b) wirkt breiter (niedriger), c) wirkt kleiner, d) wirkt größer und schmaler

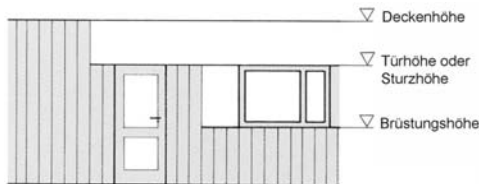
#### Allgemein können wir sagen:

Durch senkrechte Verkleidung wirkt ein Raum höher, kürzer und schmaler.

Durch waagerechte Verkleidung wirkt er niedriger, länger und breiter.

Daneben haben auch Holzart und -farbe Einfluss auf die Raumwirkung. Dunkle Hölzer wirken schwerer und meist gediegener, helle Hölzer leichter und freundlicher.

Bei der Höhe der Wandverkleidung sollte man sich aus gestalterischen Gründen an Bezugshöhen im Raum orientieren, z.B. Fensterbrüstung, Fenstersturz, Tür- oder Deckenhöhen (10.24).



**Bild 10.24** Bezugshöhen für Verkleidungen

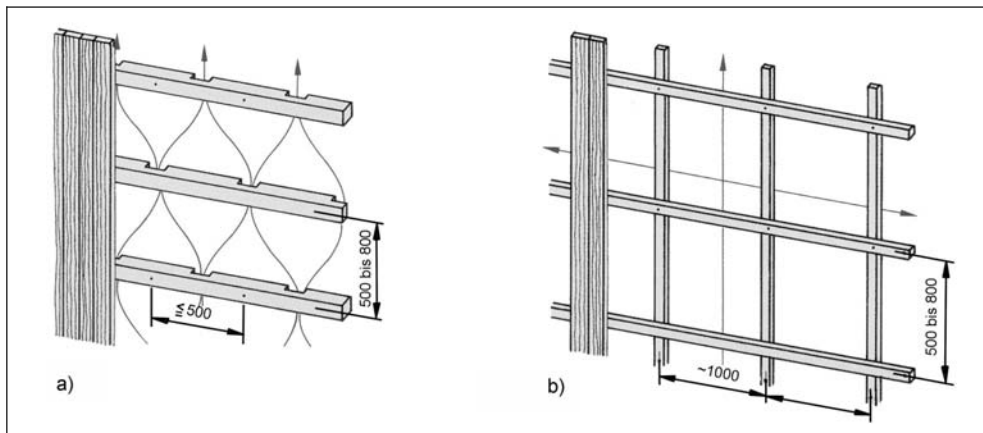
Durch eine entsprechende Wahl des Werkstoffs, der Konstruktion und Anordnung der Wand- und Deckenverkleidung lässt sich die Akustik verändern. Unterbrochene, d.h. geschlitzte oder gelochte Akustikplatten oder hinterlegte Mineralwolle verringern die Schallreflexion und die Lautstärke.

Je größer die Schallabsorptionsfläche, desto niedriger der Schallpegel.

Meist können wir die Verkleidungen als Halbfertigerzeugnisse montagefertig kaufen. Wie montiert man sie?

**Unterkonstruktion.** Direkt an die Wand können wir die Verkleidung nicht befestigen. Meist ist die Wand uneben und oft stören auch auf den Putz verlegte Leitungen. Außerdem entsteht infolge unterschiedlicher Temperaturen an der Außen- und Innenwand leicht Schwitzwasser, wenn keine Luftzirkulation (*Hinterlüftung*) möglich ist. Durch eine Unterkonstruktion aus Latten erhalten wir den erforderlichen Abstand zwischen Raumwand und Verkleidung. Bei senkrechter Verkleidung montieren wir die Latten waagrecht, bei querlaufender Verkleidung senkrecht laufend auf der Wand.

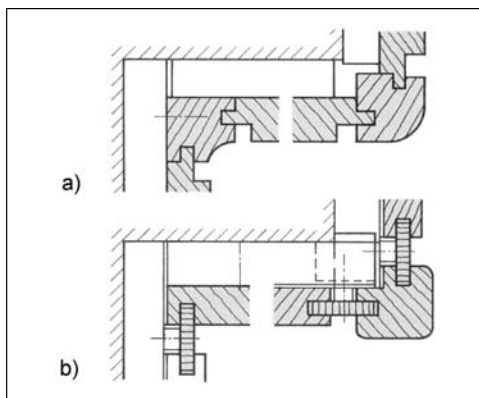
Die Latten sollten einen Querschnitt von 24/48 oder 30/50 haben (Normmaße) und gehobelt sein. Ihr Abstand hängt von der Dicke des Bekleidungsmaterials ab und beträgt 500 bis 800 mm. Um eine ausreichende Hinterlüftung zu erreichen, erhält die Verkleidung Lüftungsschlitze – möglichst unsichtbar über den Fußboden und unter der Decke. Die Luftzirkulation bei einer waagerechten Unterlattung erreicht man durch Bohrungen oder Aussparungen in den Latten (1 qm Wandfläche erfordert mind. 20 cm<sup>2</sup> Lüftungsquerschnitt). Die Montage einer zusätzlichen Grundlattung ermöglicht zwar auch eine Luftzirkulation, erfordert aber Platz und sollte nur bei Raumbedarf für eine notwendige Dämmmatte vorgesehen werden.



**Bild 10.25** Ausführung der Unterkonstruktion a) waagerechte Lattung mit Lüftungsschlitzen, b) senkrechte Grundlattung, waagerechte Feinlattung (Konterlattung)

Die Unterkonstruktion richtet man mit Wasserwaage sorgfältig aus. Sie wird in der Regel im Abstand von 600 mm mit Schrauben in Spreizdübel aus Kunststoff oder Metall befestigt. Kunststoffdübel mit verlängertem Schaft erleichtern die Montage. Die Bohrung in der Unterkonstruktion und der Wand wird in einem Arbeitsgang ausgeführt, das Schaftende sitzt in der Lattung. Neben Latten können auch Rahmen als Unterkonstruktion montiert werden (häufig bei Platten- und Rahmentäfelungen). Weil Schäden an der Unterkonstruktion später nur unter großen Kosten behoben werden können, müssen die Wände völlig trocken sein. In Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit und an Außenwänden ist ein vorbeugender chemischer Holzschutz notwendig.

Die Unterkonstruktion gleicht Wandunebenheiten aus, verdeckt Installationen und dient der Befestigung und Hinterlüftung.



**Bild 10.26** Eckverbindung der Paneele durch Profilklammern  
a) Eckprofil mit Schattennut  
b) Feder mit Fugenkralle

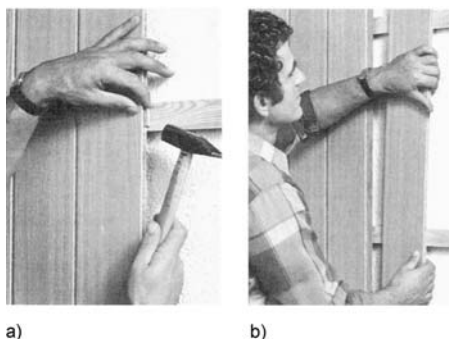
**Montage.** Zunächst befestigen wir die Randlatten rechtwinklig zur Verkleidungsrichtung an der Wand. Danach montieren wir die Lattung der Unterkonstruktion im Abstand von 500 bis 800 mm fluchtrecht (10.25a).

Wenn Dämmmaterial vorzusehen ist, sollten wir zuerst eine Grundlattung anschrauben, zwischen der die Dämmung eingebaut werden kann. Die mit Aluminiumfolie kaschierte Seite kommt zur Raumseite. Die Beschichtung dient als Dampfsperre, die ein Durchfeuchten der Dämmung verhindert. Anschließend montieren wir rechtwinklig dazu die Feinlattung (Konterlattung) zur Aufnahme der Verkleidung (10.25b). Das oberste und unterste, rechte oder linke Profilbrett dient als Wand- oder Deckenabschluss und als feste Unterfütterung der Stirnkanten. Die weitere Arbeit hängt von der Art der Verkleidung ab.

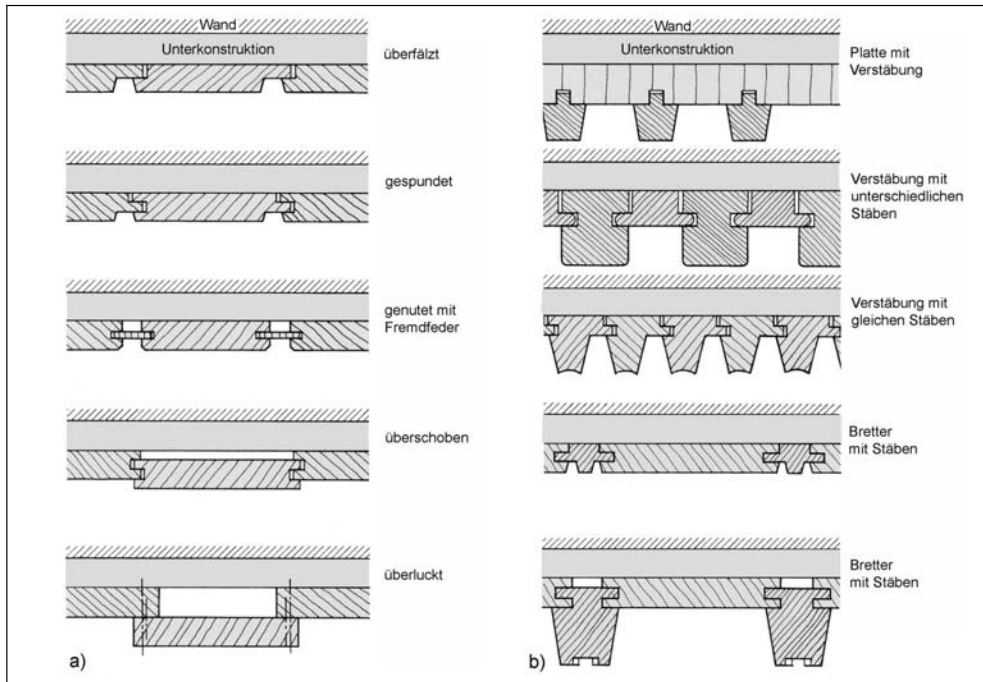
Beim Befestigen der Paneele sind die Abstände vom Boden einzuhalten. Ein Holzklötz im gewünschten Abstandsmaß erleichtert die regelmäßige Montage. Das erste Brett wird mit der Wasserwaage ausgerichtet und nur leicht angeschraubt, um die Stellung (genau senkrecht) justieren zu können.

Jede Ungenauigkeit und Nachlässigkeit bei der Montage wird später in der Gesamtverkleidung sichtbar.

Bei Wandanschlüssen können wir dafür vorgesehene Schienenprofile wählen oder Endkanten (Schattenkanten) befestigen, die einen sauberen Abschluss erlauben. An den Ecken sind entsprechende Profile, Nut- und Federverbindungen möglich (10.27).



**Bild 10.27** Montage von Paneelen  
a) das Paneel wird mit einer Klammer befestigt, b) nach Einsatz der Feder wird das nächste Paneel eingesetzt

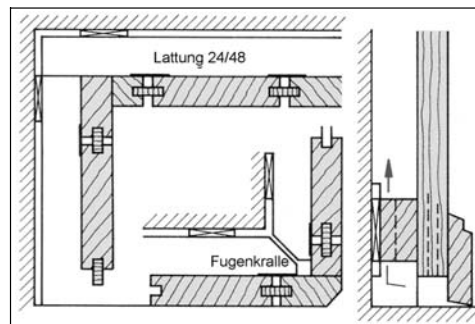


**Bild 10.28** a) Verbretterung, b) Verstärkung (offen und geschlossen)

**Verkleidung aus Brettern** (Verbretterung, Brett-Täfelung). Die Anordnung der Bretter (waagrecht, senkrecht, diagonal), Holzfarbe und Oberflächenbehandlung sowie ihre Profilierung (Schattenfuge, Fasse, Kehle) bestimmen die Gliederung und Gesamtwirkung der Wand. Sie werden gespundet, gefedert, überfäلت, überschoben oder überlückt (aufgesetzt) miteinander verbunden (10.28). Nicht sichtbare Spreiz- und Heftklammern oder Fugenkrallen halten die Bretter auf der Unterkonstruktion fest. Möglich ist auch eine Befestigung mit Nägeln oder sichtbaren Zierschrauben. Niedrige Verkleidungen können durch eine Nut in der Sockel- und Abdeckleiste gehalten werden. Bild 10.29 zeigt Innen- und Außenecken sowie den Vertikalschnitt einer Brettverkleidung.

**Durch die Verstärkung** erreicht man eine stärkere Wandgliederung. Für die Verstärkung der Wände montiert man schmale profilierte Leisten (max. 60 mm breit) als fortlaufende Stabform (geschlossene Verstärkung) oder abwechselnd schmale Profileleisten und Bretter/Platten (offene Verstärkung, 10.28). Schma-

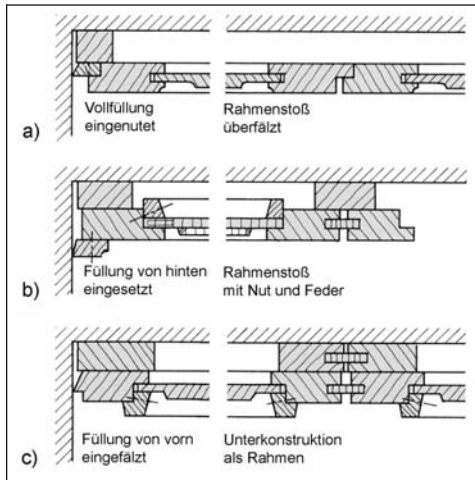
le Profilstäbe eignen sich besonders für die Verkleidung gewölbter Flächen und Säulen.



**Bild 10.29** Verbreiterung einer Innen- und Außenecke mit Sockelanschluss

**Rahmentäfelungen (Rahmen mit Füllung)** verwendet man, wenn eine starke Gliederung der Wandfläche in rechteckige oder quadratische Felder erwünscht ist. Als Unterkonstruktion dienen neben einer Lattung oft auch Rahmenelemente. Die Füllungen bestehen meist

aus furnierten Holzwerkstoffplatten, selten aus Vollholz. Wir legen sie in Nuten, in Fälze oder überschoben ein. Die eingelegten Füllungen können von der Rückseite oder von der Sichtseite her verleistet werden (10.30, 10.31). Bei einer Verleistung von der Sichtseite mit stark profilierten Stäben lässt sich das Rahmenelement betonen und ausdrucksvoll gliedern. Neben dieser Konstruktion gibt es vorgefertigte kassettenartige Platten, die wie Rahmentäfelungen wirken.



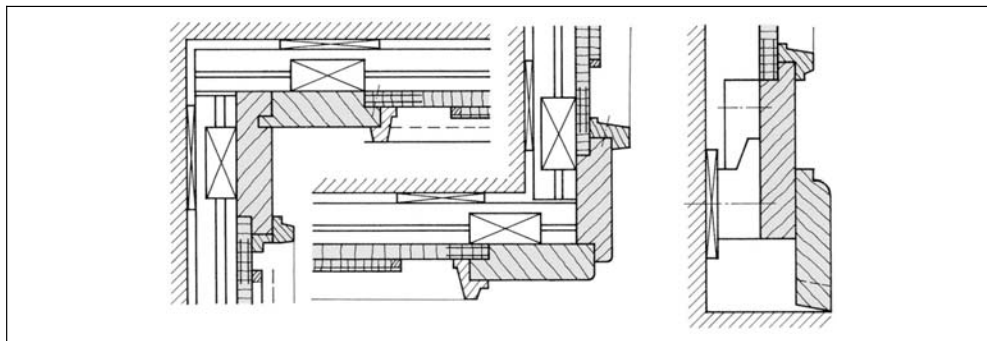
**Bild 10.30** Rahmentäfelung  
 a) Vollholzfällung eingenuftet, Rahmenstoß überfältzt b) Fällung von hinten eingesetzt, Rahmenstoß mit Nut und Feder c) Fällung von vorn eingefältzt, Unterkonstruktion als Rahmen

**Verkleidungen aus Plattentäfelungen** bestehen aus furnierten oder beschichteten Holzwerkstoffen (Sperrholz, Spanplatten) oder anderen Materialien und werden auf Latten oder Rahmen befestigt (10.32). Platten können ebenso wie Rahmen auch an eine horizontale Lattung eingehängt werden (10.32d).

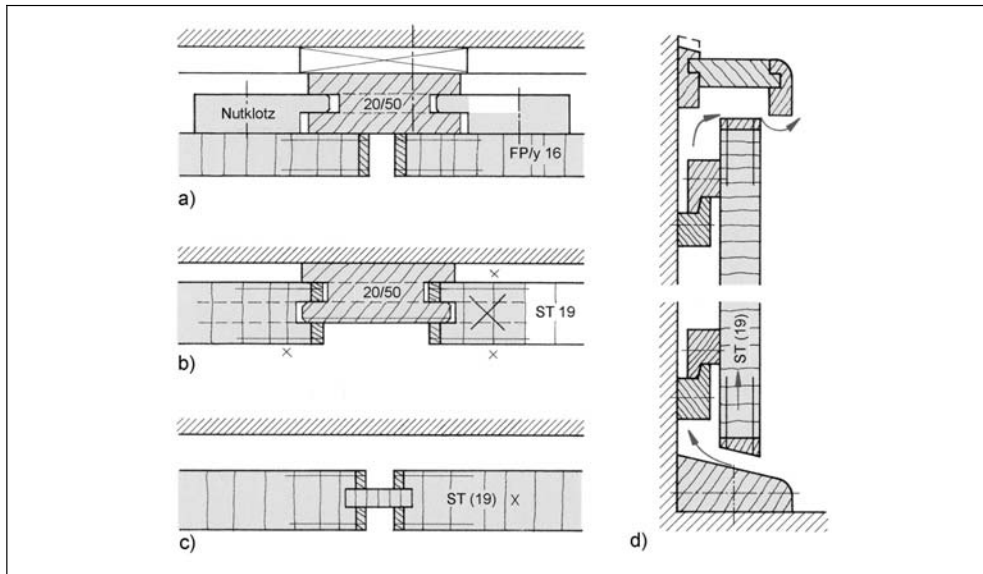
Neben Platten mit unterschiedlichen Formaten verwendet man auch vorgefertigte, oberflächenbehandelte Streifenelemente (Paneele) für die Verkleidung. Die genuteten oder gefälzten Stöße erhalten schmale oder breite Fugen. Dadurch wirkt die Fläche geschlossen oder gegliedert. Zur Befestigung der Elemente dienen Leisten oder Einhängvorrichtungen (10.33).

**Technische Verkleidungen** empfehlen sich als zusätzliche Dämmungen, um den hohen Anforderungen an Wärme- und Schallschutz zu genügen. Eine Gips-Vorsatzschale erhöht den *Wärmeschutz*. Der Gipsmörtel wird im Punktklebeverfahren (kleine Häufchen) aufgebracht (10.36). Dann drücken wir die Tafel gegen die Mauer, bis der Gips haftet. Zwischen den Gipsballen zirkuliert die Luft und verhindert Stockflecken oder Schweißwasser. Die Fugen werden mit Fugenmassen verspachtelt.

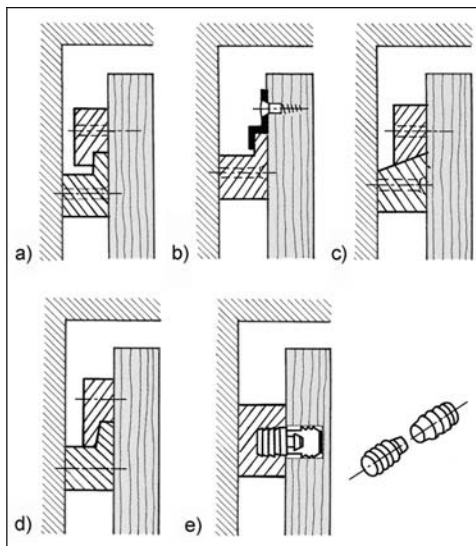
Zur Dämmung der Außenwand kann eine Dämmschicht aus Polystyrol, Glas- oder Steinwolle zwischen der Gipsbauplattenwand und der Außenwand dienen. Eine zusätzliche Kunststoff- oder Aluminiumfolie auf der raumseitig gelegenen Dämmschicht wirkt als Dampfbremse und verhindert Schweißwasser (10.35). Zum Befestigen nehmen wir nur nichtrostendes Material. Im Handel erhältlich sind auch Verbundplatten (Gipskartonplatten mit Polystyrolbeschichtung).



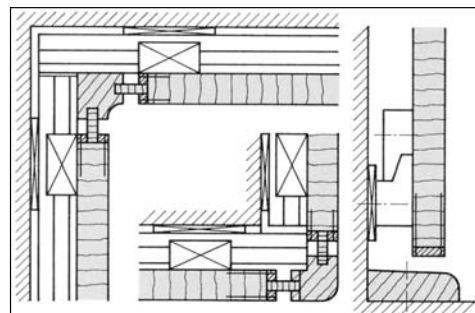
**Bild 10.31** Rahmentäfelung einer Innen- und Außenecke mit Sockelausbildung

**Bild 10.32** Plattentäfelung

a) Befestigung mit Nutklotz, b) mit Nutleiste, c) eingehängt, Kante genietet mit Feder, d) eingehängt in Falzleiste (Vertikalschnitt)

**Bild 10.33** Elementbefestigung

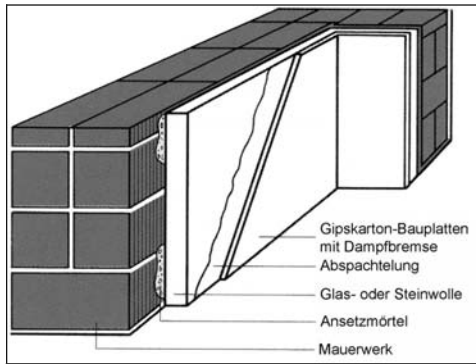
a) Falzleiste, b) Falzleiste mit Haken, c) konische Leisten, d) konische Falzleiste, e) Steckverbindung

**Bild 10.34** Plattenvertäfelung einer Innen- und Außenecke mit Eckprofil, Sockelanschluss

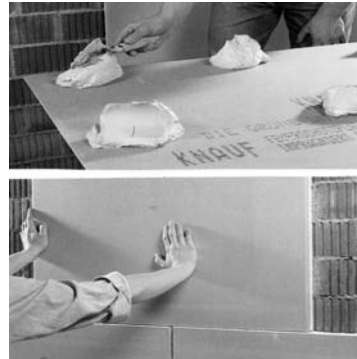
Auch zur *Schalldämmung* verwendet man Dämmstoffe zwischen Wand und Vorsatzschale. Wenn keine starren, steifen Verbindungselemente dazwischenliegen, gibt es auch keine Schallbrücken. Daher wird die Unterkonstruktion mit Metallbügeln und federnden Profilen aus nichtrostenden Metallen befestigt. Auch eine Randdämmung aus Filz an Boden, Decke und Wand unterbindet die Schallleitung. Andere schalldämmende



Maßnahmen: schweres Plattenmaterial; Vorsatzschalen nicht fest miteinander verbinden, damit sich der Schall nicht über Decken, Fußboden und Wände fortpflanzen kann (biege- weiche Stoffe).



**Bild 10.35** Aufbau einer wärmeisolierten Wand (Vorsatzschale)



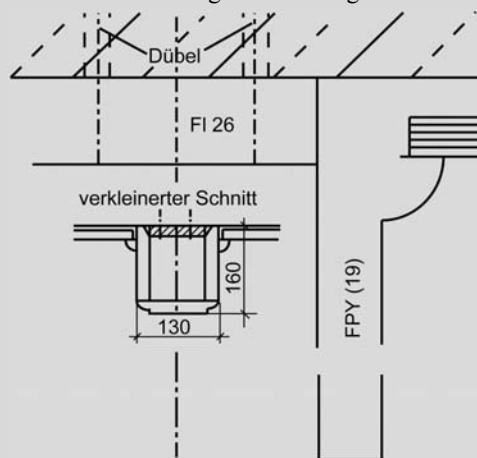
**Bild 10.36** Die Gipskartonplatte erhält im Punktverfahren Gipsmörtel und wird mit versetzten Stößen angeklebt

**Wandverkleidung:** Verbretterung, Verstärkung, Rahmentäfelung, Plattentäfelung zusätzliche Wärme- und Schalldämmung durch Vorsatzschalen.

### 10.3.2 Deckenverkleidungen

#### Arbeitsauftrag Nr. 88 Lernfeld LF 8

- Der Leiter der Kunstgalerie hat sich mit der Bitte an Ihre Firma gewandt, ihm einen Vorschlag für die optische Abminderung der Deckenhöhe in einem der Ausstellungsräume zu unterbreiten. Die Kosten hierfür sollen möglichst gering sein. Sie werden von Ihrem Meister beauftragt, die nachfolgende Teilzeichnung



(Vertikalschnitt) eines Scheimbalkens mit anschließenden Profilbrettern fachgerecht nach DIN 919 zu vervollständigen, zu bemaßen und im M 1:1 auf einem DIN A4 Blatt zu zeichnen, um die späteren Fertigungsarbeiten selbständig ausführen zu können. Der Scheimbalken soll aus mit Eiche furnierten Spanplatten mit den Maßen 130 × 160 mm hergestellt werden. Die Profilbretter liegen auf Viertelstäben. Die Balkenkonstruktion wird an einem 26 mm dicken Blindbrett befestigt.

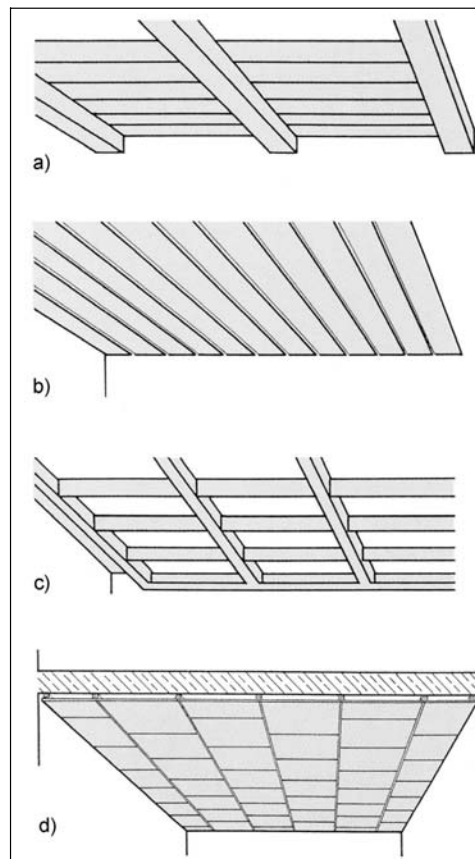
- Die folgenden Fragen sind nach der „Zweischritt – Methode“ zu beantworten. Vgl. 10.31. (Vgl. Arbeitsauftrag Nr. 33)

1. Wozu dienen Wand- und Deckenverkleidungen?
2. Welche Möglichkeiten gibt es, einen Raum optisch zu verkürzen?
3. Warum befestigt man Wand- und Deckenverkleidungen nicht direkt an der Mauer bzw. Decke?
4. Erklären Sie die Montage einer Verbretterung.

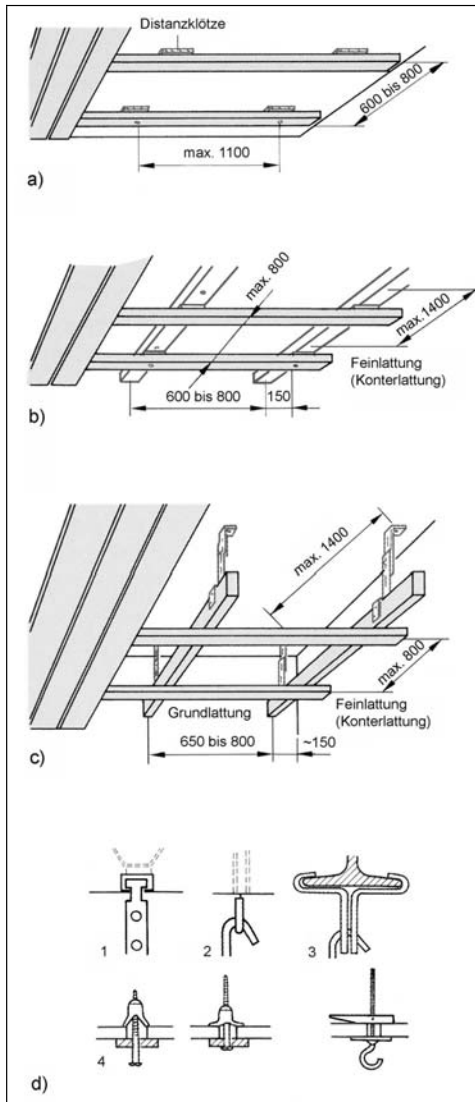
5. Wie verhindern Sie, dass die Füllungen von Rahmentäfelchen nicht aus dem Falz fallen?
6. Wie werden Plattenverkleidungen befestigt?
7. Nennen Sie zusätzliche wärme- und schalldämmende Maßnahmen bei Wänden und Decken.
8. Nennen Sie die Möglichkeiten der Deckenverkleidung.
9. Wie werden Scheinbalken befestigt und montiert?
10. Warum dürfen Bretter bei einer Deckenverkleidung nicht genagelt werden?
11. Was versteht man unter einer Lamellendecke?
12. Was müssen Sie bei Kassettendecken beachten?
13. Welche Maßnahmen treffen Sie, wenn Wand und Decke Fugen bilden?
14. Wodurch lässt sich die Trittschalldämmung bei einer Decke verstärken?
15. Nennen Sie vier Maßnahmen, um bei Deckenverkleidungen die Schallwellen zu verringern.
16. Welche Aufgabe hat die Lochung einer Akustikplatte?

Auch bei Deckenkonstruktionen ist die Verkleidung ein wesentliches Element. Sie verändert die Raumwirkung, verdeckt Leitungen und Lüftungskanäle, verbessert die Schall- und Wärmedämmung. Durch abgehängte Verkleidungen wirken hohe und lange Räume niedriger und harmonischer. Man kann sie als Balken-, Bretter-, Platten- oder Kassettendecke gestalten, die an einer Unterkonstruktion befestigt ist (10.38).

**Die Unterkonstruktion** wird entweder direkt an der tragenden Decke befestigt oder mit einem bestimmten Abstand abgehängt. Sie kann aus Metallschienen mit Abhängevorrichtung oder einer Holzkonstruktion bestehen. Die auf Zug belastete Unterkonstruktion muss sicher befestigt werden, um ein Herabstürzen der Verkleidung auszuschließen (DIN 18168). Bei schweren Konstruktionen müssen die verwendeten Dübel eine Zulassung haben. Das Anschließen an die Decke ist nicht erlaubt. Lattenquerschnitte, -abstände und Befestigungspunkte richten sich nach dem Deckengewicht und der Elementanordnung. Wenn die Stützweiten zu groß gewählt werden, kann es zum Durchhängen der Decke und zu Schäden kommen. Das Holz der Unterkonstruktion muss den Gütebedingungen nach DIN 4074 entsprechen und in Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit mit vorbeugendem Holzschutzmittel behandelt sein. Bild 10.39 zeigt unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten für die Unterkonstruktion. Bei Betondecken benutzt man Ankerschienen, Spreizdübel mit passenden Schrauben, für Hohlraumdecken Kippdübel oder Hohlraumdübel.



**Bild 10.38** Deckenarten  
a) Balkendecke,  
b) Bretterdecke,  
c) Kassettendecke,  
d) Plattendecke



**Bild 10.39** Befestigung der Unterkonstruktion  
 a) direkt: Unterlattung (50/30 oder 60/40) b) direkt: Grundlattung (50/30 oder 60/40), Feinlattung (Konterlattung, 48/24 oder 50/30) c) abgehängt: Grundlattung (60/40 hochkant), Feinlattung (Konterlattung, 48/24 oder 50/30) d) Befestigung der Abhänger: 1 einbetonierte Ankerschiene, 2 Spreizdübel mit Öse, 3 Stahlträger mit Lasche, 4 Patentdübel zur Hohraumbefestigung

**Bei der direkten Befestigung** der Decke wird die Unterkonstruktion unmittelbar an der Rohdecke befestigt. Unebenheiten werden durch Distanzklötze oder Abstandmontageschrauben ausgeglichen. Eine zusätzliche Grundlattung unter der Feinlattung ermöglicht das Einlegen von Dämmmaterial und Leitungen.

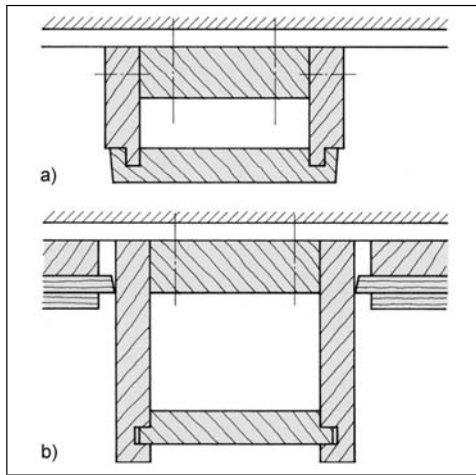
**Bei der abgehängten Decke** wird die Grundlattung wegen des besseren Tragverhaltens hochkant gestellt. Sinnvoll ist eine seitliche Befestigung der Abhängung an den Latten, damit die Schrauben keine Zugbelastung erhalten. Der Deckenraum kann für Installationsleitungen, Lüftungsröhre und Dämmmaßnahmen genutzt werden.

Decken-Unterkonstruktionen werden stark auf Zug beansprucht und müssen darum sicher befestigt werden.

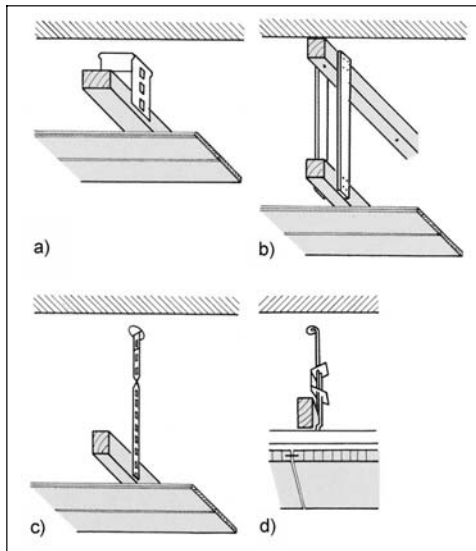
**Balkendecke.** Ursprünglich hatten Balken die Aufgabe, die Deckenlast zu tragen. Die schweren Hölzer wirken rustikal, behaglich und geben dem Raum zusammen mit passender Inneneinrichtung eine warme, gemütliche Atmosphäre. Die Deckenflächen zwischen den Balken können verputzt, mit Platten oder mit einer quer laufenden Verbretterung verkleidet sein. Wegen der rauen Oberfläche und vorhandener Schwundrisse verkleidet man alte Balken oft mit Brettern zur Verschönerung.

Häufig sind Holzbalken jedoch keine tragenden Bauelemente, sondern nur aus Brettern gefügte Scheimbalken und dienen rein dekorativen Zwecken (Balkendeckenwirkung). Sie sollten in Querrichtung des Raumes angeordnet werden, wie es den statischen Regeln für Tragbalken entspricht. Dazu wird ein Montageholz mit Dübeln an die Decke geschraubt. Um dieses Kantholz werden die Seiten und die Abdeckplatten des Scheimbalkens geleimt, geschraubt oder festgestiftet (10.40).

Bei abgehängten *Scheimbalkendecken* hängt das Montageholz für den Scheimbalken an einem Tragrost aus Latten oder Brettern. Abhängbandeisen (Schlitzbandabhängler) halten die Tragkonstruktion an der Decke (10.41).



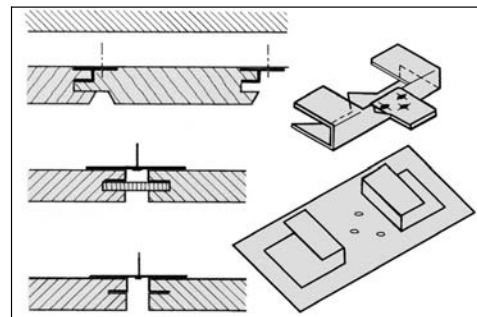
**Bild 10.40** Balkendecke  
a) flacher Scheinbalken mit Putzdecke b) hoher Scheinbalken mit Deckenverkleidung



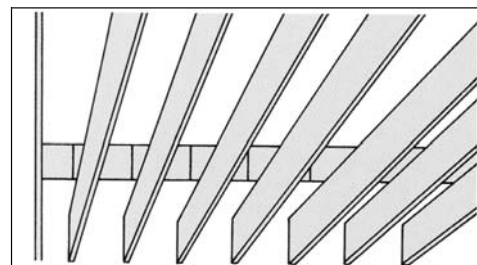
**Bild 10.41** Abgehängte Decken  
a) mit Federbügelhalter, b) mit Holzleisten, c) mit Schlitzbandabhängiger, d) mit Federspannabhängiger

**Bretterdecke.** Die Verkleidung besteht aus Profilbrettern, die gespannt, gefedert, überfält, überschoben, überlückt oder mit Fuge

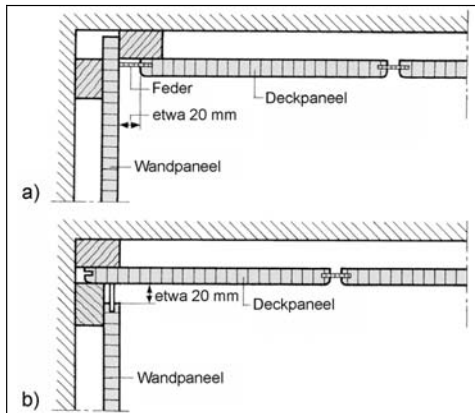
verlegt werden können. Die Brettbreiten liegen bei 85 bis 160 mm, die Brettstärken bei 12,5 bis 22 mm. Beidseitig genutete Profilbretter mit einer Fremdfeder sparen Holz und sind besonders bei teureren Holzarten vorteilhaft. Neben Profilbrettern verwendet man auch im Handel erhältliche furnierte oder beschichtete Holzwerkstoffpaneele. Die Unterkonstruktion (Lattenabstand 600 bis 800 mm) befestigt man direkt an der Decke oder an einer Abhängung. Klammern oder Profilkrallen halten die einzelnen Bretter zusammen (10.42). Durch eine Schattennut oder eine Profilleiste erreicht man einen sauberen Wandanschluss. Wenn wir Bretter oder Platten hochkant montieren, erhalten wir *Lamellendecken*. Sie verringern optisch die Raumhöhe und betonen die Längsrichtung (10.43). Der Deckenraum über den Lamellen wird offen gehalten, sodass ein größeres Luftvolumen zur Verfügung steht. Den abgehängten Bereich streicht man einschließlich Installation dunkel, damit er nicht einsehbar ist.



**Bild 10.42** Die einzelnen Bretter werden mit Profilklammern oder Fugenkrallen zusammengefügt



**Bild 10.43** Lamellendecke



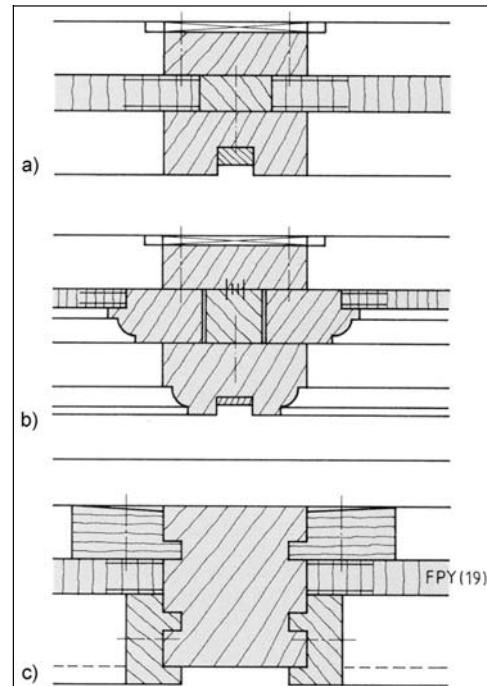
**Bild 10.44** Plattendecke, Decken/Wand-Anschluss  
 a) Das Deckenpaneel wird mit Federn gegen die durchgehende Wandpaneel geschoben  
 b) Wandpaneel mit Feder schließt gegen durchgehende Deckenpaneel ab

**Plattendecke.** Die rechteckigen oder quadratischen Platten aus furnierten oder beschichteten Holzwerkstoffen sind meist montagegerecht vorgefertigt. Sie werden auf einer Unterkonstruktion an der Decke befestigt. Die Plattenstöße erhalten meist eine Nut zur Aufnahme einer Feder. Den Wandanschluss bilden Randleisten, umlaufende Friese oder Schattennuten. Zum Befestigen an der Unterkonstruktion dienen unsichtbare Profilklemmern, Metallschienen, Randkrallen oder Nutklötze (10.44).

**Kassettendecken** setzen sich meist aus quadratischen, rechteckig oder geometrisch anders geformten Feldern zusammen. Rahmenfriese, Profilleisten, Zargen oder Scheinbalken begrenzen sie (10.45). In der Regel wird man nur große Räume mit Kassetten verkleiden, wo die plastische Wirkung der Konstruktion deutlich wird.

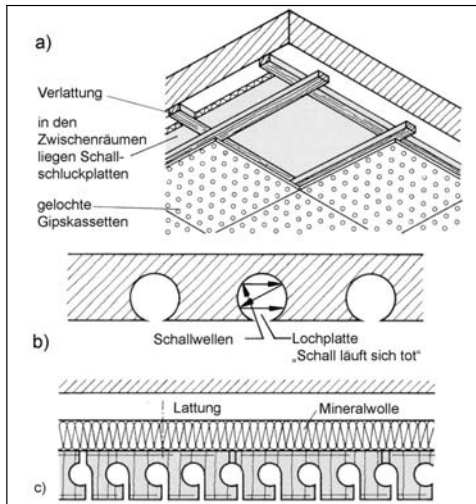
Die Wahl der Konstruktion hängt von der beabsichtigten Wirkung ab. Flache Kassetten stellt man als Rahmen mit Füllung oder durch eine Grundplatte mit aufgeleimten Profilleisten her. Tiefe Kassetten erhalten eine Zarge mit Füllung oder werden durch sich kreuzende Scheinbalken mit eingesetzter Füllung gebildet.

Furniert man die Füllungen, muss dies auf beiden Seiten geschehen. Als Unterkonstruktion wählt man Rahmenelemente oder Lattung aus Längs- und Querlatten (Konterlattung). Schwere Kassetten müssen als Einzelelemente an der Decke montiert werden. In Sälen finden wir auch Kassettendecken mit Feldern aus offenen Kastenformen, die eine sehr plastische Wirkung haben.



**Bild 10.45** Kassettendecke  
 a) Eingelegte Füllung mit Deckleiste  
 b) Eingeleger Rahmen durch Profilleiste gehalten  
 c) Zarge mit umgelegter Füllung und Falzleiste

Bei der Ausführung von Decken- und Wandverkleidungen ist darauf zu achten, dass beides zusammenpasst. Wir erreichen dies, indem wir z.B. die hervorstechenden Gestaltungselemente der Decke an der Wandtäfelung wieder erscheinen lassen und harmonisch mit der Deckenverkleidung abstimmen. Wo Wand und Decke Fugen bilden, sind entsprechende Eckanschlüsse wie Profilleisten, besondere Fälze oder zusätzliche Friese zu befestigen oder betonte Schattenfugen vorzusehen (10.45).



**Bild 10.46** Schalldämmende und schluckende Deckenverkleidungen,  
 a) Gipskarton-Lochplatte,  
 b) Prinzip der Schallschluckung,  
 c) geschlitzte Röhrenspanplatte, Mineralwolle hinterlegt.

Zur Kassettendecke muss die Wandverkleidung passen, d.h., die Hauptgestaltungselemente müssen wiederkehren. Zuerst wird die Decke, dann die Wand verkleidet.

**Technische Deckenverkleidungen.** Decken sind besonders trittschallempfindlich. Deshalb mindert man die Schallwellen durch zusätzliche Maßnahmen: durch Akustikbretter, gelochte Gipskartonplatten (Anteil der Lochung 15 % und mehr), Lamellendecke oder Röhrenspanplatten (10.46c). Abgehängte Decken bieten die Möglichkeit, noch Resonanzschallschlucker und Dämmstoffschichten einzulegen, die zusammen mit der Luftschicht schallschluckend wirken. Wie bei Wandverkleidungen sind sie außerdem wärmedämmend.

## 10.4 Trennwände

### Arbeitsauftrag Nr. 89 Lernfeld LF 8

- Erläutern Sie die Vor- und Nachteile leichter Trennwände. Erstellen Sie einen Arbeitsablaufplan zum Bau einer einfachen, leichten Trennwand. Ordnen Sie die für den Bau benötigten Werkzeuge den jeweiligen Arbeitsschritten zu. Skizzieren Sie den Aufbau einer leichten Trennwand im Horizontal- und Vertikalschnitt. Beachten Sie Wand-, Boden- und Deckenanschlüsse. Die Materialien sind zu benennen.
- Vervollständigen Sie mit den nachfolgenden Fragen Ihre Lernkartei.
  1. Welche beiden Arten von Trennwänden unterscheidet man grundsätzlich?
  2. Woraus bestehen feststehende Trennwände?
  3. Nennen Sie Vorteile beweglicher Trennwände.
  4. Welche bauphysikalischen Anforderungen stellt man an Trennwände?

Bei weiterreichendem Interesse am Thema „Trockenausbau“ wird das „Trockenbaubuch“ des Teubner Verlages empfohlen (siehe Literaturhinweise).

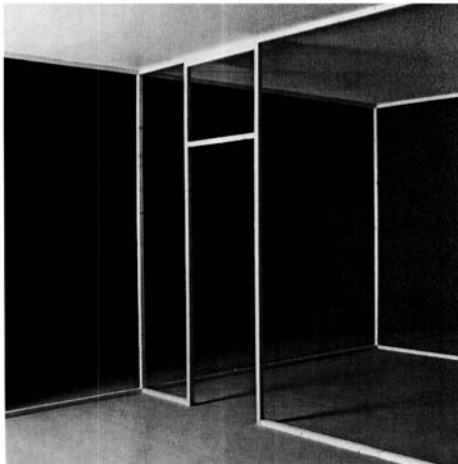
Trennwände dienen dazu, große Räume dauernd oder zeitweilig in kleinere Raumeinheiten aufzuteilen. Sie werden gewöhnlich in Leichtbauweise erstellt.

**Arten.** Wir unterscheiden *feststehende* und *bewegliche* Trennwände. Die beweglichen sollen leicht zu transportieren und zu montieren sein. Die festen Trennwände sind in der Regel schwerer, besonders wenn sie auch schalldämmend wirken sollen.

Trennwände teilen dauernd oder zeitweilig große Räume in kleinere Einheiten. Es sind statisch nichttragende Wände in Leichtbauweise.

### 10.4.1 Feststehende Trennwände

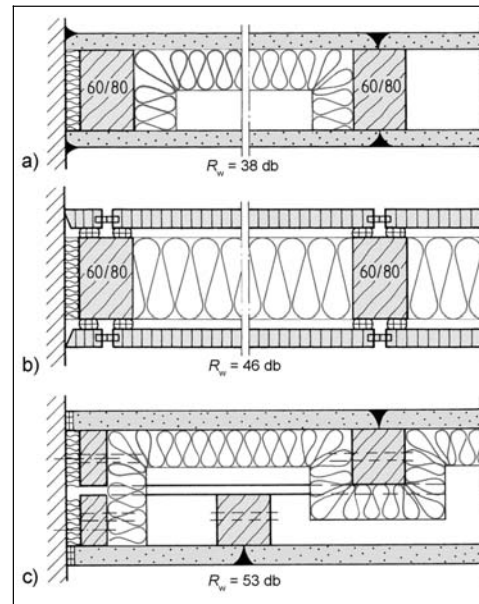
**Gerippewände.** Sie bestehen aus einer Tragkonstruktion (Metall oder Holz), die mit Winkelisen, Metallprofilen oder Langschrauben direkt mit dem Boden oder der Decke verbunden wird (Gerippewand, 10.47). Für die Beplankung kann man Bretter, Holzwerkstoff- oder Gipskartonplatten aufnageln oder aufschrauben.



**Bild 10.47** Rahmenkonstruktion einer Trennwand

Bei der Holzgerippewand montieren wir zunächst die Decken- und Bodenschwelle auf Dämmstreifen (z.B. Filz), anschließend die senkrechten Pfosten aus Kanthölzern mit der Schmalseite zur Beplankung. Der Pfostenabstand (600 bis 800 mm) richtet sich nach dem Beplankungsmaterial und den Plattenformaten (Plattenstoß am Pfosten). Die Verarbeitungsvorschriften für Gipskartonplatten und andere Materialien müssen berücksichtigt werden. Die Räume zwischen den Pfosten können mit wärme- oder schalldämmenden Mineralfasermatten ausgefüllt werden. Zwischen den Pfosten montieren wir zur Aussteifung Riegel. Zur

besseren Schalldämmung können wir die Pfosten auch versetzt als Doppelständerwand aufstellen. Dadurch werden Schallbrücken vermieden. In dem Ständerzwischenraum kann eine durchlaufende Dämmmatte wellenförmig montiert werden (10.48c).

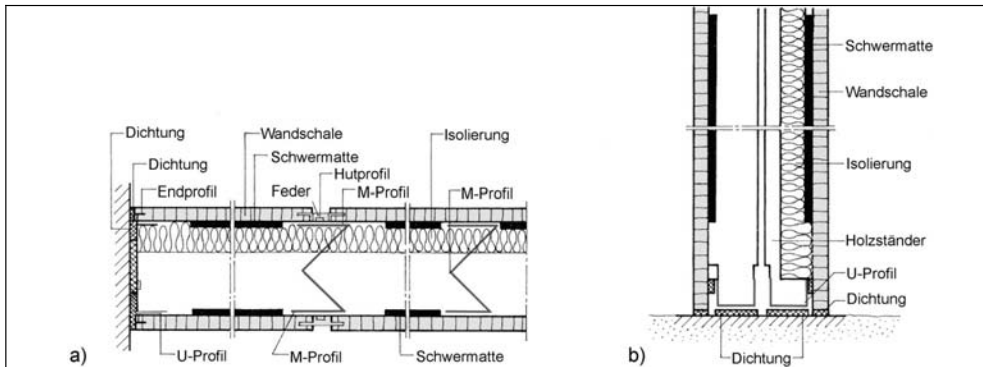


**Bild 10.48** Trennwandkonstruktionen

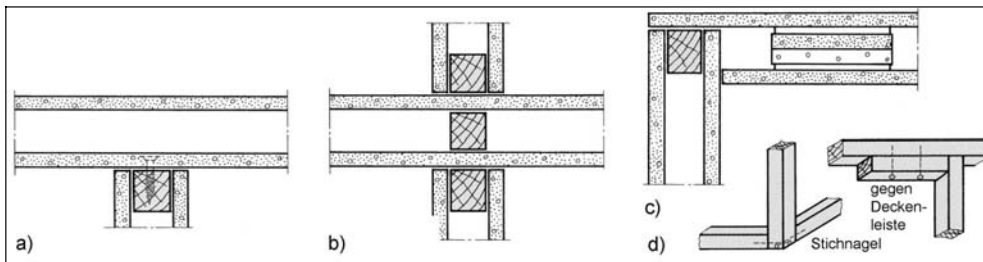
- Holzständer mit Gipskartonplatten beplankt, innen Mineralwolle
- Holzständer mit FPY 16 federnd beplankt, innen Mineralwolle
- Doppelständerwand mit Gipskartonpl. beplankt, Mineralwolle

Wo die Wandteile aneinander treffen, werden sie mit Spezialprofilen am Unterbau und an den Kanthölzern befestigt. Besonders geformte Profile stabilisieren die Wandfläche (10.49). Die Wand-, Decken- und Bodenanschlüsse einer Holzgerippewand zeigt 10.50. Bei Holzwerkstoffplatten wird die Stoßfuge meist durch eine Fase oder Schattennut betont, bei Gipskartonplatten verspachtelt man die Fuge und kann die Wand anschließend tapezieren.

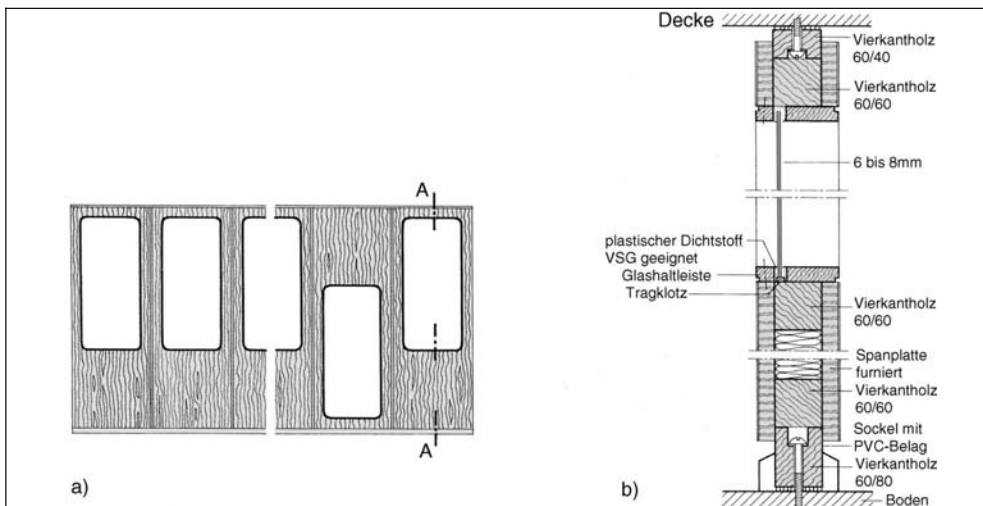
Außer diesen Trennwänden gibt es Innenwände aus montagefertig hergestellten Einzelelementen (Elementwände oder Montagewände).



**Bild 10.49** Zweischalige Trennwand  
 a) mit Metallständer und M-Profilen, b) mit Holzständer und U-Profilen



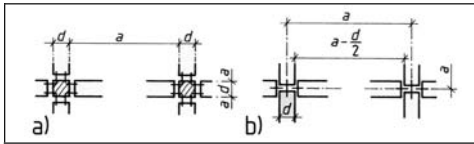
**Bild 10.50** Wandanschlüsse und -übergänge  
 a) T-Anschluss,  
 b) zweiseitiger Anschluss,  
 c) Eckübergang,  
 d) Übergang gegen Boden und Deckenleiste



**Bild 10.51** Elementwände  
 a) Ansicht, b) Schnitt mit Decken- und Bodenanschluss



**Elementwände (Montagewände).** Montagewände bestehen aus vorgefertigten Wandelementen, die auf der Baustelle zusammengesetzt werden. Die Elemente müssen einfach zu transportieren und schnell aufzustellen sein. Sie enthalten bereits Oberlichter, Türen oder ganze Glasfronten. Um die Vorfertigung zu erleichtern und das Auswechseln und Versetzen zu ermöglichen, wird ein Rastersystem festgelegt (Achsen- oder Bandraster **10.52**). Die Elemente gibt es sowohl als Holzkonstruktion als auch aus Aluminium, Stahl oder als Verbundwerkstoff (**10.51**).

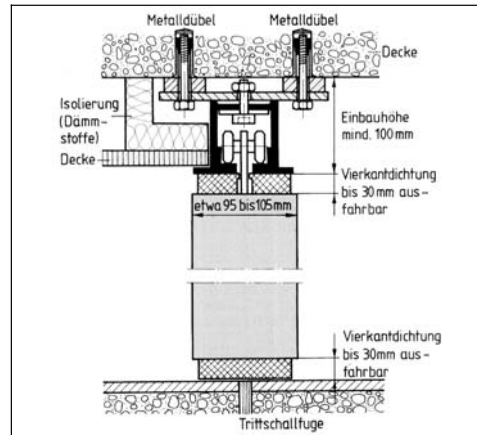


**Bild 10.52** Rastersysteme  
a) Bandraster, b) Achsraster

#### 10.4.2 Bewegliche Trennwände

Wir finden sie vor allem in Großraumbüros, Restaurants und Ausstellungshallen, Schulen und Turnhallen. Aufgebaut sind sie aus Fertigelementen mit beweglichen Verbindungen – es sind fahrbare Wände. Sie begegnen uns als Schiebe-, Falt-, Harmonika-, Roll-, Hub- und Versenk- wände und bewegen sich in festen Führungen

und Schienen in der Decke, häufig auch im Fußboden. Besondere Anforderungen werden an den Schall- und Feuerschutz gestellt. So montiert man z.B. zweischalige, schwer entflammbare Wandelemente unter Verwendung von Metall- und Stahlrohrprofilen (**10.53**). Bewegliche Trennwände mit einem mittleren Schalldämmwert von 45 dB wirken nur schallschützend, wenn Schallnebenwege vermieden werden. Je höher die Schalldämmung, um so bedeutender ist die Nebenwegübertragung des Schalls.



**Bild 10.53** Boden- und Deckenanschluss mit Isolierung

### 10.5 Systemmöbel und Einbaumöbel

#### Arbeitsauftrag Nr. 90 Lernfeld LF 6,7

- Fertigen Sie eine Grundrisskizze des Wochenendhauses der Familie Mustermann im M 1:50 (vgl. Arbeitsauftrag). Ergänzen Sie den Grundriss, in dem Sie die drei grundlegenden Arten von Einbaumöbeln Sinnvoll einzeichnen und benennen. Orientieren Sie sich an der Abbildung **10.54** Einbaumöbel.
- Erarbeiten Sie einen Kurzvortrag zum Thema „System- und Einbaumöbel“ unter Einbeziehung der nachfolgenden Fragen.
  1. Auf welche Weise gelingt es der Möbelindustrie, trotz maschineller und vollautomatischer Fertigungsverfahren die Wünsche des einzelnen Kunden zu erfüllen?
  2. Was sind Einbauschränke, Schrankwände und Wandschränke? Nennen Sie die wesentlichen Unterschiede.
  3. Was ist beim Montieren eines Einbauschranks zu beachten?
  4. Welche Aufbausysteme gibt es bei Einbaumöbeln?
  5. Was bedeuten die Begriffe System 32, Eurosystem, System 25?
  6. Welche Ziele will man durch Möbelsysteme erreichen?

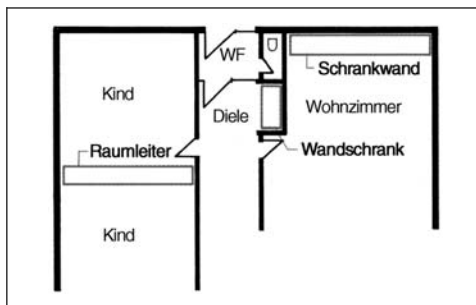
Beachten Sie bei Ihrem Vortrag die im Kapitel „Methoden“ gegebenen Hinweise.

Die Schülerinnen und Schüler können die gehaltenen Vorträge bewerten und Verbesserungsvorschläge erarbeiten. (siehe Methoden)

**Systemmöbel** werden heute aus Kostengründen meist industriell und aus vorgefertigten Normbauteilen hergestellt. Regale, Schränke, Schrankwände und Raumteiler können den räumlichen Gegebenheiten angepasst werden. Das Lochreihensystem mit verschiedenen Grundabständen (z.B. 20, 25, 30 oder 32 mm) ermöglicht dabei

- höchste Anpassungsfähigkeit.
- einfache Befestigung von Schrankverbindern, Beschlägen und Bodenträgern,
- mühelose Zerlegbarkeit.

Obwohl genaue Bauanleitungen dem Bezieher den Zusammenbau ermöglichen, bleibt für den Tischler noch ein weiteres Betätigungsfeld. So kann er dem Interessenten die Gestaltungsvielfalt der verschiedenen Systeme erläutern, ihn beraten und den Auf- und Einbau an Ort und Stelle übernehmen.

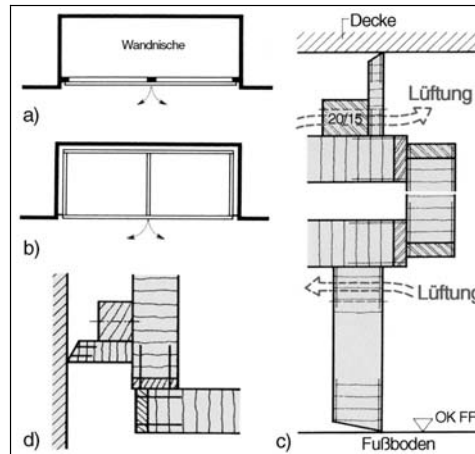


**Bild 10.54** Einbaumöbel

**Einbauschränke** sind mit dem Gebäude verbundene Schrankwände und Raumteiler (10.54).

**Der Wandschrank** füllt meist Nischen oder Ecken aus. Durch den bündigen Boden-, Wand- und Deckenanschluss nutzt er den Raum optimal aus. Erforderlich ist ein Frontrahmen (Blendrahmen) aus Holz mit den angeschlagenen Türen. Die Träger der Einlegeböden können im Mauerwerk befestigt sein. Neben dieser einfachen Ausführung gibt es Schränke aus Kastelementen (Unter- und Oberboden, Seiten- und Rückwände, 10.55).

**Die Schrankwand** füllt eine ganze Wandfläche aus. Wir können sie auf die verschiedenste Weise aufteilen und damit Einfluss auf die räumliche Gestaltung nehmen (z.B. Betonen der Waagerechten oder Senkrechten).



**Bild 10.55** Wandschrank

- einfache Ausführung mit Frontrahmen und daran angeschlagenen Türen,
- Schrank mit Böden, Seiten und Rückwand,
- Hinterlüftung,
- Vorderer Wandanschluss

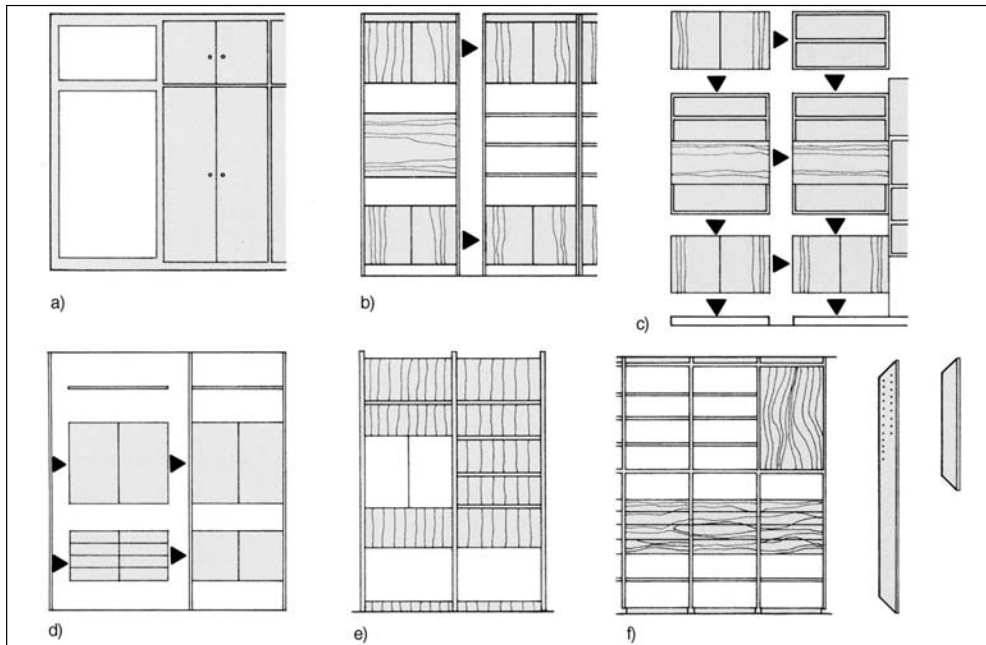
**Der Raumteiler** ist eine Schrankwand, die zwei Räume trennt bzw. einen Raum aufteilt. Auch hierbei bieten sich viele Möglichkeiten für individuelle Raumgestaltung (z.B. geschlossenen, teilweise offen oder transparent).

Wandschränke verdecken einen Teil der Wandfläche, Schrankwände füllen die ganze Wandfläche aus, Raumteiler trennen oder unterteilen Räume.

Eingebaute Schränke müssen zu den umgebenden Bauteilen (Wände, Boden, Decke) einen Mindestabstand von 20 mm haben. Boden- und Deckenanschlüsse sind mit Löchern oder Schlitzen zu versehen, damit Feuchtigkeit abziehen kann (Hinterlüftung, 10.55c).

**Aufbau.** Einbaumöbel werden in leicht transportierbaren Einzelteilen oder kleineren Kastelementen geliefert und an Ort und Stelle zusammengebaut. Dabei unterscheiden wir mehrere Aufbausysteme:

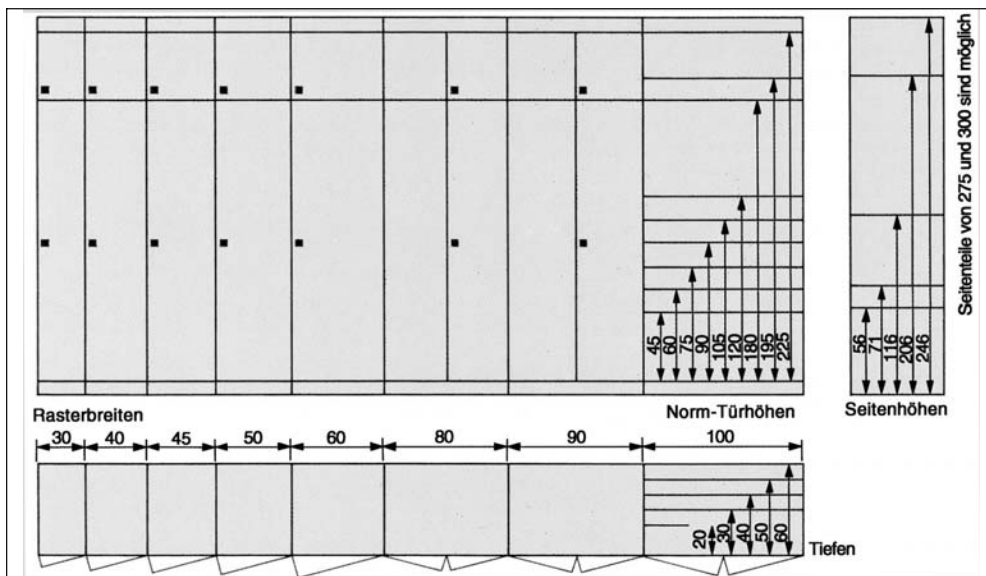
- lauter Einzelteile, die durch zeitaufwendige Montage von Schrankverbindern verbunden werden;
- getrennter Aufbau von Korpus und Frontrahmen mit schon angeschlagenen Türen;
- Kombination von fertigen Kastelementen und einzelnen Teilen;



**Bild 10.56** Aufbausystem von Schrankwänden

a) Frontrahmen mit Türen, b) raumhohe Schrankelemente aneinander gereiht, c) Kasten-elemente, zusammengesetzt, d) raumhohe Seiten oder Stollen mit eingehängten Elementen, e) Wandträger mit Elementen, f) Einzelteile mit Schrankverbinder (z.B. 32-System)

10



**Bild 10.57** Modul Euro 25

- Aufeinander stellen gleich breiter Kastenelemente, daher leichte Montage, aber jeweils doppelte Böden und Seiten (10.56).

Vereinfacht wird der Aufbau durch das Rastermaß (Modul). Der Bohrloch-Achsabstand beträgt je nach System 16 bzw. 32 mm oder (Euro) 25 mm. So ist ein ganzes Programm von Hänge-, Kompakt-, Raumteiler-, Regal-

und Singlewänden aufeinander abgestimmt und kombinierbar (10.57).

#### Beispiel

Schrankwände in einer Einraum-Wohnung mit schwenkbarem Klapptisch, TV-Fächern mit ausziehbaren Drehtüren, Kleiderschrank, Toiletentisch, die alle in die Schrankwand zu klappen sind und bei Bedarf herausgezogen werden können.

## 10.6 Holzfußböden

### Arbeitsauftrag Nr. 91 Lernfeld LF 8

- Erstellen Sie einen Arbeitsablaufplan für die Herstellung eines Trockenbodens. Ergänzen Sie den Plan mit einer Montage-check-Liste für die bei der Montage notwendigen Werkzeuge und Hilfsmittel.
- Für ein Gespräch mit dem Bauherrn vor Ort sollten Sie die folgenden Fragen beantworten können.
  1. Zählen Sie Vorzüge von Holzfußböden auf.
  2. Warum ist die Verwendung von Holzfußböden gegenüber zu Stein- und Kunststoffbelägen so gering?
  3. Warum soll bei Dielenfußböden die linke Seite von Seitenbrettern oben liegen?
  4. Welche Vorteile bietet die Verwendung von Brettern mit stehenden Jahrringen?
  5. Warum sollen Fußbodenbretter mit Abstand zur Wand verlegt werden?
  6. Welche Holzarten eignen sich für die Herstellung von Parkett?
  7. Was versteht man unter Fertigparkett?
  8. Erläutern Sie die Vorteile eines Fußbodenbelags aus Holzpflaster.
  9. Welche Plattentypen werden für Trockenunterböden eingesetzt?
  10. Warum müssen die Verlegeplatten in einem Mindestabstand zur Wand verlegt werden?
- Üben Sie das Kundengespräch als „Rollenspiel“ im Klassenverband. Nutzen Sie Video-Kameras und werten Sie die Gespräche aus.

Seit Jahrhunderten ist der Holzfußboden ein raumgestaltendes Element im Innenausbau. Wohl kein anderes Belagsmaterial vereint so viele Vorzüge in sich.

#### Holzfußböden

- haben eine außergewöhnlich hohe Lebensdauer (geringer Abnutzungsfaktor),
- sind fußwarm, preiswert und wirtschaftlich,
- sind in Verbindung mit Oberflächenversiegelungen leicht zu reinigen und zu pflegen,
- laden sich nicht elektrisch auf,
- strahlen Wärme aus und fördern das Wohlbefinden, da sie ein Stück Natur im Wohnbereich bedeuten,
- können jederzeit wieder abgeschliffen und somit erneuert werden.

Trotzdem liegt der Anteil der Holzfußböden weit hinter Belagstoffen aus Stein und Kunst-

stoff zurück. Dabei unterscheiden wir zwischen Dielenfußböden, Parkettböden und Holzpflaster.

**Dielenfußböden.** Das Verlegen von einfachen Dielenfußböden aus gehobelten, gespundeten Nadelholz Brettern gehört nur noch zu den seltenen Tätigkeiten des Tischlers. Das verwendete Holz muss trocken (8 bis 12 % Holzfeuchte), frei von Rissen, möglichst astfrei und gesund sein. Vor der Verlegung sollte es über einen längeren Zeitraum (1 bis 2 Wochen) am Verwendungsort gelagert werden. Bei der Holz Auswahl ist Brettware mit stehenden Jahressringen vorzuziehen. Wenn Seitenbretter verwendet werden, muss die linke Seite oben liegen, weil auf der rechten leicht Jahresringe heraussplittern können (10.58). Holzfußböden

sind gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit zu schützen und mit chemischen Holzschutzmitteln zu behandeln (Insekten- und Pilzschutz). Ein Abstand der Dielen von etwa 20 mm zur Wand verhindert die Schallübertragung in die umgebenden Bauteile und lässt dem Holz genügend Raum zum „Arbeiten“.

**Parkettböden** erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Durch die mehrfache Versiegelung der Holzoberfläche gehören Pflegemethoden wie das Spänen und Schrubben der Vergangenheit an. Bei normaler Beanspruchung (z.B. im Wohnbereich) ist eine Erneuerung der Versiegelung frühestens nach 10 Jahren erforderlich. Obwohl Parkett aus Vollholz besteht, haben Tischler oder Holzmechaniker wenig mit seiner Verarbeitung zu tun. Dies gehört zum Aufgabenbereich des Parkettlegers, eines seit 1966 eingeführten Vollhandwerks.

Nach DIN 280 ist „Parkett ein Holzfußboden, der aus Parkettstäben, Tafeln für Tafelparkett, Mosaikparkettlamellen, Parketriemen, Parkettdielen, Parkettplatten und industriell hergestellten Fertigparkett-Elementen besteht“. Verwendet werden von den einheimischen Harthölzern vorwiegend Eiche, Rotbuche, Esche, Nussbaum, Ruster und Nadelhölzer wie Kiefer und Lärche. Von ausländischen Harthölzern Mahagoni,

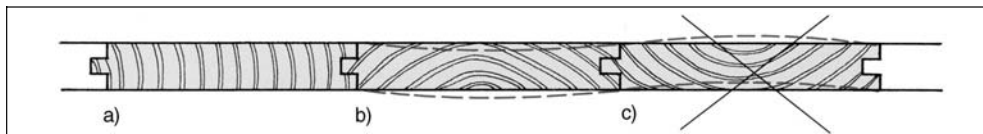
Wenge, Nuhuhu, Afrormosia, Afzelia sowie Nadelhölzer wie Pitchpine, Oregon pine (Douglasie), Carolina pine und Seestrandskiefer. Das Holz muss gesund und frei von Fraßstellen durch Insekten sein. Je nach Güteklasse (z.B. Exquisit, Standard oder Rustikal) dürfen Äste, Splintholz oder kleinere Risse nicht oder in geringem Umfang vorhanden sein. Der Gehalt an Holzfeuchte soll zum Zeitpunkt der Lieferung zwischen 6 und 11 % liegen.

**Fertigparkett** ist oberflächenbehandeltes, geschliffenes und versiegeltes Holz, aufgebaut als zwei- oder auch dreischichtiges Element (10.59). Die teilweise großformatigen Elemente sind leicht und schnell zu verlegen, brauchen nicht geschliffen und versiegelt zu werden. Durch die geringe Gesamtdicke des Elements (z.B. 9 mm) bietet Fertigparkett eine echte Alternative zu Teppichböden oder PVC-Belägen.

**Holzpfaster** wird vorwiegend für Industrie-fußböden (Kiefer, Lärche, Rotbuche, Eiche) sowie für Verwaltungs-, Kirchen-, Sport- und Schulbauten verwendet (polnische Kiefer, Eiche, Oregon pine = Douglasie). Vorteile:

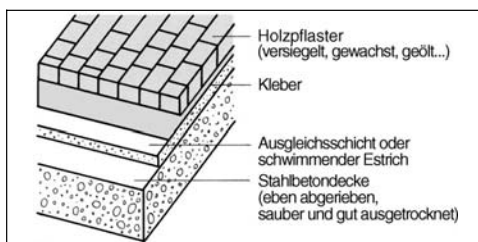
- Fußwärme,
- verbesserte Akustik, dazu schalldämmend, weil keine Erschütterungen übertragen werden,
- gute Elastizität, schöne Maserung (Hirnholz),
- lange Lebensdauer bei höchster Beanspruchung.

10



**Bild 10.58** Verlegen von Fußbodenbrettern

- a) **stehende Jahresringe**, gutes Stehvermögen, geringes Schwindmaß (gleichmäßig)
- b) **liegende Jahresringe, linke Seite oben**, durch „Hohlwerden“ keine saubere und plane Oberfläche, unangenehmes Knarren der Dielen unvermeidbar
- c) **liegende Jahresringe, rechte Seite oben**; durch „Rundwerden“ der Oberseite Gefahr, dass mittig flach angeschnittene Jahresringe herausplittern



**Bild 10.59** Holzpfasterverlegung

Holzpfaster besteht aus scharfkantig geschnittenen Holzklötzen mit unterschiedlichen Abmessungen, bei denen eine Hirnholzfläche als Lauffläche dient (10.59). Je nach dem Zweck werden die Klötze mit chemischen Holzschutzmitteln vorbehandelt. Der Feuchtegehalt darf in repräsentativen Räumen zwischen 8 und 12 % liegen. Die Verlegung erfolgt in eine hartplastische Kunststoffklebmasse. Untereinander werden die einzelnen Holzklötze nicht verklebt.

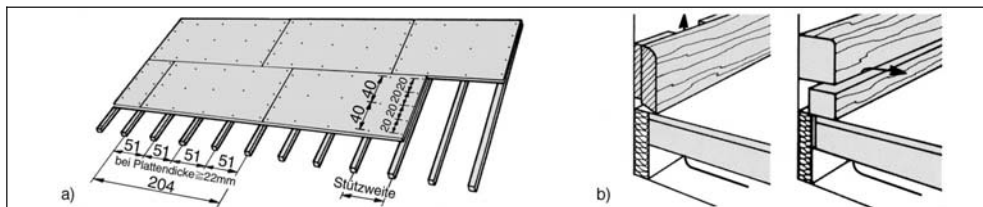
Nach dem Abschleifen kann die Oberfläche durch Versiegelung, heißes Wachs oder mit entsprechenden Ölen geschützt werden.

**Trockenunterböden** nach DIN 68771 bieten sich als Alternative zum herkömmlichen nass eingebrachten schwimmenden Estrich an. Die Konstruktion besteht aus Trockenelementen wie Flachpressplatten (FPY; mind. 19 mm dick) und Gipsverbundplatten, mit oder ohne Spezialkaschierung der Ober- und Unterseite gegen Feuchtigkeit. Die Verlegeplatten sollen dem Plattentyp V 100 oder V 100 G für Feuchträume entsprechen. Sie werden vollflächig schwimmend (ohne Befestigung nach unten) auf Massivdecken (auch auf alten Belägen) und auf Lagerhölzern mit untergelegten Filzstreifen verlegt. Die Platten mit umlaufendem Randprofil aus Nut und Feder werden in Dicken bis zu 38 mm verlegt. Sie sollen einen Abstand zur Wand von mind. 15 mm haben um Ausdehnungen ausgleichen zu können und die Hinterlüftung der Plattenrückseite zu gewährleisten (Bild 10.61).

Wärme- und Schalldämmende Zwischenschichten können aus Mineralfaser, Holzfaserdämmplatten oder Rippenpappe bestehen. Auch kann eine Trockenschüttung (Dämm-

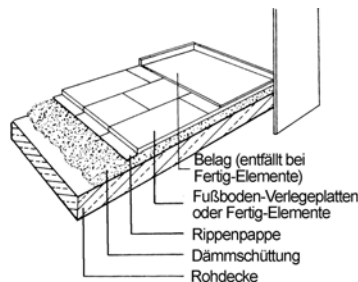
stoffkörnung) zum Ausgleich verschiedener Höhen eingebracht werden. Bei nicht unterkellerten Räumen ist eine Abdichtung gegen aufsteigende Bau- und Bodenfeuchte, bei Decken über Nassräumen eine Dampfsperre vorzusehen. Trockenböden werden auch als Fertigelemente mit fertiger Nuttschicht (z.B. Parkettdielen) im Handel angeboten.

**Laminatböden.** Als Laminat (von lat. Lamina: Schicht) wird ein mehrlagiger Werkstoff bezeichnet, der durch Verpressen und Verkleben mindestens zweier Lagen gleicher oder verschiedener Materialien entsteht. Durch Kombination der Materialien können auch ihre Eigenschaften einander ergänzen. Als Trägerwerkstoff finden Faserplatten (MDF, HDF) oder Flachpressplatten (FPY) Verwendung. Sie sind auf der Oberseite und oft auch auf der Unterseite mit einer harten Deckschicht aus ein oder mehreren Lagen Papier oder Kunststofffolien (HPL, CPL) belegt. Die Anwendung von gehärteten Acrylschichten mit mineralischen Anteilen und wärmegehärteten Aminoplastharzen (Melaminharz) führt zu einer hohen Abriebfestigkeit. Anwendung finden Laminatböden in Wohnbereichen, Hotelzimmern, Büros, Schulen und Kaufhäusern.



**Bild 10.60** Trockenunterböden

- a) Anordnung der Lagerhölzer und Verlegeplatten, Abstände der Schrauben (in cm)  
b) Belüftung durch Fußleiste mit Abstandsklotzchen oder doppelte Fußleiste



**Bild 10.61** Bodenaufbau – Fertigdecke, Dämmschüttung, Trockenelement

Laminatteilflächen sind an den Kanten mit Nut und Feder versehen und können mit PVAC-Leim oder trocken, schwimmend oder aufgeklebt verlegt werden. Die max. Verlegelänge sollte 8m nicht überschreiten. Größere Längen können zu Wölbungen der Fläche führen. Der Abstand zur Wand kann wegen der geringen Ausdehnung des Materials auf 8 – 10 mm begrenzt werden. Ein Abschleifen der Böden ist infolge der dünnen Nuttschicht nicht möglich.

## 10.7 Türen

### Arbeitsauftrag Nr. 92 Lernfeld LF 9,12

- Um sich Kenntnisse über das Fachgebiet Innentüren zu erarbeiten und diese später auch in Form einer kleinen Fachmesse präsentieren zu können nutzen Sie die Möglichkeiten des „Stationen Lernens“.

- Teilen Sie den Klassenraum in neun Stationen ein
- Bilden Sie neun Fachteams bestehend aus zwei bis drei Mitschülern im Losverfahren.
- Jedes Team entscheidet sich für die Bearbeitung eines Spezialgebietes an einer Station. Verschiedene Fachbücher, Medien, Kataloge etc. können bei der Bearbeitung/Präsentation der Fragen/Inhalte genutzt werden.

#### **Station 1:** Türarten

1. Nach welchen Gesichtspunkten unterscheiden wir Türen?
2. Wie unterscheiden sich rechte und linke Türen?

#### **Station 2:** Türumrahmungen

1. Nennen Sie vier Bauarten von Türumrahmungen.
2. Wodurch unterscheiden sich Blendrahmen von Blockrahmen?
3. Wie werden Türumrahmungen an der Mauerleibung befestigt?
4. Was ist unter einem Futterrahmen mit Bekleidung zu verstehen?
5. Welche Vorteile haben Türzargen aus Stahl?

#### **Station 3:** Konstruktion der Türblätter

1. Wie muss die Strebe an Latten und Brettertüren angeordnet werden?
2. Beschreiben Sie den Aufbau einer Sperrtür!
3. Aus welchen Materialien kann die Einlage bestehen?

#### **Station 4:** Eckverbindungen und Türmaße

1. Welche Möglichkeiten der Eckverbindung gibt es für die Rahmentür?
2. Warum soll eine gedübelte Rahmentür einen Nutzapfen oder ein Konterprofil haben?
3. Wovon leiten sich die Normgrößen der Türblätter ab?

#### **Station 5:** Sondertüren

1. Erklären Sie die Abkürzungen T 30, T 90 bei Feuerschutztüren.
2. Wie sind schall- und wärmedämmende Türen aufgebaut?
3. Worauf beruht die Funktion von Strahlenschutz Türen und wo werden sie eingebaut?

#### **Station 6:** Türbeschläge

1. Nennen Sie die gebräuchlichsten Türbeschläge.
2. Welche Angaben müssen beim Kauf eines Schlosses gemacht werden?
3. Was ist unter dem Dornmaß und der Entfernung zu verstehen?
4. Aus welchen Teilen besteht eine Drückergarnitur?

#### **Station 7:** Türverschlüsse und Dichtungen

1. Wozu dienen Türdichtungen
2. Erklären Sie mit einer Skizze die Bodendichtung.
3. Wodurch lässt sich die Einbruchhemmung einer Außentür erhöhen?

#### **Station 8:** Pendeltüren und Schiebetüren

1. Warum sollten Pendeltüren Glasfüllungen haben?
2. Nennen Sie verschiedene Pendeltürbeschläge.
3. Welche Laufkonstruktion hat eine Schiebetür?
4. Welche Besonderheiten haben Schiebetürbeschläge?

#### **Station 9:** Harmonika- Falttüren und Schiebewände

1. Ein Innenausbaubetrieb steht vor folgender Aufgabe:  
In einer Gaststätte soll durch eine zeitweilige Raumunterteilung ein separater Bereich für Veranstaltungen geschaffen werden. Welche Möglichkeiten bieten sich an? Wie sind Konstruktion, Bedienbarkeit und schalltechnische Bewertung?
2. Erklären Sie den Unterschied zwischen Harmonika- und Falttür an Hand einer Skizze.

**Zum weiteren Verlauf:**

Bei der Erarbeitung der Spezialthemen haben sich die jeweiligen Teams zu Fachberatern qualifiziert. Jeweils ein Fachberater bleibt nun an seiner Station. Die anderen besuchen die anderen Stationen und lassen sich dort beraten. Der Besuch der Stationen sollte zeitlich begrenzt sein (ca. 3 – 5 Min.) und im Uhrzeigersinn erfolgen. Zwischenzeitlich wechseln sich die Berater mit der Präsentation Ihres Standes ab. Nach Durchlauf aller Stationen erfolgt ein Abschlussgespräch im Klassenverband.

Türen geben uns Zugang zu Gebäuden, Wohnungen oder Zimmern. Sie lassen sich absperren und bieten damit Sicherheit und Schutz.

Türen bestehen aus dem Türblatt, der Türumrahmung und den Türbeschlägen. Die Türumrahmung ist fest mit der Wand verbunden und trägt das Türblatt, das sich durch Bänder bewegen lässt. Türmaße sind in der Regel genormt.

**10.7.1 Türarten**

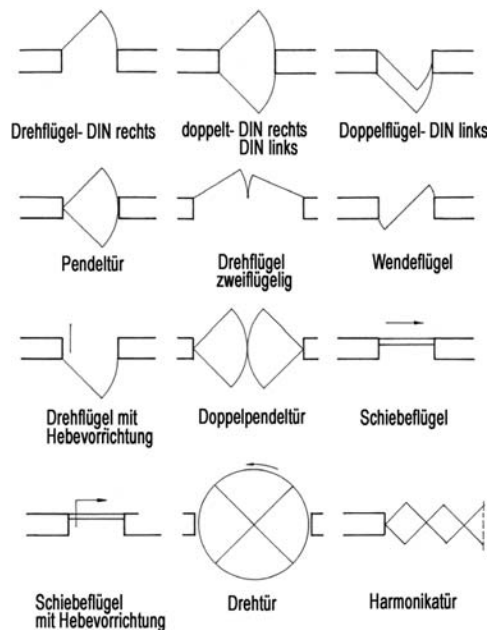
Wir können Türen nach verschiedenen Gesichtspunkten unterscheiden, wie die Tabelle 10.62 zeigt.

**Tabelle 10.62** Türarten

Unterscheidung	Türen
nach der Lage im Gebäude	Innentür, Außentür
nach dem Verwendungszweck	Außentür, Innentür, Zimmertür, Wohnungstür, Windfangtür, WC- und Badezelltür, schall- und wärmedämmende Tür, feuerhemmende Tür, Strahlenschutztür, Hotel- und Krankenhaustür
nach der Bewegungsrichtung	Drehflügeltür, Pendeltür, Schiebetür, Falttür, Harmonikatür, Drehkreuztür
nach der Türumrahmung	Blendrahmen, Block- oder Stockrahmen, Zargenrahmen, Tür mit Futter und Bekleidung
nach der Form des Türblatts	Stichbogentür, Rundbogentür, Korbbogentür, Rechtecktür
nach der Konstruktion des Türblatts	Rahmentür, Brettertür, Lattentür, Sperrtür, aufgedoppelte Tür
nach dem Material	Holztür, Glastür, Metalltür, Kunststofftür
nach Anzahl der Türflügel	einflügelige Tür, mehrflügelige Tür, Tür mit feststehendem Seitenteil
nach dem Anschlag	Links-, Rechtstür, überfälzte Tür, stumpf einschlagende Tür

**10.7.2 Innentüren**

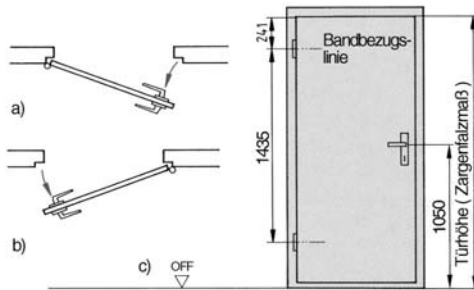
(Wohnungstüren, Zimmertüren) sind in der Regel nicht der Feuchtigkeit ausgesetzt und daher einfacher konstruiert als Außentüren. Konstruktion, Werkstoff und Beschläge der Tür bestimmen die Atmosphäre eines Raumes mit. In ihrer Ausführung sollen sich die Türen dem Stil der Umgebung anpassen. Oft erfüllen Türen besondere Aufgaben, z.B. als Schall-, Feuer- und Strahlenschutz Türen.

**Bild 10.62** Türsymbole nach DIN 1356 (Auswahl)

**Drehtüren** sind bei den Bewegungsrichtungen am häufigsten und können ein- oder zweiflügelig sein. Sie sind rechts oder links am Türrahmen angeschlagen und drehen um eine Längskante des Flügels. Betrachtet man die Tür von



der Öffnungsseite, so dreht eine DIN-Rechtstür nach rechts (rechtes Band und Schloss) und eine DIN-Linkstür nach links (linkes Band und Schloss 10.64). Drehtüren bestehen aus der Türumrahmung, dem Türblatt und den Beschlägen.



**Bild 10.64** Drehtür  
 a) Linkstür (linkes Band und Schloss)  
 b) Rechtstür (rechtes Band und Schloss)  
 c) Sitz der Bänder und Drückerrhöhe nach DIN 18101

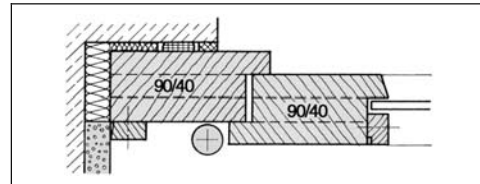
**Die Türumrahmung** ist fest mit der Wand verbunden und trägt das Türblatt, das sich durch Bänder bewegen lässt. In die Türumrahmung kann unten eine Schwelle oder eine Metallschiene eingebaut werden, die dem Türblatt als Anschlag dient. Wir unterscheiden Blend-, Block-, Zargenrahmen und Futterrahmen mit Bekleidung.

**Der Blendrahmen** aus zwei aufrechten und einem oberen Querfries liegt meist in einem Maueranschlag und wird in der Leibung mit Mauerdübel, Flacheisen, Bankeisen, Stein- oder Blendrahmenschrauben befestigt. Als Eckverbindungen für den rechteckigen Rahmenquerschnitt dienen Schlitz und Zapfen oder Dübel, selten ein gestemmter Zapfen. Die Blendrahmendicke entspricht meist der Türflügelstärke. Wegen der großen Stabilität und dichten Fuge am Maueranschlag verwendet man Blendrahmen vorzugsweise für Außentüren.

Der Blendrahmen wird in diesem Fall mit einem Doppelfalz und umlaufender Dichtung ausgebildet. Abbildung 10.65 zeigt eine Durchgangstür im Innenbereich. Blendrahmentüren werden allgemein im Innenbereich selten angewendet.

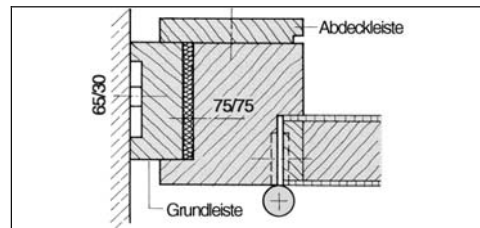
**Beim Blockrahmen** hat die Türumrahmung einen annähernd quadratischen Querschnitt. Sie liegt stumpf in der Mauerleibung, meist auf

dem Putz oder Sichtmauerwerk, und wird mit Wanddübeln, Winkleisen oder auf einer Grundleiste befestigt. Durch den großen Rahmenquerschnitt verringern sich die Durchgangsbreite und -höhe erheblich. An den Ecken wird der Blockrahmen durch Doppelschlitz und -zapfen oder Dübel verbunden. Den Blockrahmen verwendet man wegen seiner großen Stabilität für Pendeltüren, große Türen in Durchgängen, Windfang- und Außentüren. Eine an der Wand befestigte Grundleiste und ein Außenfalz des Blockrahmens ermöglichen eine saubere Montage. Nach dem Einsetzen wird die Montagefuge durch eine Leiste verdeckt (10.66).



**Bild 10.65** Blendrahmen, Tür überfalzt

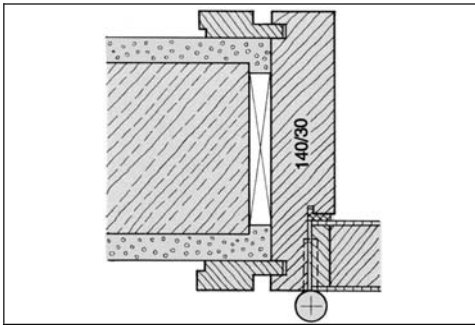
**Der Zargenrahmen** liegt flach in der Maueröffnung und verdeckt die Mauerleibung. Seine Breite entspricht der Dicke der verputzten Wand mit einer geringen Maßzugabe. Meist besteht er wegen der großen Breite aus Holzwerkstoffen. Vollholz lässt sich zum Zargenrahmen nur verarbeiten, wenn es stehende Jahresringe aufweist und 150 mm nicht überschritten werden. Wanddicke und Zargenmaß sind genau abzustimmen, um einen sauberen Anschluss zu erreichen. Nur wenn ausreichend Luft zwischen Zarge und Maueröffnung vorhanden ist, lässt sich das Zargenfutter genau ausrichten. Die Zargenteile werden an den oberen Ecken mit Nut und Feder verbunden, gedübelt oder geschraubt (10.67).



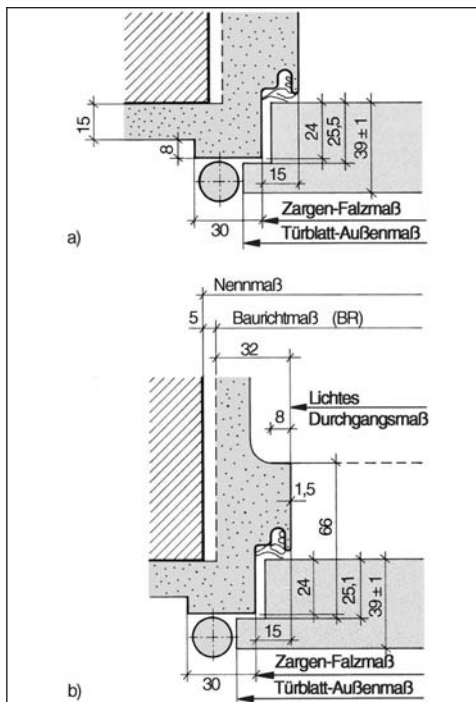
**Bild 10.66** Blockrahmen mit Grundleiste, Tür stumpf einschlagend

**Türzargen** aus Stahl gibt es als Umfassungs- oder Eckzargen. Sie erhalten eine Nut zur Aufnahme

einer Dichtung und werden in unterschiedlichen Abmessungen für gefälzte und ungefälzte Türblätter hergestellt. Sie werden vom Mauer eingesetzt und eignen sich für Links- und Rechtstüren (10.68).



**Bild 10.67** Zargenrahmen mit Deckleiste

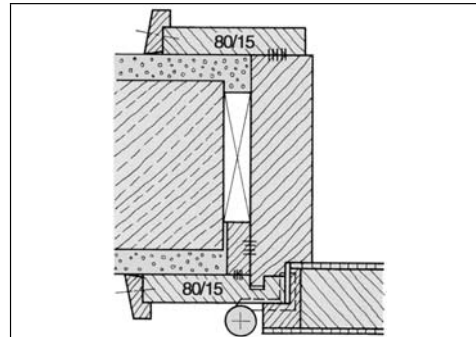


**Bild 10.68** Stahlzargen für gefälzte Türblätter (Beispiele)  
a) Umfassungszarge b) Eckzarge

**Futterrahmen mit Bekleidung** ist eine Konstruktion, die die Innenseite der Türleibung und die Mauerrecke verkleidet. Das Türfutter liegt in der Mauer-

öffnung, die beidseitig aufgesetzte Bekleidung deckt die Montagefuge zwischen Futter und Bekleidung ab. Das Futter besteht aus den beiden aufrechten Seiten, dem Kopfstück und – falls vorhanden – der Türschwelle aus Hartholz. Die Futtertiefe richtet sich nach der Wanddicke einschließlich Putz und hat Auswirkung auf die Materialwahl. Schmale Futter (bis 150 mm) können aus Vollholz hergestellt werden, für breite Futter verwendet man Holzwerkstoffe (ST, STAE, FPY, MDF) oder profilierte Rahmen mit Füllungen. Anstelle der früher üblichen Zinkung verwendet man heute als Eckverbindung Nut und Feder, Falz oder Dübel, die zusätzlich verleimt und genagelt werden. Bei der 100 bis 150 mm breiten Bekleidung unterscheidet man zwischen Falz- und Zierbekleidung. Die Falzbekleidung wird meistens vor der Montage am Futter befestigt. Für überfälzte Türen entspricht mitunter die Dicke der Falzbekleidung der Falztiefe im Türflügel (25 mm). Eine Falzleiste oder eine Schattennut an der Bekleidung ermöglicht einen sauberen Wandanschluss. Sowohl beim Futter als auch bei der Bekleidung soll wegen der Gefahr des Werfens die rechte Brettseite außen sein. Für die Gehrungsverbindung verwendet man neben der Überblattung hauptsächlich Form- oder Furnierfedern als Verbindungsmittel (10.69).

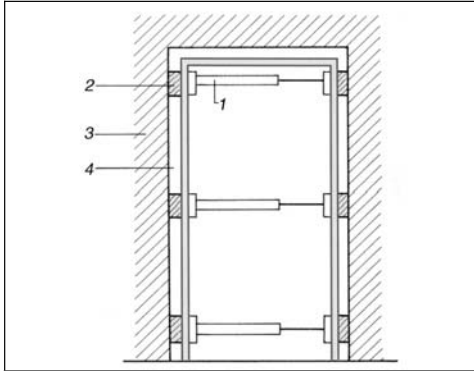
Türzargen und -futter sind heute meistens vorgefertigte Bauelemente, die eine Mauerdickenanpassung und unsichtbare Montage ermöglichen.



**Bild 10.69** Türfutter mit Bekleidung

**Türrahmenbefestigung.** Die Türumrahmung muss fest mit dem Mauerwerk verbunden werden. Zur Befestigung von Futter oder Zarge werden häufig vor der Montage Dübelklötze oder Telleranker in der Leibung befestigt. Nach dem Einsetzen, Ausrichten und Festkeilen des Futters (Tür dabei einhängen) folgt die Befestigung durch Schrauben, Dübel oder

Stahlnägel, Montageschaum dichtet die Wandanschlussfuge und gibt der Türumrahmung zusätzlich Halt (10.70).



**Bild 10.70** Befestigen der Türumrahmung  
1 Spreizen 2 Hölzer für Ausfüllung 3 Mauerwerk 4 Ausschäumen

Bei den Türumrahmungen unterscheiden wir nach der Konstruktion Blendrahmen, Blockrahmen, Zargenrahmen und Türfutter mit Bekleidung.

### Konstruktion der Türblätter

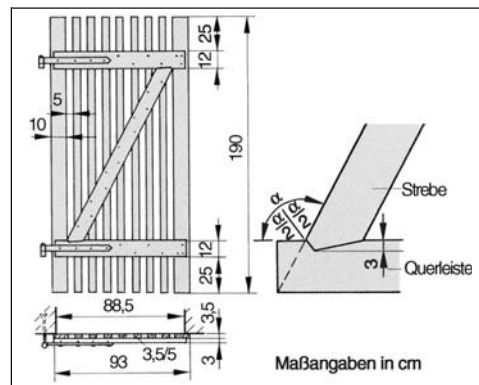
Türblätter können nach Verwendungszweck und Anforderungen als Latten-, Bretter-, Rahmen- oder Sperrtüren hergestellt werden. Für spezielle Anforderungen gibt es Sonderausführungen wie Schallschutz-, Brandschutz- und Strahlenschutztüren.

**Latten- und Brettertüren** dienen meist zum Abschluss von Keller- und Abstellräumen zur Einfriedung von Grundstücken. Die Gestaltung ist oft untergeordnet.

Bei **Lattentüren** werden die einzelnen Latten im Abstand ihrer Breite auf die Querriegel genagelt oder geschraubt. (Außenbretter breiter wählen!) Eine diagonale Strebe verläuft von der oberen Querleiste an der Schlossseite zur unteren Querleiste an der Bandseite. Dadurch wird ein Teil des Türgewichts als Druckkraft auf das untere Band übertragen und ein Absenken des Flügels auf der Schlossseite vermieden.

**Brettertüren** zeigen dieselbe Grundkonstruktion. Die Bretter werden stumpf gefügt (mit Deckleis-

te über der Fuge), mit Wechselfalz oder Nut- und Federverbindung auf Strebe und Querleisten befestigt. Wenn die Bretter flächig verleimt werden sollen, ist die Querleiste als Gratleiste auszubilden. Um das Arbeiten einzuschränken, ist auf eine Breite unter 80 mm und auf den Jahresringverlauf zu achten. Zum Anschlagen der Tür verwendet man gewöhnlich zwei Langbänder mit Kloben für Mauerwerk oder Türpfosten. Aufschraubkastenschloss mit Drücker oder Überfallklappe mit Vorhängeschloss dienen zum Verschließen (10.71).



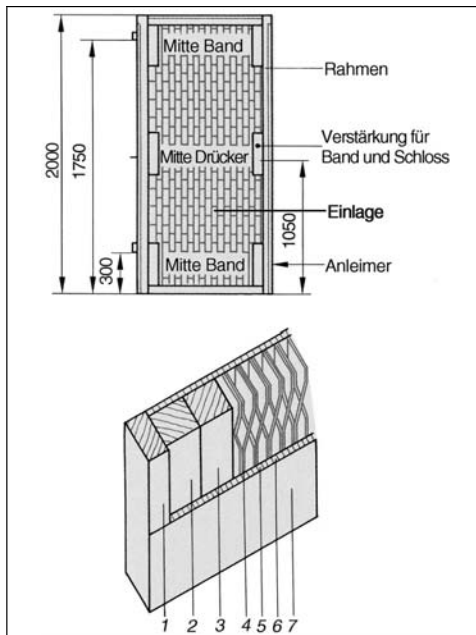
**Bild 10.71** Lattentür mit Strebe

**Sperrtüren** sind nach DIN 68706 glatte Türblätter aus Holz oder Holzwerkstoffen. Sie haben ein geringes Gewicht, gutes Stehvermögen und sind kostengünstig. Die in der Regel industriell hergestellten Türen bestehen aus Rahmen, Einlage und Deckplatten und müssen beidseitig gleichmäßig aufgebaut sein, damit sie sich nicht verformen.

**Der Rahmen** mit den aufgeleimten Deckplatten umschließt die Einlage und erhält in Höhe der Bänder und des Schlosses Verstärkungen (10.72). Zusätzliche Querriegel verbessern die Stabilität und verhindern das Verziehen.

**Die Einlage** als innerer Teil der Tür hält den Abstand zwischen den Deckplatten, gibt der Tür Stabilität und hat Einfluss auf die Schalldämmung. Sie besteht aus Leisten, Furnier- oder Spanplattenstreifen, Kartonwaben, Röhrenplatten oder Hartschaumelementen (10.73). Kantenanleimer oder ein von der Deckplatte beidseitig überdeckter Kanteneinleimer bilden die Außenkante der Tür. Die mit dem Rahmen und der Einlage verleimten **Deckplatten** bestehen aus Furnier-, Span- oder Hartfaserplatten, die auch mit einer beid-

seitigen Decklage aus Furnier, Schichtpressstoffplatten, Folien oder fertigen Oberflächenbehandlung geliefert werden. Für den Außenbereich müssen Sperrtüren wasserfest verleimt sein.

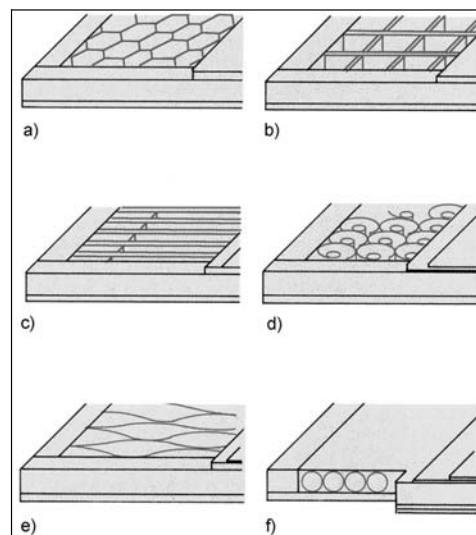


**Bild 10.72** Aufbau einer Sperrtür  
1 Anleimer 2, 3 Rahmenfrieze  
4 Wabenmittellage 5 Sperrfurnier  
6 Holzfaserhartplatte als Deckplatte  
7 Decklage

Sperrtüren werden als Halbfertig- (Rohlinge) oder Fertigprodukte angeboten. Durch aufgeleimte Zierleisten oder Lichtausschnitte ergeben sich weitere Variationsmöglichkeiten. Zimmertüren können stumpf um Türblattdicke einschlagend oder mit Falz angeschlagen werden. Nach der DIN 68706 betragen die Falzmaße 13 mm in der Tiefe und 25 mm in der Breite (10.74).

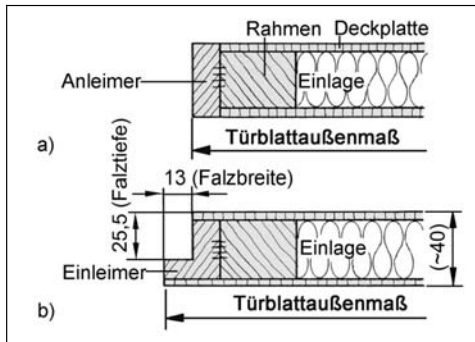
**Rahmentüren** bestehen aus senkrechten und waagerechten Rahmenfriesen mit Füllungen. Die in der Herstellung aufwendige aber qualitativ hochwertige Bauart ermöglicht eine Vielzahl gestalterischer und konstruktiver Lösungen. Durch die unterschiedliche Anordnung der Rahmenfrieze lassen sich Türblätter aufteilen und gliedern. Für die gestalterische Wirkung der Tür ist die harmonische Teilung der Türfläche, die Profilierung der

Rahmen, Falzleisten und Füllungen wesentlich. Die Füllungen bestehen aus Vollholz, Holzwerkstoffplatten oder Glas (10.76). Die Rahmenteile müssen so breit sein, dass sich die Beschläge gut befestigen lassen. Die Dicke der Rahmentür hängt von dem Verwendungszweck (innen oder außen) und der gewählten Füllung (z.B. Isolierglas) ab. Als Breite gelten 100 bis 150 mm, als Dicke 40 bis 60 mm im Innenbereich als Richtwert. Für die Rahmentüren eignet sich nur gesundes, fehlerfreies Holz (kein Drehwuchs, keine Risse) aus der Stammmittellage. Durch stehende Jahresringe vermeidet man ein Werfen. Die harte Kernkante sollte wegen der Beschläge und besonderen Beanspruchung außen sein. Die *Eckverbindung* kann gestemmt oder gedübelt ausgeführt werden (10.75).



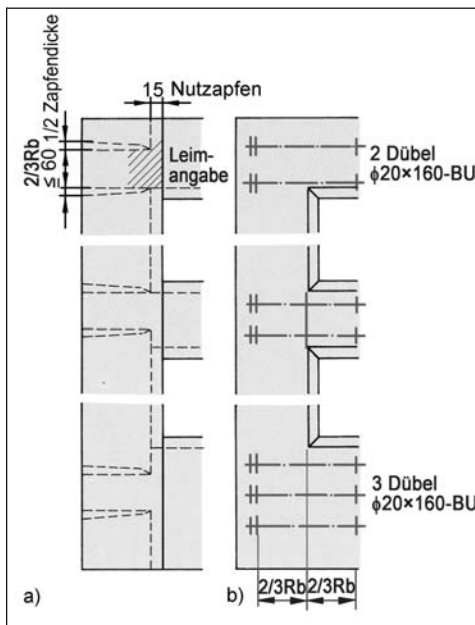
**Bild 10.73** Sperrtür mit verschiedenen Einlagen  
a) Pappwaben, b) Holzraster,  
c) Holzleisten, d) Holzspan,  
e) Furnierstreifen, f) Röhrenplatte

**Gestemmt** **Rahmenecke**. Die waagerechten Frieze erhalten durchgehende Zapfen. Die Zapfenbreite beträgt  $\frac{2}{3}$  der Friesbreite, wobei 60 mm nicht überschritten werden sollen – durch starkes Schwinden könnte sonst der Zapfen locker werden. Die Zapfenlöcher werden für die zwei Keile außen konisch erweitert. Der äußere Keil soll zuerst anziehen,



**Bild 10.74** Türblatt  
 a) ungefälzt mit Anleimer (stumpf),  
 b) gefälzt mit Einleimer

damit die Gehrungsfuge dicht bleibt. Wenn man die Zapfenlöcher auf der Langlochbohrmaschine herstellt, muss man die Zapfen außen runden. Zwei Zapfeneinschnitte nehmen die symmetrischen Keile auf. Den Leim geben wir nur im inneren Drittel des Zapfens an. Dadurch bleibt die Brüstungsfuge dicht, das



**Bild 10.75** Rahmenverbindung  
 a) gestemmte, b) gedübelte Rahmenecke

Holz schwindet von außen nach innen. Der Zapfen muss im Außenfalz liegen. Endet er im Türaufschlag, wird nicht nur das Aussehen beeinträchtigt, sondern es besteht auch die Gefahr der Feuchtigkeitsaufnahme am Hirnholz. Ein Nutzapfen von 15 mm hält die Brüstungsfuge dicht und verhindert das Werfen des Rahmenholzes. Sockel über 200 mm Höhe führt man zweiteilig aus.

**Gedübelte Rahmenecke.** Heute werden Rahmentüren wegen der Holzeinsparung (10 bis 15 %) und rationellen Fertigung vielfach gedübelt. Bei genauer Ausführung, richtiger Anordnung und Bemessung der Dübel ist diese Verbindung ebenso haltbar wie die gestemmte Rahmenecke. Ein Profil an der Rahmeninnenkante und ein entsprechendes Konterprofil im Rahmenquerstück verbessern die Haltbarkeit. Bei Rahmen mit glatter Innenkante soll zusätzlich zur Dübelung noch ein Nutzapfen angeordnet werden. Die Dübelabmessungen und -abstände richten sich nach dem Querschnitt des Rahmenholzes:

Dübelzahl:	2 Stück bis 150 mm Rahmenholzbreite 3 Stück über 150 mm Rahmenholzbreite
Dübellänge:	4/3 der Rahmenbreite
Dübeldurchmesser:	2/5 der Rahmendicke

#### Beispiel

Der Rahmenquerschnitt beträgt 120/50 mm.

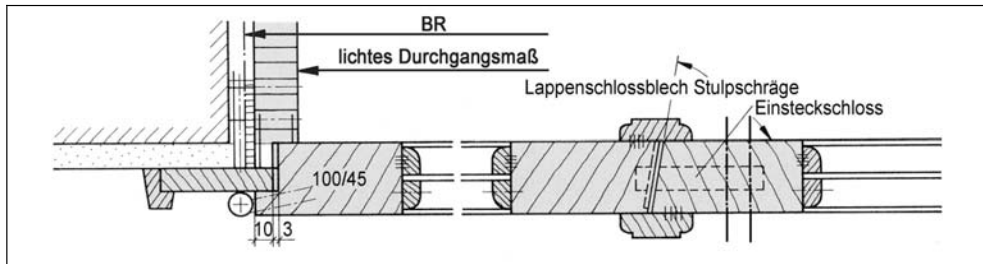
Gewählt werden:

Dübelzahl: 2 Stück, da Rahmenbreite unter 150 mm

Rahmenbreite 120 mm: Dübellänge  $\frac{4}{3} \times 120 = 160$  mm

Rahmendicke 50 mm: Dübeldurchmesser  $\frac{2}{5} \times 50 = 20$  mm

Der Dübelabstand soll mindestens den dreifachen Durchmesser betragen, damit das Holz zwischen den Dübeln nicht abscherf. Die Dübelbohrung an den senkrechten Rahmenhölzern muss ca. 10 mm tiefer gebohrt werden, damit die Brüstungsfuge beim Schwinden dicht bleibt.



**Bild 10.76** Schnitt durch eine zweiflügelige Rahmentür (innen) mit Futter und Bekleidung

**Türmaße.** Um Türen rationell herstellen und einbauen zu können, sind die Größen für Öffnungen und Blätter ein- oder zweiflügeliger Türen genormt und gelten für gefälzte wie ungefälzte Türblätter (10.77). Bei den Außenmaßen gehen wir von den Rohbau-Richtmaßen aus (10.78). Die Kennnummer gibt das Öffnungsmaß in Achtmeter (am) an. Wir rechnen von der Oberfläche Fußboden (OFF) bis zum Türblatt mit einem Zwischenraum von 7,5 mm. Die Maße für den Sitz der Bänder und des Schlosses sind durch DIN 18101 festgelegt (10.78).

**Beispiel**

für eine normgerechte Türblattbezeichnung (gefälzt) Türblattgröße  $7 \times 16 = 860 \times 1985$  DIN 18101

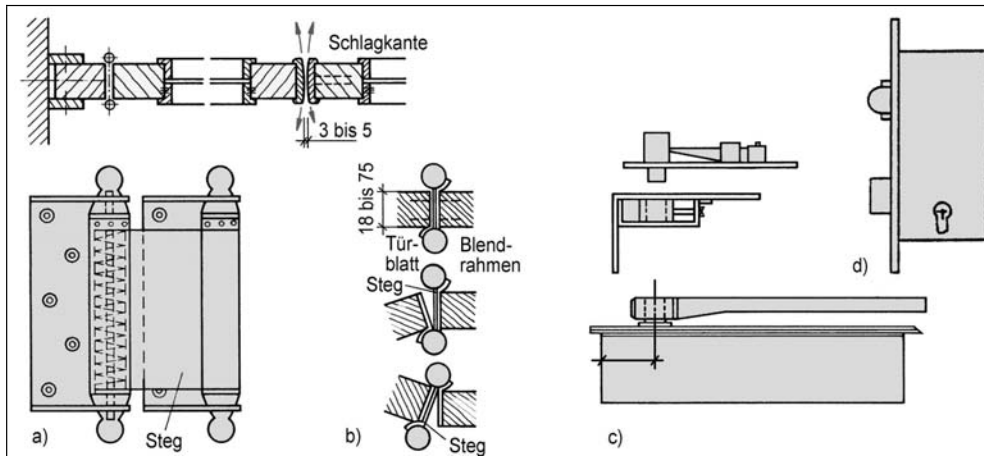
**Pendeltüren** schwingen ein- oder zweiflügelig nach jeder Raumseite und kommen selbsttätig wieder in die geschlossene Türblattstellung zurück. Die dafür notwendige Schließkraft muss vom Benutzer beim Öffnen zusätzlich aufgebracht werden. Der Kraftaufwand ist dadurch höher als bei Normaltüren. Sie werden dort eingebaut, wo in häufig begangenen Fluren und Durchgängen vor Zugluft geschützt werden soll (z.B. in Krankenhäusern und Verwaltungsgebäuden 10.79). Durch eine Glasfüllung in den Türblättern muss ein Durchblick möglich sein. Zur Bruchsicherheit verwendet man ESG oder Drahtglas.

**Tabelle 10.77** Türblattgrößen nach DIN 18101

gefälzt	Türblattaußenmaß/Breite	Rohbau-Richtmaß – 15 mm ( $2 \times 7,5$ mm)
	Türblattaußenmaß/Höhe	Rohbau-Richtmaß – 15 mm ( $2 \times 7,5$ mm)
	Falzbreite = 13 mm	Falztiefe = 25 mm
ungefälzt	Türblattaußenmaß/Breite	Breite des gefälzten Türblatts – 26 mm ( $2 \times 13$ mm)
	Türblattaußenmaß/Höhe	Höhe des gefälzten Türblatts – 13 mm

**Tabelle 10.78** Türblattgrößen nach DIN 18101

	Kennnummer	Rohbau-Richtmaße nach DIN 18100		Türblatt-Außenmaße			
		Breite	Höhe	gefälzt		ungefälzt	
				Breite	Höhe	Breite	Höhe
einflügelige Türen	5 × 15	625	1875	610	1860	584	1847
	6 × 15	750	1875	735	1860	709	1847
	7 × 15	875	1875	860	1860	834	1847
	5 × 16	625	2000	610	1985	584	1972
	6 × 16	750	2000	735	1985	709	1972
	7 × 16	875	2000	860	1985	834	1972
	8 × 16	1000	2000	985	1985	959	1972



**Bild 10.79** Pendeltür zweiflügelig mit Bommerband, Horizontalschnitt  
 a) Bommerband, Ansicht, b) in Funktion, c) Bodentürschließer, d) Einsteckschloss mit Rollfalle

Die Türblätter erhalten eine Glasfüllung aus ESG oder Drahtglas, um einen Durchblick zu ermöglichen.

Als Türrahmen dienen Blend- oder Blockrahmen, die wegen der großen Kräfte ausreichend dimensioniert und sicher befestigt sein müssen. Damit sich die Türblätter bei der Bewegung nicht berühren, muss ein gleichmäßiger Abstand von 2 bis 5 mm eingehalten werden. Pendeltüren werden mit besonderen Bändern angeschlagen, die das Schwingen und selbsttätige Schließen der Tür ermöglichen.

**Bommerbänder.** In den durch einen Steg verbundenen Rollen mit Bandlappen befinden sich Spannfedern, die das Türblatt nach jedem Öffnen in die Ausgangsstellung zurückdrücken. Die Türen schließen hart federnd ohne Bremsung, der Federdruck lässt sich an einem Stelling verändern.

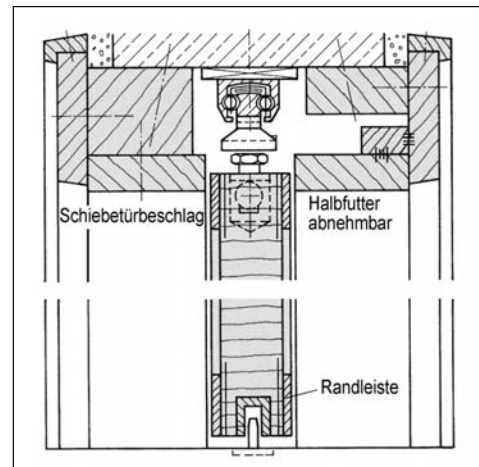
**Pendulobänder** erhalten einen Bandteil an der Türober- und -unterkante. Durch das untere Bandelement pendelt die Tür entsprechend der mechanisch eingestellten Spanschraube.

**Hawgoodband.** An einem im Blendrahmen eingelassenen runden Federzapfen befindet sich drehbar ein U-förmiger Schuh, der das Türblatt trägt. Die Federkraft lässt sich nicht regulieren.

**Bodentürschließer** ermöglichen ein langsames abgebremstes Schließen der Tür. Das in den Boden eingelassene Gehäuse enthält die Schließmechanik. Die Pendelbewegung wird hydraulisch gebremst, die Schließgeschwindigkeit ist einstellbar (Schließ-

verzögerung, Türfeststellung, Öffnungsdämpfung sind möglich). Die Beschlagteile stören nicht die Türansicht.

Zum Verschießen dienen Einsteckschlösser mit Rollfalle oder Bodentürschließer.

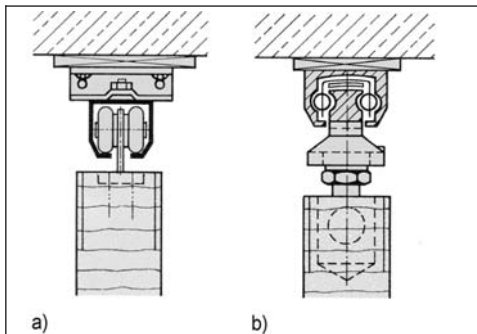


**Bild 10.80** Schiebetür

**Schiebetüren** verwendet man, wenn für das Öffnen einer Drehtür kein Raum vorhanden ist, die Öffnung sehr breit ist und Räume zeitweilig offen bleiben können. Die Türen sind aufgrund der etwas schwierigen Betätigung für stark begangene Durchgangstüren ungeeignet und

lassen sich nur ungenügend abdichten. Schiebetüren können ein-, zwei- oder mehrflügelig ausgeführt werden. Für die Türblätter wählen wir Rahmenkonstruktionen mit verschiedenartigen Füllungen, Sperr-, Holzwerkstoff- oder Ganzglastüren. Eine Schiebetür kann sichtbar vor der Wand, unsichtbar in einer Mauernische (-tasche) oder hinter Wandtäfelungen oder Einbauschränken geschoben werden. Als Türumrahmung verwendet man meistens zwei Halbfutter mit Bekleidung (10.80).

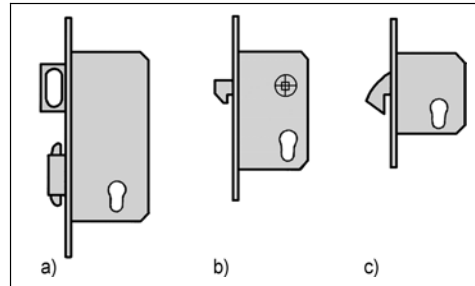
**Beschläge.** Gewöhnlich wird an der Oberkante der Türblätter das höhenverstellbare Rollen- oder Kugellaufwerk montiert, das in einer Führungsschiene läuft (10.81). Die waagrecht anzubringende Führungsschiene kann an der Decke oder vor der Wand montiert werden. Durch ein abnehmbares Halbfutter muss das Laufwerk für Reparatur- und Wartungsarbeiten zugängig sein.



**Bild 10.81** Laufwerk für Schiebetüren  
a) Laufrohr mit Rollenführung,  
b) Kugelschiebetürbeschlag

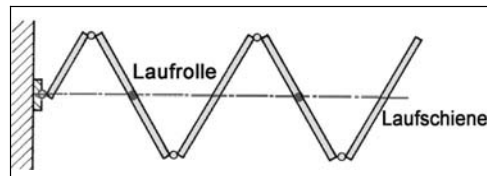
Die Schiebetür muss sich geräuscharm und ohne zu verkanten bewegen lassen. Eine umlaufende Randleiste auf beiden Seiten schützt das Türblatt vor Beschädigung durch das Futter. Als untere Führung dienen Nocken oder eine Führungsschiene. Die Türpuffer zum Abstoppen werden in Höhe des Schwerpunktes montiert. Als Schließbeschläge verwendet man Flügelriegel-, Hakenriegel- oder Hakenfallenschlösser (10.82) und anstelle von Drückern Griffmuscheln. Schlüssel haben einen umklappbaren Griff (Gelenkschlüssel).

Für größere Türöffnungen oder Raumunterteilungen verwendet man Harmonika-, Falttüren oder Schiebewände.



**Bild 10.82** Einsteckschlösser für Schiebetüren.  
a) Flügelriegelschloss mit Ziehgriff,  
b) Hakenfallenschloss,  
c) Zirkelriegelschloss

**Harmonikatüren** haben Türblattbreiten von 700 bis 1000 mm. Das Wandelement hat halbe Flügelbreite. Jedes zweite Türblatt ist mittig an der Oberkante mit Laufrollen in der an der Decke befestigten Laufschiene aufgehängt. Durch die Aufhängung in der Schwerachse kann auf eine Bodenführung verzichtet werden. Scharniere verbinden die Flügel, die geschlossene Tür muss durch Einlassriegel an der Türunterkante festgestellt werden (10.83).



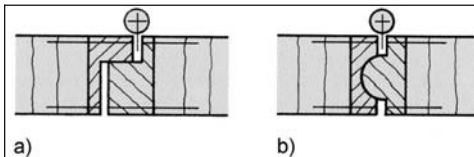
**Bild 10.83** Harmonikatür

Durch Fälzen oder Profilieren der Türkanten erreicht man eine bessere Abdichtung (10.84). Industriell gefertigte Harmonikatüren haben eine scherenartige Metalltragkonstruktion, die mit Kunststoff oder schmalen furnierten Holzwerkstoffplatten verkleidet ist. Zusätzliche Schleifdichtungen und besondere Türeinslagen erhöhen die Schalldämmwerte.

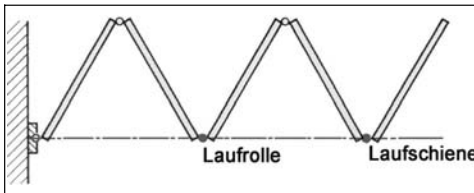
**Falttüren** haben annähernd gleiche Türblätter zwischen 600 und 900 mm, die beim Öffnen seitlich zu einem Paket gefaltet werden. Jeder zweite Flügel ist an der oberen Ecke mit einer Laufrolle am waagrecht ausgerichteten Laufrohr aufgehängt (10.85). Das Laufrohr kann unter der Decke oder vor der Wand montiert



werden, die Verkleidung muss abnehmbar sein. Zur Stabilisierung der nicht mittig aufgehängten Flügel benötigt man an der unteren Ecke einen Führungzapfen und eine U-Führungsschiene. Scharniere verbinden die Türflügel. Zum Verschließen dienen Einsteckschlösser.



**Bild 10.84** Kantenabstimmung bei Falz- und Harmonikatüren  
a) Falz,  
b) Kehle



**Bild 10.85** Falttüren

**Achtung!** Zur Vermeidung von abtrennenden Quetschungen sollten die Kanten gerundet ausgebildet werden.

**Schiebewände** dienen der Raumunterteilung. Die raumhohen einzelnen Elemente sind nicht miteinander verbunden. Sie werden durch Laufrollen an den Ecken in zwei nebeneinander angeordneten Führungsschienen eingehängt. Diese Führungskonstruktion ermöglicht das paketartige Aufbewahren der Elemente vor der Wand oder in Taschen. Beim Schließen erreicht man durch in die Kanten eingelassene Magnetstangen einen dichten Abschluss der Elemente.

**Drehkreuztüren** kennen wir vor allem von Geschäftshäusern. Sie haben meist vier Flügel und drehen sich in einem zylindrischen Futter um die Mittelachse.

**Glastüren** bestehen aus 8 bis 12 mm dickem Einscheiben-Sicherheitsglas und sind rahmenlos. Verbundsicherheitsglas liegt dagegen in einem Rahmen, um den offenen Glasrand (Folie) zu schützen. Die Maße der Glastüren entsprechen den Baurichtmaßen. Ganzglastür-

anlagen für ein- oder mehrflügelige Türblätter werden oben und unten durch Zapfenbänder oder Bodentürschließer gehalten.

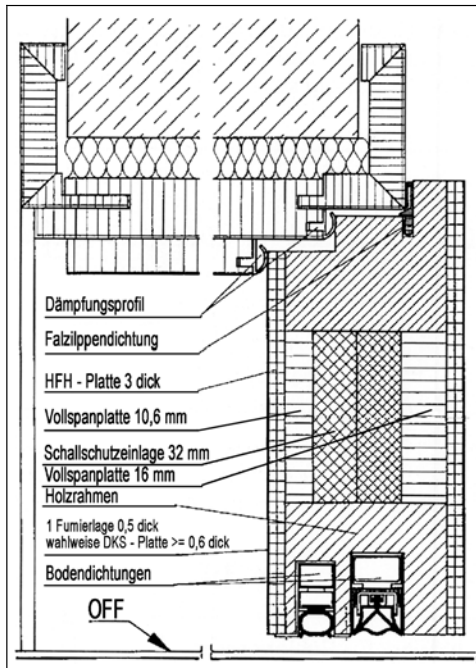
### Sondertüren

**Schall- und wärmedämmende Türen.** Die Schalldämmung unserer Zimmertüren ist meist gering und liegt bei 12 bis 20 dB. Für besondere Zwecke (z.B. Arzt- oder Anwaltspraxis, Studio, Sitzungssaal, Konferenzraum) reichen diese Werte nicht aus. Um den Dämmwert zu erhöhen, müssen wir Türblatt, Türrahmen und die Verbindung von Mauerleibung und Türumrahmung konstruktiv verbessern. Damit vermindern sich zugleich Wärmeverluste. Oft füllt man den Türblatt-Hohlraum mit Sand oder Dämmplatten (einschalige Türblätter). Andere Türblätter in Sandwichbauweise erhalten biegeweiße dünne Schalen mit punktueller Verbindung und ausgepolsterter Türinnenseite sowie mehrere Lagen von Holzfaser-, Gipskarton- oder Mineralfaserdämmplatten in den Hohlräumen (mehrschalige Türblätter). Auch Doppeltüren oder doppelschalige Stahlblechtüren mit ausgefülltem Hohlraum lassen sich montieren. Doppelfälze, mehrere Dichtungen sowie die besondere Ausbildung der Türunterkante und der Schlösser vergrößern den Dämmwert. Den Schalldurchgang zwischen Türfutter und Mauerwerk unterbinden wir durch Ausstopfen mit Mineralfaser oder Ausschäumen (10.86).

Schall- und wärmedämmende Türen sind ein- oder mehrschalig konstruiert. Sie haben Dichtungen im Falz und Boden sowie zwischen Türumrahmung und Mauerwerk.

**Brandschutztüren** verhindern das Ausbreiten des Feuers. Feuerhemmende Türen (fh) werden der Brandschutzklasse T30, feuerbeständige Türen (fb) der Klasse T90 zugeordnet (s. Abschn. 10.2.6). Einzelheiten über Art und Einbau sind den Bestimmungen der zuständigen Bauaufsichtsbehörde zu entnehmen.

Alle zur Verwendung vorgesehenen Zubehörteile müssen das **Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen)** tragen. Es werden Einsteckbeschläge nach DIN 18250 und Türdrückergarnituren nach DIN 18273 verwendet. Da Feuer- und Rauchschutztüren selbstschließend sein müssen, kommen vorzugsweise genormte Schließmittel nach DIN 18263 bzw. DIN EN 1154/f zum Einsatz.



**Bild 10.86** Schalldämmende Tür nach DIN 4109, SK III, 42 dB

**Strahlenschutztüren** verringern durch Bleieinlagen gefährliche Strahlungen in Arztpraxen, Laboratorien und Luftschutzanlagen.

**Ganzglastüren** bestehen aus Sicherheitsglas. Sie können durchsichtig, eingefärbt oder strukturiert als einflügelige, zweiflügelige, als Drehflügeltür, Schiebetür oder Pendeltür gefertigt werden.

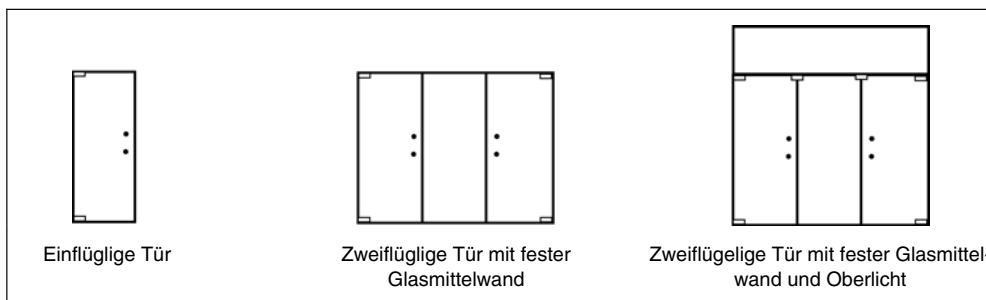
Brandschutztüren verhindern den Durchtritt des Feuers. Feuerwiderstandsklassen für Türen geben in Minuten an, wie lange das Bauteil dem Feuer Widerstand leisten muss. Strahlenschutztüren erhalten Bleieinlagen.

Die Falzabdichtung kann bei Drehflügeltüren durch ein aufgestecktes Leichtmetallprofil, welches gleichzeitig als Kantenschutz dient, erreicht werden. Die Türbänder werden aus Edelstahl oder Leichtmetall hergestellt. Für die Türgriffe werden Materialien aus Glas, Holz, Stahl, Leichtmetall und Kunststoff genutzt. Diese modernen Türen bieten viele Gestaltungsvarianten (Bild 10.87). Sie finden daher in allen Wohnbereichen, Eingängen oder Durchgängen repräsentativer, öffentlicher Gebäude, Läden und Kaufhäuser Anwendung.

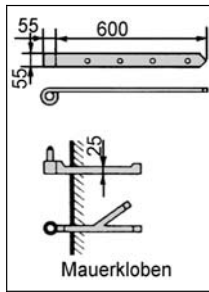
#### Türbeschläge und -Verschlüsse

**Beschläge.** Durch Beschläge aus Stahl, Kunststoff oder Aluminium drehen, öffnen, schließen und sperren oder dichten wir die Türen ab. Das sorgfältige Einbauen (Montage) ist wichtig, um die Funktion nicht zu beeinträchtigen.

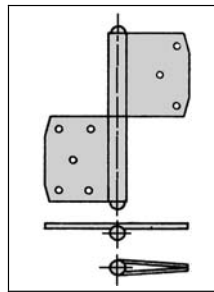
Türbänder und -Scharniere ermöglichen das Drehen des Türblattes und damit das Öffnen und Schließen. Nach DIN 107 werden Rechts- und Linkstüren unterschieden (10.64). Sind Bänder einer aufschlagenden Tür rechts zu sehen, handelt es sich um eine Rechtstür mit



**Bild 10.87** Gestaltungsvarianten mit Ganzglastüren



**Bild 10.88**  
Langband

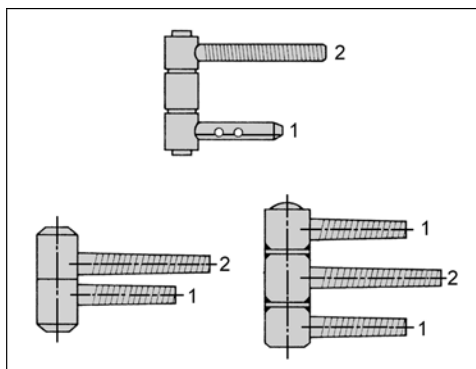


**Bild 10.89**  
Einstemmband  
(Fitschen)

Rechtsschloss. Bei der Linkstür ist es umgekehrt. DIN 18101 und 18 268 enthält Angaben über die Anordnung der Bänder und des Drückers. Bezugspunkt ist der obere Zargenfalz, von dem die Bandbezugslinien abzumessen sind. Für Zimmertüren bis 2,20 m Höhe bauen wir zwei Bänder ein, darüber drei.

**Langbänder.** Die Lappen werden an die Querriegel von Latten- oder Brettertüren geschraubt. Sie bewegen sich um den Dorn des Klobens, der in der Mauer verankert wird (10.88).

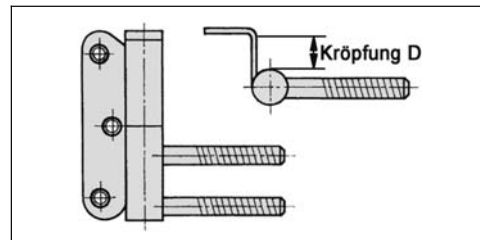
**Einstemmbänder** (Fitschen) verwendet man für gefälzte Türen. Sie bestehen aus einem Ober- und Unterlappen zum Einstemmen (10.89). Bei der Bestellung ist die Drehrichtung der Tür anzugeben. Wegen der aufwendigen Montage sind diese Bänder außer bei Reparaturarbeiten kaum noch im Einsatz.



**Bild 10.90** Einbohrbänder, zwei- und dreiteilig  
1 Türumrahmung,  
2 Türblatt

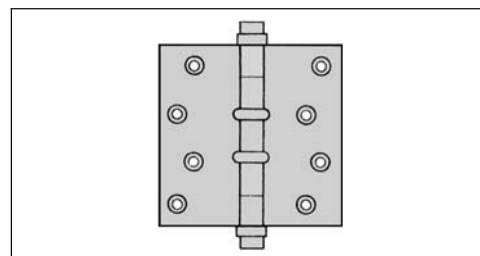
**Einbohrbänder** lassen sich schnell und genau anschlagen. Sie eignen sich für überfälzte und stumpfe Türen mit Rechts- oder Linksanschlag. Bei gefälzten Türen muss der Überschlag mindestens 16 mm betragen. Die Ausführung ist zwei- oder mehrteilig. Die Zapfen können eingedreht, eingeschlagen, verstiftet oder verschraubt werden (10.90). Mit besonderen Bohrlehren bohren wir die Löcher in das Türblatt und die Türumrahmung. Schwere Türen erhalten drei Bänder. Bei steigenden Einbohrbändern hebt sich das Türblatt beim Öffnen und senkt sich beim Schließen.

**Kombibänder** bestehen aus einem Einbohr- und einem Aufschraubelement (10.91). Den Bandlappen schraubt man an die Türumrahmung, den Zapfen in das Türblatt. Sie sind meistens links und rechts zu verwenden.



**Bild 10.91** Kombibänder

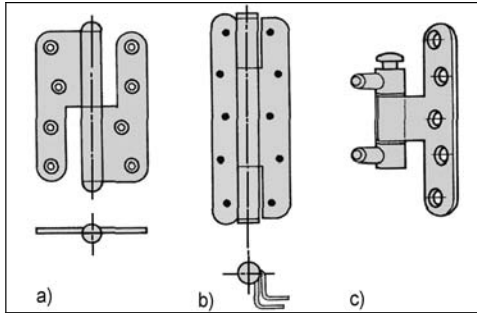
**Türscharniere** bestehen aus einem mehrgliedrigen Gewerbe und einem losen Stift. Das Scharnier ist aushängbar, wenn der lose Stift herausgezogen wird. Es kann rechts oder links angeschlagen werden (10.92).



**Bild 10.92** Türscharnier (Rollband mit Kugellagerringen)

**Aufschraubbänder** (Lappenbänder) mit Kröpfung D bauen wir bei gefälzten Türen ein. Bänder mit geraden Lappen (A) wählen wir für stumpf angeschlagene Türen (10.93). Vorstehende Türen erhalten Kröpfung C, zurückspringende Kröpfung B.

Angeboten werden sie für Links- oder Rechtsanschlag. Die Lappen können maschinell bündig eingelassen werden.



**Bild 10.93** Aufschraubband  
 a) gerader Lappen (A) für stumpfe Tür  
 b) gekröpfter Lappen (D) für überfälzte Tür  
 c) für Stahlzarge (DIN L u. R)

Türverschlüsse verschiedener Systeme und Drückergarnituren gibt es aus Stahl und Kunststoff.

Sie dienen als mechanische Sicherungsmaßnahmen zum Schutz von Objekten, Räumen, Einrichtungen und Geräten vor unbefugter Benutzung, Diebstahl oder Beschädigung.

Ihr Anforderungsprofil richtet sich nach dem Wert des zu schützenden Gutes, dem Sicherheitsbedürfnis des Eigentümers, den Anforderungen der Sachversicherer, der örtlichen Lage des Objektes, der Art der Nutzung, den feuerschutztechnischen und baupolizeilichen Erfordernissen.

Nach DIN 18251 „Einsteckschlösser für Wohnungsabschlusstüren und Innentüren“ werden Einsteckschlösser (Bild 10.95) für Rechts- und Linkstüren, gefälzte und ungefälzte sowie aufgedoppelte Türen verwendet. Es wird in folgende Schließsysteme unterschieden (10.94):

- **Buntbarschlösser** haben eine Zuhaltung und bieten verschiedene Schließmöglichkeiten durch unterschiedliche Schlüsselbartformen. Bei Bad- oder WC- Türen wird im Schlüsselbereich eine Schlossnut zur Aufnahme einer Olive für die Riegelbetätigung von der Innenseite eingesetzt. Sie

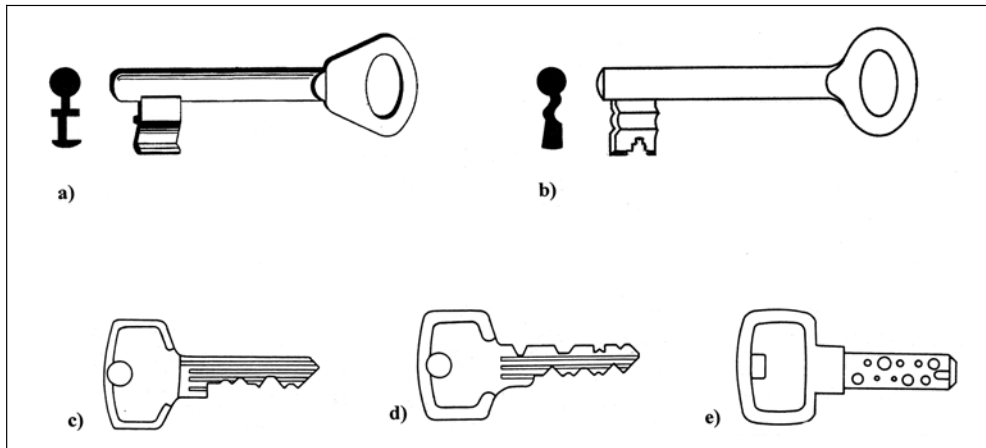
eignen sich für Innenüren mit geringen Sicherheitsanforderungen.

- **Zuhaltungsschlösser** (Chupp- Schlösser) verfügen über mehrere Zuhaltungen, einzeln abgefedert mit Tourstift auf dem Riegelschaft. Die verschiedenen Schließmöglichkeiten ergeben sich durch Einschnitte im Schlüsselbart, die der Zuhaltungsordnung entsprechen. Die Sicherheit nimmt mit der Anzahl der Zuhaltungen und Variation der Bartform zu. Sie finden in Wohnungsabschlusstüren und Haustüren Verwendung.
- **Zylinderschlösser** verfügen über Schließzylinder nach DIN 18252 mit runden, ovalen oder profillierten Querschnitten. Sie sollen an den Türaußenflächen mit den Türschildern bündig abschließen. Sie werden in Wohnungsabschlusstüren und Haustüren mit erhöhten Sicherheitsanforderungen eingebaut.
- **Doppelzylinder** werden für Türen und Tore verwandt, die von beiden Seiten verschliessbar sein müssen (z.B. Wohnungs-, Hotelzimmertüren).

Den erhöhten Sicherheitsanforderungen trägt der Wendeschlüssel Rechnung. Er verfügt über beidseitig identische Schließbohrungen für eine zusätzliche Blockiereinrichtung, hat eine geringe Profilschwächung und größere Bruchstabilität. Die Zahl der Zuhaltungen ist an der Schlüsseinstecköffnung nicht zu erkennen. (Bild 10.94)

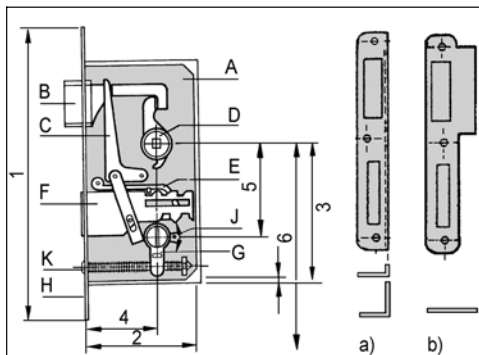
**Spezienschlösser** finden u.a. für Türen bei Räumen mit Strahlungsquellen (die Schlüssel- oder Zylinderlöcher sind seitlich versetzt); bei Feuerschutztüren nach DIN 18250 und in Kaufhäusern sowie Versammlungsstätten (Türen müssen in Fluchtrichtung immer zu öffnen sein) Verwendung.

Beim Kauf und Einbau von Einsteckschlössern müssen wir das Dornmaß (Vorderkante Stulp bis Mitte Schlüsselloch) und die Entfernung kennen. In der Regel beträgt das Dornmaß 55 oder 60 mm. Unter Entfernung verstehen wir den Abstand zwischen Mitte Nuss und Mitte Schlüsselloch. Der Wechsel erlaubt eine Betätigung der Falle mit dem Schlüssel.



**Bild 10.94** Schlüsselformen

a) Buntbarschlüssel b) Schlüssel für Zuhaltungsschloss c) Zylinder- Einfachschlüssel  
d) Zylinder- Doppelschlüssel e) Wendeschlüssel



**Bild 10.95** Einsteckschloss

a) Winkel- und  
b) Lappenschließblech

A Schlosskasten	1 Stulplänge
B Falle	2 Kastenbreite
C Wechsel	3 Kastenhöhe
D Nuss mit quadratischem Vierkantloch	4 Dornmaß
E Zuhaltung	5 Entfernung Dorn – Nuss
F Riegel	6 Drückerhöhe von OK Fußböden bis Mitte Drückermaß = 1050 mm
G Schlüsselloch oder Zylinder-Ausführung	
H Stulp	
I Schlossbart	
K Schlupfschraube = Zylindersicherung	

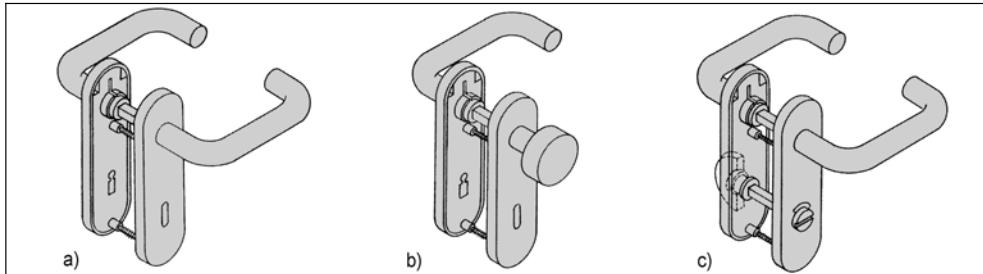
**Schließbleche.** Winkelschließbleche für Falztüren und Lappenschließbleche für stumpfe

Türen nehmen die Falle und den Schließriegel des Türschlosses auf.

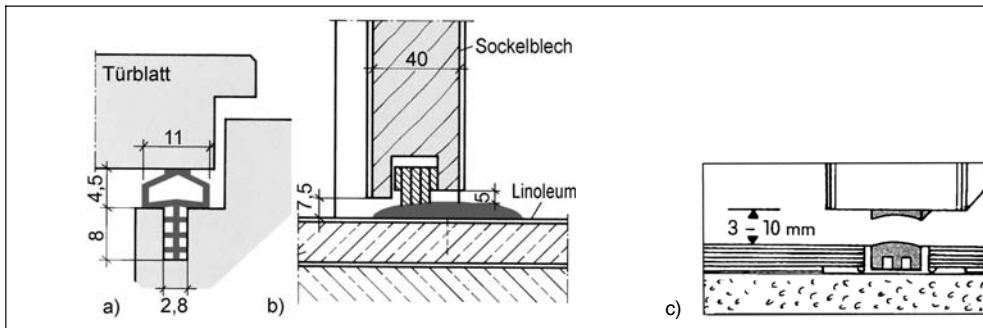
**Türdrückergarnituren.** Hierzu gehören die beiden Drücker mit Stift- und Lochteil, die Lang- oder Kurzschilder und Drückerrosetten mit Schlüsselschildern. Die beiden Drücker aus Stahl oder Kunststoff werden durch einen Vierkantstift verbunden. Wechselgarnituren bestehen aus einem Drücker mit Schild und Rosette und einem nicht drehbaren Knopf. Beide verbindet ein Wechselstift. Durch einen besonderen Federhebel im Vierkantstift werden die Türdrücker bewegt. Dieser Federbolzen rastet nach dem Aufsetzen des Drückers ein (10.96).

**Türdichtungen** dienen dazu, Schließgeräusche zu dämpfen, die Wärme- und Schalldämmung zu verbessern und Zugluft zu verringern. Als Falzdichtung dienen Hohlkammerdichtungen, Lippendichtungen und Dichtungen in Aluminiumschienen. Die Profile sind hochelastisch und haben rechteckige oder profilierte Querschnitte. Für Bodendichtungen gibt es verschiedene Ausführungen. Neben Auflaufdichtungen finden wir Dichtungsautomaten, die sich beim Schließen absenken (10.97).

Anschlag- und Bodendichtungen dämpfen Schließgeräusche, verbessern die Wärme- und Schalldämmung und verringern Zugluft.



**Bild 10.96** Drückergarnituren  
 a) Zimmertürgarnitur,  
 b) Wohnungs- oder Haustür-Wechselgarnitur,  
 c) Badezellen- oder Toilettengarnitur



**Bild 10.97** Türdichtungen  
 a) Falz- oder Anschlagdichtung (Hohlkammer)  
 b) Bodendichtung mit Dichtungsprofil in der Türunterkante  
 c) Magnetdichtung

### 10.7.3 Außentüren

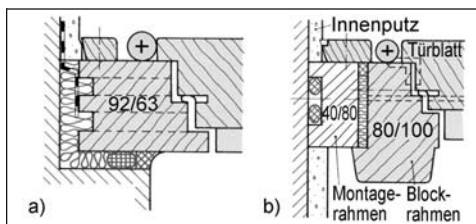
#### Arbeitsauftrag Nr. 93 Lernfeld LF 10,12

- Ihre Firma wurde beauftragt für die Skulpturengalerie eine neue Hauseingangstür (Baulichtmaße 1010 mm × 2010 mm) zu bauen. Dem Galeriebesitzer fehlen mögliche Entscheidungshilfen.
  - Entwerfen Sie acht verschiedene Vorderansichten im M 1:20, Blattgröße DIN A3 Querformat, beziehen Sie die in diesem Kapitel präsentierten Gestaltungsmöglichkeiten in Ihre Überlegungen mit ein.
  - Wählen Sie aus den Entwürfen Ihren Favoriten und erstellen Sie eine Collage im M 1:10 auf einem DIN A4 Blatt hochkant. Nutzen Sie Furniere, Pappen, Folien, Buntstifte etc..
  - Fertigen Sie die Schnittzeichnungen (Horizontal- und Vertikalschnitt) einer aufgedoppelten Haustür mit eingelegter Wärmedämmung im M 1:1 nach DIN 919 ,Blattformat DIN A2 hochkant an.
  - Beantworten Sie die möglichen Kundenfragen und ergänzen Sie Ihre Lernkartei.
    1. Beschreiben Sie den Aufbau einer aufgedoppelten Hauseingangstür!
    2. Wie können die Füllungen einer Rahmentür ausgeführt werden?
    3. Wodurch lässt sich die Einbruchshemmung bei einer Außentür erhöhen?

Für Außentüren bestehen gegenüber Innentüren zusätzliche Anforderungen. Wesentlich sind eine ansprechende, mit der Hausfassade abgestimmte Gestaltung, Einbruchsicherheit, Witterungsbeständigkeit, Wärme- und Schallschutz sowie Formbeständigkeit bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen.

**Werkstoff.** Außentüren bestehen aus Vollholz, Holzwerkstoffen, Metall oder Kunststoff. Bei der Holz Auswahl und Ausführung sind DIN 68360 (Gütebedingungen für Holz) und DIN 18355 (Tischlerarbeiten) besonders zu beachten. Es eignen sich nur Hölzer mit großer Festigkeit, gutem Stehvermögen sowie Beständigkeit gegen Witterung und Holzschädlinge. Geeignete inländische Hölzer sind Kiefer, Lärche und Eiche; geeignete ausländische Hölzer sind Pitch Pine, Meranti, Sipo, Afrosoma, Afzelia und Teak. Die Rahmentteile sollen stehende Jahresringe aufweisen. Die Holzfeuchtigkeit muss bei der Verarbeitung 11 bis 15 % betragen. Die Verleimung soll der Qualität D3 oder D4 (DIN 68602) und bei Furniersperrholz AW100 entsprechen. Außentüren sind durch chemischen Holzschutz und eine witterungsbeständige Oberflächenbehandlung (deckend oder nichtdeckend) ausreichend zu schützen. Dachüberstand und Nischen bieten zusätzlichen Witterungsschutz.

**Die Türumrahmung** bestehen aus Blend- oder Blockrahmen (10.98), selten aus einer Zarge. Eine in den Blendrahmen eingelassene Schiene (gerade oder winklig) bilden den unteren Türanschlag und trennt den Innen- vom Außenbereich. Die Rahmenecke wird geschlitzt, gestemmt oder gedübelt.



**Bild 10.98** Türumrahmung für Außentüren  
a) Blendrahmen mit Maueranschlag  
b) Blockrahmen mit Montageholz ohne Maueranschlag

### Konstruktion des Türblatts

**Das Türblatt** soll einen Doppelfalz erhalten. Der innere Falz hinter dem Aufschlag muss so breit sein, dass der Stulp des Türschlosses gut montiert werden kann (etwa 25 mm). Einbohrbänder erfordern mindestens 16 mm Blattaufschlag. Der Wetterschenkel auf der Außenseite des Türblatts dient dazu, abfließendes Wasser nach außen abzuleiten. Die obere Schräge beträgt 15 bis 20 Grad. Die Wasserabreißnut an der Unterseite muss ausreichend bemessen sein.

### Rahmentür mit Füllung

Entsprechend ihrer Funktion und der Bedeutung für das Aussehen des Hauses werden Rahmentüren besonders sorgfältig gegliedert und durch Füllungsstäbe und Profile ansprechend gestaltet (10.99). Die Rahmendicke wird bestimmt durch die Füllungsart, den Platzbedarf für Dämmmaterial und dem Doppelfalz an der Türumrahmung. Die Rahmendicke beträgt 55 bis 80 mm, bei der Rahmenbreite sollen 150 mm nicht überschritten werden, um Schwindrisse zu vermeiden. Da für die Fertigung meist Fensterwerkzeuge mitbenutzt werden, orientiert man sich an diesen Profilmäßen. Breitere Sockel müssen zweiteilig ausgeführt werden (10.100). Für Fenstertüren gelten die Profilmäße der DIN 68121, die ab 140 mm Breite ein zweiteiliges unteres Querholz vorschreibt. Die Rahmenhölzer werden durch Zapfen oder Dübel verbunden. Für die Verleimung sind Klebstoffe der Beanspruchungsgruppe D 3 und D 4 zu verwenden.

Die Beschläge müssen auf die Rahmenquerschnitte abgestimmt werden.

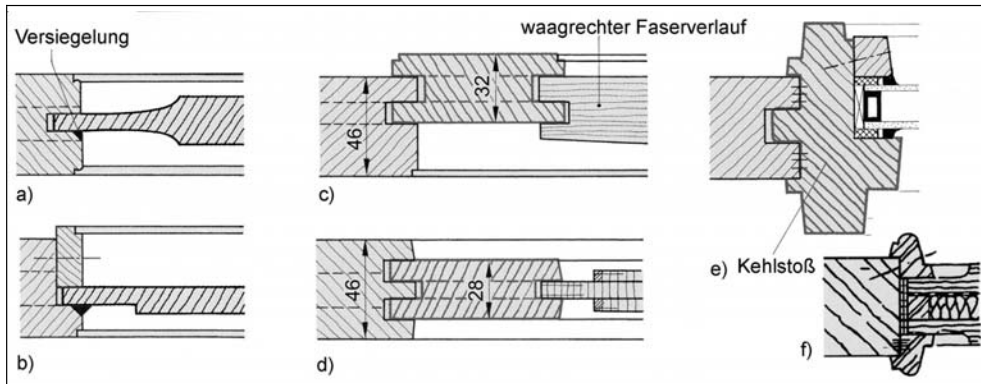
Eine besondere Art der Ausführung ist die *Kassetten-tür*. Die Aufteilung in kleine Flächen hat neben der gestalterischen Wirkung vor allem konstruktive Bedeutung. Bei kleinformatigen Vollholzfüllungen vermeidet man starkes Schwinden und Rissbildung.

**Ausführung und Befestigung der Füllung:** Füllungen müssen sich im Rahmen frei bewegen können. Wenn sie der Witterung ausgesetzt sind, muss der Regen sofort ablaufen, denn durch Wassernester würde das Holz zerstört. Der Anschluss an das Rahmenholz ist so auszubilden, dass sich kein Wasser sammelt. An der Außenseite sind die Füllungen zu versiegeln. Bild 10.101 zeigt unterschiedliche Möglichkeiten, die Füllung einzubauen.

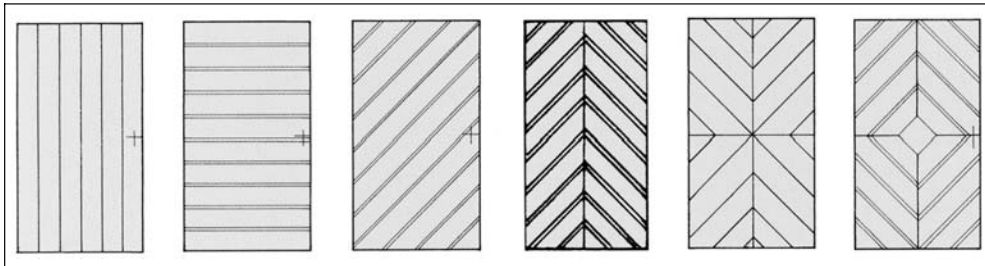
**Die eingelegte Füllung** setzt man von der Innenseite ein. Sie kann aus Vollholz, Holzwerkstoffen oder Glas bestehen. Vollholzfüllungen sollen kleinformatig sein (und mit waagrechttem Faserverlauf eingebaut werden).





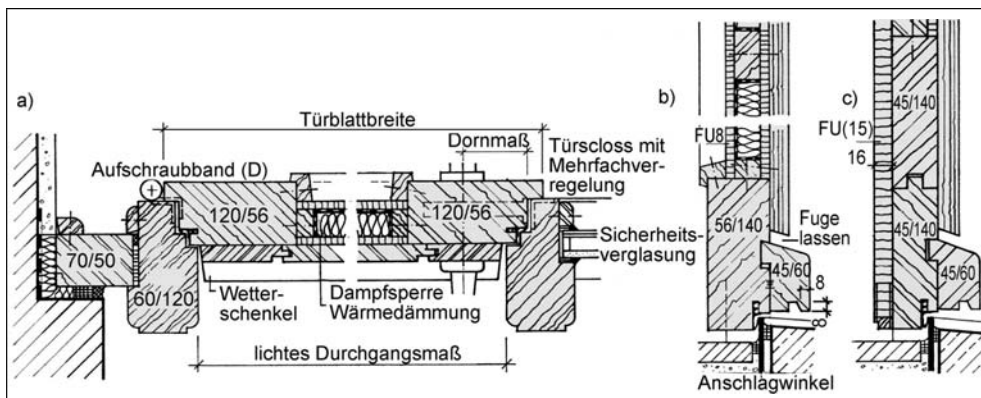


**Bild 10.101** Ausführung der Füllung  
 a) eingenuet, b) eingelegt, c) Rahmen überschoben, d) Rahmen eingeschoben,  
 e) Kehlstoß, f) beidseitig Profileisten

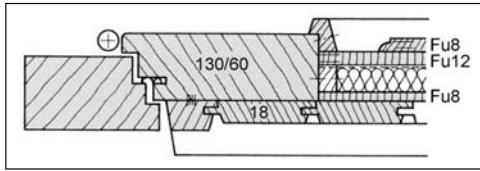


**Bild 10.102** Gestaltung von aufgedoppelten Türen

10



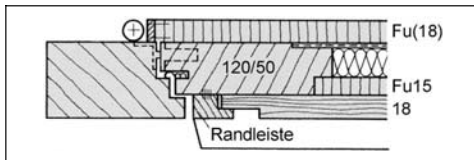
**Bild 10.103** Aufgedoppelte Haustür mit eingelegerter Wärmedämmung und Dampfsperre  
 a) Horizontalschnitt: Aufdoppelung aus vertikale verlaufenden gespundeten Brettern, fest verglastes Seitenteil. Montagerahmen als Wandanschluss b) Vertikalschnitt: Ein-teiliger Sockel (Querholz), Wetterschenkel schräg eingenuet c) Vertikalschnitt: Alternative Ausführung mit Innenschale aus Furniersperrholz, zweiteiligem Sockel, Wetterschenkel eingenuet.



**Bild 10.104** Vollholzrahmen mit einseitiger Aufdoppelung außen: senkrechte Profilbretter, innen: Füllung

Bei der glatten Tür wird die Wirkung der Türfläche und ihre farbliche Gestaltung zum besonderen Ausdrucksmittel. Bei einer Kompaktbauweise besteht das Türblatt aus einem Holzwerkstoff (meist Stäbchenplatte, AW 100 verleimt). Bei einer Rahmenbauweise beplankt man beide Seiten symmetrisch (in Materialart und Dicke) mit einer Holzwerkstoffplatte (meist Furniersperrholz, AW 100 verleimt).

**Haustürbeschläge.** Wegen des großen Gewichts der Türblätter, der erhöhten Anforderungen und Belastungen (z.B. Einbruchssicherheit, Winddruck) sind Beschläge für Außentüren stabiler als für Innentüren.

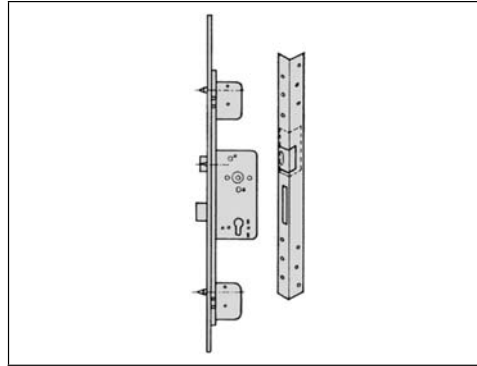


**Bild 10.105** Vollholzrahmen mit beidseitiger Aufdoppelung außen: waagrechte Profilbretter, innen: Furniersperrholz

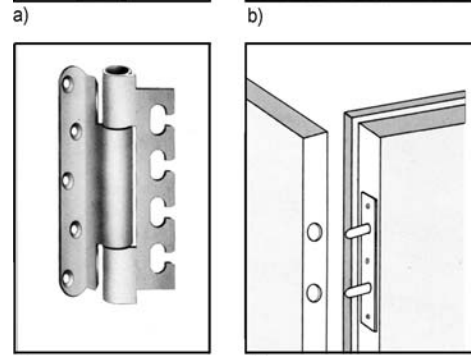
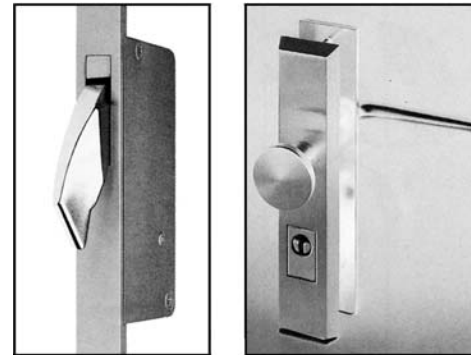
Als **Bänder** verwendet man Einbohrbänder, Aufsatzbänder (DIN L oder R) oder Kombibänder auch mit zusätzlichen Tragzapfen. Leichte Türen erhalten zwei, schwere oder breite Türblätter erhalten drei Bänder, wobei die Entfernung vom oberen zum mittleren Band ca. 300 mm beträgt.

Als **Schlösser** dienen schwere Einstecktürschlösser, meist mit Wechsel (die Falle kann mit Schlüssel betätigt werden) und einer Aussparung für den Schließzylinder (Profil-, Oval- oder Rundzylinder). Zur Einbruchssicherheit sind Türschilder oder Rosetten von innen verschraubt; der Schließzylinder darf nicht überstehen. Für Außentüren mit einem erhöhten Einbruchschutz verwendet man einen verlängerten Türstulp mit Mehrfachverriegelung (Riegel oder Rollzapfen) und Sicherheitsschließbleche (10.106). Für erhöhte Anforderungen können die Schließbleche zusätzlich mit Schwerlastdübeln im Beton oder

Mauerwerk befestigt werden. Gegen das Aushebeln der Tür auf der Bandseite montiert man Hintergreifhaken in Höhe der Bänder.



**Bild 10.106** Sicherheitschloss mit Mehrfachverriegelung, Sicherheitsschließblech



**Bild 10.107** a) Schwenkriegelverkrallung  
b) Zylinder-Safe- Garnitur  
c) Stabiles Band  
d) Tresorverriegelung

Bei einbruchhemmenden Türen unterscheidet DIN 18054 die Widerstandsklassen ET1, ET2 und ET3. Auswirkung auf die Sicherheit haben Werkstoffart und -dicke, Verglasung, Beschlag, Falzausbildung, Anschluss an Baukörper.

**Erhöhte Sicherheit**, von der Kriminalpolizei empfohlen, bieten **Schwenkriegelverkrallungen** gegen Aushebelungen der Tür, **Zylinder-Safe-Garnituren**

gegen die „Korkenzieher- Methode, stabile Bänder mit extremer Reißfestigkeit und die **Tresorverriegelung** als Unterstützung der Bandseite (10.107).

Beim **Einbau** der Außentür sind die Regeln für den Fenstereinbau sinngemäß anzuwenden. Der Meterriß dient dabei als Bezugshöhe. Auf das Einhalten der vorgeschriebenen Band- und Drückerhöhen ist zu achten.

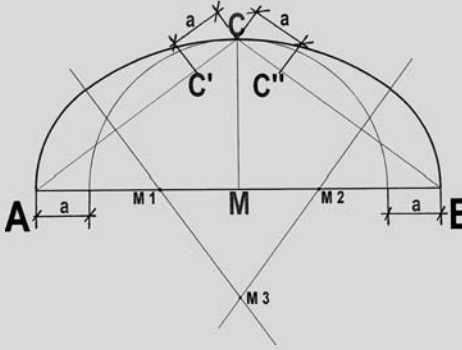
#### **Arbeitsauftrag Nr. 94 Lernfeld LF 10,11**

- Ihr Firmenchef hat mit der Hausverwaltung, den Eigentümern und dem für den Umbau des neu erworbenen alten Mehrfamilienhauses verantwortlichen Architekten eine Baubegehung vorgenommen. Im anschließenden Gespräch wurde vereinbart Ihre Tischlerei mit der Erneuerung und teilweisen Restaurierung der Fenster und Hauseingangstür zu beauftragen. Insbesondere die große Hauseingangstür mit den Doppeltüren und dem Oberlicht in Form eines Korbbogens soll schnell erneuert werden, um die Baustelle sichern zu können.

Ihr Meister beauftragt Sie, als Vorübung für den späteren Brettaufriss, die Konstruktion eines Korbbogens mit drei Einsatzpunkten auf einem DIN A3 Blatt zu üben. Orientieren Sie sich an den ermittelten lichten Maßen der nachfolgenden Skizze und empfohlenen Konstruktionshinweisen.



**Hauseingangstür  
Vorderansicht**

Konstruktionshinweise	Arbeitsschritte
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Spannweite zwischen den Punkten A und B abtragen;</li> <li>2. Mittelsenkrechte (Stichhöhe) auf der Strecke AB errichten (Strecke MC);</li> <li>3. Punkte A und C sowie B und C verbinden;</li> <li>4. Kreisbogen um M mit dem Radius der Strecke MC abtragen. Daraus ergeben sich auf der Strecke AB die Teilstrecken <math>2 \times a</math>.</li> <li>5. <math>a</math> auf den Strecken AC und BC abtragen. Es ergeben sich die Punkte C und C'';</li> <li>6. Die Mittelsenkrechten auf die Strecken AC' und BC'' errichten. Es ergeben sich auf der Strecke AB die Schnittpunkte M1 und M2. Die Verlängerung der beiden Mittelsenkrechten ergibt den Schnittpunkt M3.</li> <li>7. Kreisbögen mit dem Radius M1A von M1 bzw. M2B von M2 beginnend in Punkten A bzw. B bis zu der jeweiligen Mittelsenkrechten schlagen.</li> <li>8. Kreisbogen um M3 mit dem Radius M3C beginnend und endend an den Mittelsenkrechten schlagen.</li> </ol>

## 10.8 Fenster

### Die Geschichte des Fensters

Ausgrabungen von Archäologen belegen, dass es bereits 4000 v. Chr. Fenster gab. Die ersten Häuser der Menschen waren jedoch noch Fensterlos. Der Einlass von Luft und Licht erfolgte durch den Eingang und einer Öffnung für den Rauchabzug über der Feuerstätte. In den frühen Pfahlbauten (um 2000 v. Chr.) wurden Lichtöffnungen eingebaut jedoch nicht verschlossen. Im Orient und Kleinasien wurden die Maueröffnungen mit Teppichen verhängt oder mit durchbrochenen Tonplatten abgesperrt. In China und Japan wurde Papier, im alten Germanien geölte Leinwände oder mit Darmseide durchzogenes Papier zum verschließen genutzt (um 700 v. Chr.). Zum Schutz vor Witterungseinflüssen brachte man zusätzlich Läden aus Holzgeflecht an. Nach der Erfindung des Glases in Ägypten (um 1800 v. Chr.) nutzten die Römer (um 100 n. Chr.) als erste gegossene Scheiben als Fensterfüllung. Das Glas konnte noch nicht geschnitten werden. Es wurde durch glühende Trenn- oder Sprengelisen zum Springen gebracht. Später wurden in Blei gefasste

Gläser (Butzenscheiben) hauptsächlich beim Kirchenbau verwendet. Das älteste Kirchenfenster Deutschlands befindet sich im Augsburger Dom aus dem Jahre 1065. Bei der Herstellung der Butzenscheiben wurde das Glas zu einer Kugel geblasen und in noch weichem Zustand zu einer Kugel zusammen gedrückt. Es entstanden runde Scheiben mit einem Durchmesser von 12 – 15 cm. Bis in das 18. Jahrhundert wurde diese Verglasungsart gefertigt, die durch Bleifassungen gehalten in Holzrahmen eingesetzt wurden.

Im 17. Jahrhundert erfand man das Tafelglas in England. Die Einführung einer Fenstersteuer, Gebäude mit mehr als sechs Fenstern mussten diese Steuer entrichten, hemmte die weitere Entwicklung. Erst nachdem die Steuer im Jahre 1851 aufgehoben wurde setzte sich das Tafelglas im Fensterbau durch. Eine ähnliche Entwicklung nahm der Fensterbau in Frankreich, wo ab 1917 die Gemeinden Fenster zur Straßenseite besteuern konnten. Die spätere fabrikmäßige Tafelglasherstellung und das Einlegen der Gläser in ein Kittbett führte zu

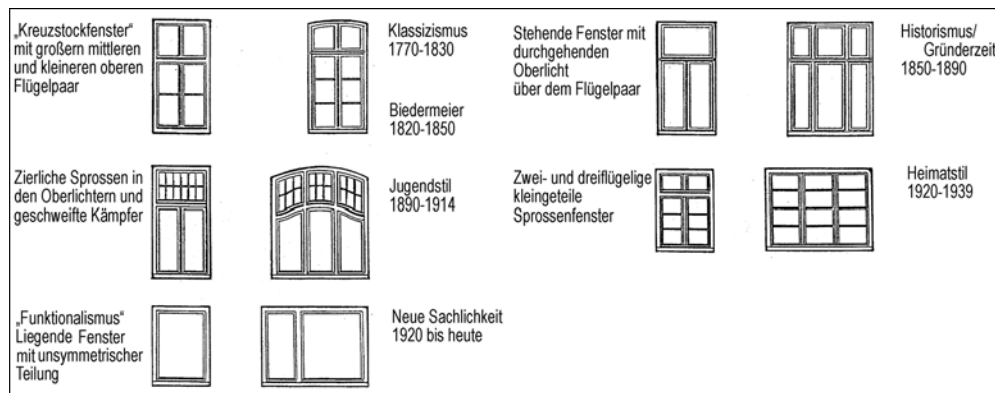
einer erheblichen Kostensenkung im Vergleich zu den Bleiverglasungen. Die Fensteröffnungen und ihre Verteilung beeinflussten immer mehr das Erscheinungsbild einer Fassade bzw. eines Hauses. Stilprägend waren nun romanische Rundbögen und gotische Spitzbögen. Die Fensterumrandung gewann an Bedeutung. Das allgemeine Landrecht der Preußischen Staaten von 1794 befand ein Fenster als ausreichend bemessen, wenn der Bewohner der Parterrewohnung den Himmel bei ungeöffneten Fenstern erblicken konnte. Dies führte zum Bau von relativ schmalen und hohen Fenstern.

Nach dem 2. Weltkrieg begann 1945 für den Fensterbau eine neue Entwicklung. Die Fensterflächen wurden größer. Neue Konstruktionen, Beschläge und Werkstoffe brachten Veränderungen und ermöglichten technisch bessere Lösungen. Die bauphysikalischen Vorgänge wurden erforscht und fanden Eingang in konstruktive Vorschriften und technische Richtlinien. Der Fortschritt in der Maschinen- und Werkzeugtechnik rationalisierte die Fertigung.



**Bild 10.107** Fenster als Gestaltungsmittel einer Hausfassade

10



**Bild 10.108** Fenster der Baustile zweier Jahrhunderte

### 10.8.1 Aufgaben und Anforderungen

#### **Arbeitsauftrag Nr. 95 Lernfeld LF 10.12**

Welche Anforderungen werden heute an den modernen Fensterbau gestellt?

Entwerfen Sie zu diesem Thema ein Plakat. Orientieren Sie sich an den Oberbegriffen des folgenden Kapitels. Berücksichtigen Sie bei Ihrer Darstellung Bild 11.113.

Fenster lassen nicht nur das Tageslicht ein, sondern schützen auch vor Wärmeverlust, Straßenlärm und Witterung. Sie dienen zum Lüften und gewähren uns Aussicht auf die Umwelt. Fenster beeinflussen auch wesentlich die Hausfassade, gliedern die Flächen und lockern die Baumasse auf (10.107).

**Architektonisches Gestaltungsmittel.** Fenster müssen zur Fassade des Gebäudes passen. Anordnung, Größe und Gliederung sind wesentliche Gestaltungsmittel und prägen das Fassadenbild. Großflächige Fenster lassen ein Haus einladender und offen erscheinen. Fensterunterteilungen durch Pfosten, Kämpfer und Sprossen beleben das Aussehen und lockern die Fassade auf.

Fenster sind ein wesentliches Stilmerkmal der einzelnen Epochen (Bild 10.107).

**Raumbelichtung.** Aufenthaltsräume müssen durch Fensterflächen ausreichend mit Tageslicht versorgt werden. Der Lichteinfall wirkt sich auf die Raumqualität aus. Die Raumnutzung ist maßgebend für die Anforderung an die Belichtung. Die Belichtung des Raumes hängt ab von:

- Fenstergröße,
- dem Anteil der Glasfläche,
- Lage des Fensters nach Himmelsrichtung und in der Wand (oben oder unten),
- Art der Verglasung.

**Die Lüftung** soll schnell und zugleich zugfrei sein, damit nur wenig Wärme verloren geht und das Wohlbefinden des Menschen nicht beeinträchtigt wird. Sie ist nicht nur nötig um Frischluft und Sauerstoff zuzuführen, sondern auch um die Raumfeuchte sowie Geruchs- und Schadstoffe abzuführen. Während bei einer Stoßlüftung der Luftaustausch in kurzer Zeit erfolgt und die Raumwände nicht abkühlen, entstehen bei einer Dauerlüftung z.B. durch Kippen (Bild 10.109) leicht Zugerscheinungen und in der Heizperiode ein erhöhter Wärmebedarf. Die Öffnungsart der Fenster hat Auswirkungen auf den Lüftungsgrad.

**Der Wärmeschutz** hat heute gestiegene Bedeutung. Man versteht darunter alle Maßnahmen, die

den Wärmedurchgang zwischen Bereichen unterschiedlicher Temperatur wirksam einschränken. Beispielsweise geht durch ein einfach verglastes Holzfenster rund fünfmal mehr Wärme verloren als durch ein 36,5 cm dickes Mauerwerk aus Lochziegel. An der Glas- und Rahmenfläche sowie an den Fugen des Fensters kommt es bei einem Temperaturunterschied zwischen innen und außen zu einem Wärmeaustausch. Der Wärmeverlust hängt ab von:

- der Bauart des Fensters,
- der Verglasungsart,
- dem Rahmenmaterial,
- der Dichtigkeit der Fälze und Fugen.

Zur Beurteilung der Wärmedämmeigenschaften eines Fensters dient der  $U$ -Wert. Je kleiner der  $U$ -Wert, desto geringer ist der Wärmeverlust.

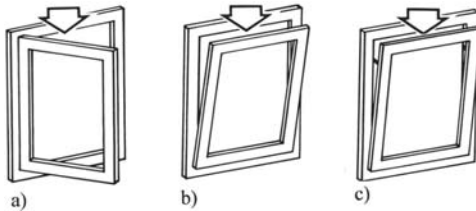
Abschn. 6.4.2 weist auf den Zusammenhang zwischen Verglasungsart und Wärmedämmung hin.

Während mit alten herkömmlichem Zweischeibenisolierverglasung ein  $U$ -Wert von 2,8 erreicht wird, lässt sich durch Wärmeschutzglas mit Edelgasfüllung und wärmereflektierende Edelmetallbeschichtung an der Scheibeninnenseite ein  $U$ -Wert von 0,6 erzielen. Wärmeverlust entsteht außerdem durch den Wärmedurchgang an Fugen und am Fensterrahmen. DIN 4108 unterscheidet bei dem Rahmenmaterial drei Gruppen (10.110).

Da  $U$ -Werte von Verglasung und Rahmenmaterial unterschiedlich sind, ist zur Beurteilung das gesamte Fensterelement zu betrachten.

Die **Energieeinsparverordnung (EnEV)** bildet die gesetzliche Grundlage für die Berechnung des Wärmebedarfs bei Gebäuden mit normalen und niedrigen Innentemperaturen einschließlich ihrer heizungs-, raumtechnischen und zur Warmwasseraufbereitung dienenden Anlage.

Der Jahres- Primärenergiebedarf, der Transmissionswärmeverlust und der Wärmegewinn (z.B. durch Sonneneinstrahlung) sind in einem Bilanzierungsverfahren zu berücksichtigen (Bild 10.111)



**Bild 10.109** Lüftungsarten  
 a) Stoßlüftung  
 b) Kipp-Dauerlüftung  
 c) Kipp-Spaltlüftung

**Tabelle 10.110**

U-Werte		U-Wert in W/m <sup>2</sup> · K
EV (4)		5,8
IV (4 + 12 LZ + 4)		2,8
IV (6 + 16 LZ + 4)		1,6
Wärmeschutzglas mit 2 Scheiben, Edelgasfüllung und Reflexionsschicht		1,3
Wärmeschutzglas mit 3 Scheiben, Edelgasfüllung und Reflexionsschicht		2,1
Wärmeschutzglas mit 3 Scheiben, Edelgasfüllung und Reflexionsschicht		0,6
Gruppe	Rahmenmaterial	in W/m <sup>2</sup> K
1	Holz/Kunststoff	2,0
2	Aluminium, wärmegeklämt	2,0 bis 4,5
3	Stahl und Aluminium ohne bes. Nachweis	≤ 4,5

**Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten ( $U_w$ )** unter Berücksichtigung der Wärmeverluste infolge Wärmeleitung durch die drei Übergangswege Glasfläche, Glasrand sowie Blend- und Flügelrahmen.

Um für ein Fenster den gesamten  $U$ -Wert ausrechnen zu können, müssen die  $U$ -Werte von Rahmen und Verglasung mit ihrem jeweiligen Flächenanteil in die Berechnung mit eingehen.

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + L_g \cdot \Psi_{(Psi)}}{A_g + A_f}$$

$A_f$  sichtbare Fläche des Rahmens

$A_g$  sichtbare Fläche des Glases

$U_w$  Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters (window)

$U_f$  Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens (frame)

$U_g$  Wärmedurchgangskoeffizient des Glases (glass)

$l_g$  Länge des Glasrandes (Randverbund) (in m)

$\Psi_{(Psi)}$  Linearer Wärmedurchgangskoeffizient des Glasrandes

**Berechnungsbeispiel für den  $U_w$ -Wert eines Fensters (IV 68, Kiefer, Schwingflügel) (10.112)**

$$A_f = (1,86 \text{ m} \cdot 1,48 \text{ m}) - (1,624 \text{ m} \cdot 1,217 \text{ m})$$

$$A_f = 0,776 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1,624 \text{ m} \cdot 1,217 \text{ m}$$

$$A_g = 1,976 \text{ m}^2$$

$$U_f = 1,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$U_g = 1,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Zweischeiben – Isolierverglasung  
(lt. DIN EN 673/DIN 4108)

$$l_g = 2 \cdot 1,624 \text{ m} + 2 \cdot 1,217 \text{ m}$$

$$l_g = 5,68 \text{ m}$$

$$\Psi_{(Psi)} = 0,068 \text{ (Aluminium- Abstandhalter)}$$

Werte in die Formel einsetzen:

$$U_w = \frac{1,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot 1,976 \text{ m}^2 + 1,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \cdot 0,776 \text{ m}^2 + 5,68 \text{ m} \cdot 0,068 \frac{\text{W}}{\text{mK}}}{1,976 \text{ m}^2 + 0,776 \text{ m}^2}$$

$$U_w = 1,42$$

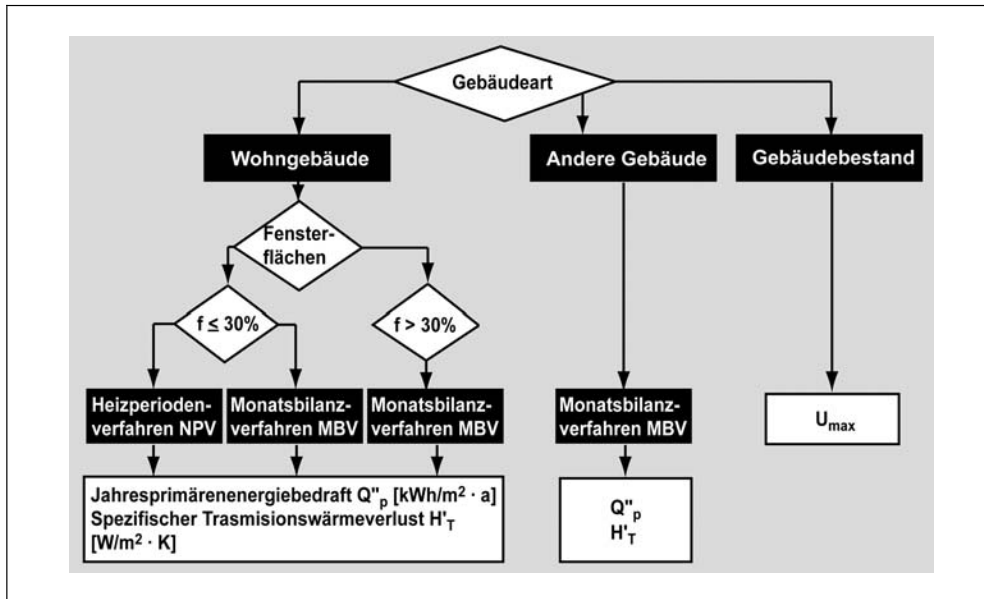


Bild 10.111 Nachweisverfahren der Energieeinsparverordnung (EnEv)

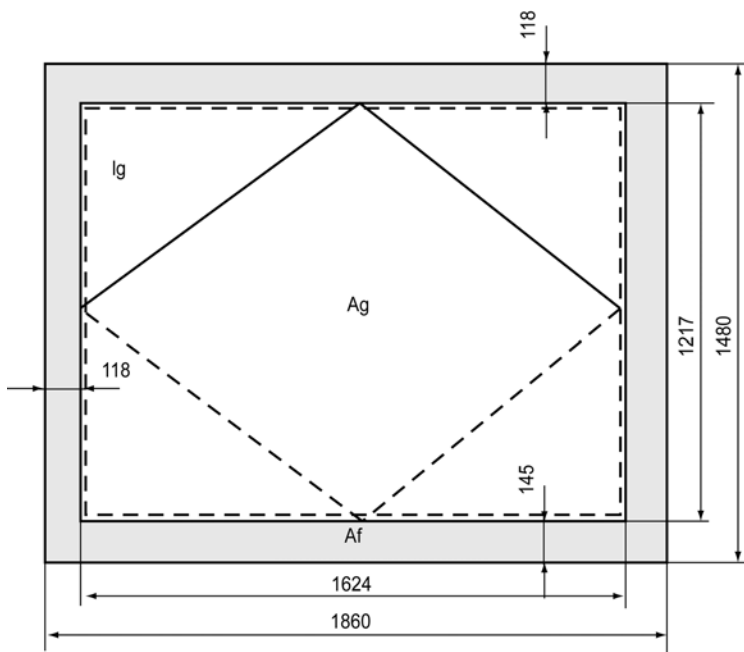


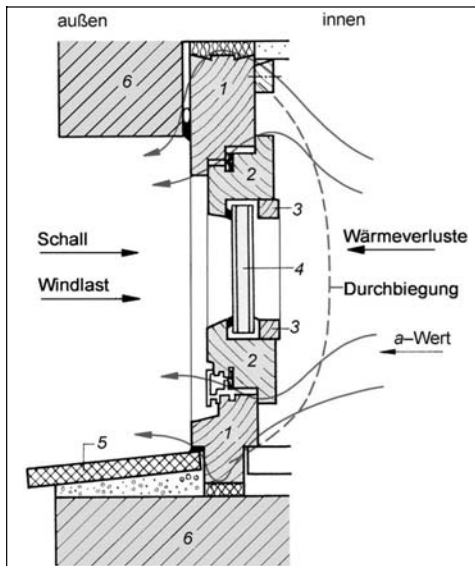
Bild 10.112

Angaben in mm



**Der Schallschutz** gewinnt mit dem zunehmenden Außenlärmpegel (z.B. Verkehrs- und Fluglärm) und den gestiegenen Ansprüchen immer mehr an Bedeutung. Unter Schallschutz verstehen wir Maßnahmen zur Verminderung der Schallübertragung von außen nach innen. (In Wohngebieten darf auch kein Gewerbelärm von innen nach außen dringen). Die Schalldämmung ist die Differenz zwischen Außen- und Innenschallpegel, gemessen in dB (Dezibel). DIN 4109 legt Mindestanforderungen fest (s. Abschn. 10.2.5).

Die erforderliche Luftschalldämmung richtet sich nach der Gebäudenutzung, dem Schallpegel außerhalb des Gebäudes und dem zulässigen Schallpegel innerhalb eines Raumes. Für den Nachweis der geforderten Schalldämmung gibt es zwei Möglichkeiten.



**Bild 10.113** Beanspruchung des Fensters  
 1 Blendrahmen  
 2 Flügelrahmen  
 3 Glasleiste  
 4 Isolierverglasung  
 5 Fensterbank außen  
 6 Mauer

Auswahl einer geeigneten Konstruktion: Um die Mindestanforderungen zu erfüllen, muss eine geeignete Fensterkonstruktion gewählt werden. Zur

schalltechnischen Beurteilung eines Fensters enthält die DIN 4109 Ausführungsbeispiele mit bewerteten Schalldämmmaßen (25 bis 47 dB). Eignungsprüfung: Die Auswahl kann außerdem aufgrund einer Fensterprüfung erfolgen (im Labor oder durch Messung am Bauwerk). Im Wesentlichen hängt die Schalldämmung eines Fensters ab von:

- der Konstruktion des Fensters,
- dem Material und der Abmessung der Rahmenhölzer,
- der Anzahl der Fälze und Dichtungen,
- der Verglasungsart (mehrere Scheiben, unterschiedlicher Dicken), Randeinspannung
- den Wandanschlüssen und der Fugendichtigkeit.

In der Praxis verwendet man meistens zur Beschreibung der schalltechnischen Anforderungen an Fenster die Schallschutzklassen 1 bis 6 mit Abstufungen von jeweils 5 dB (VDI-Richtlinie 2719)

**Tabelle 10.114** Schallschutzklassen

Schallschutzklassen	Schalldämmung in dB
1	25 bis 29
2	30 bis 34
3	35 bis 39
3	40 bis 44
5	45 bis 49
6	50 und mehr

**Windbelastung.** Fenster müssen die auftretenden Windkräfte aufnehmen und an den Baukörper abgeben. Dabei dürfen sich die Rahmenhölzer nicht mehr als  $1/300$  der Öffnungshöhe bzw. -breite durchbiegen. Die Windbelastung hat Auswirkung auf die Glasdicken.

**Schlagregendichtigkeit** (DIN 12208). Bei Schlagregen wirken Wind und Regen gleichzeitig auf das Fenster ein. Sturmböen peitschen den Regen mit 100 km/h und mehr gegen die Außenwände freistehender Gebäude! Ein Fenster im 20. Stockwerk eines Hochhauses (also in etwa 50 m Höhe) muss einen Winddruck von etwa  $100 \text{ daN/m}^2$  ( $1 \text{ KN/m}^2$ ) aushalten. Bei diesen Windlasten biegt sich der Fensterflügel durch, sodass der Regen bei konstruktiven Mängeln durch die Rahmenfälze eindringen kann (10.113). Das Fenster setzt dem Eindringen des Regenwassers einen Widerstand entgegen, den man als Schlagregensicherheit bezeichnet. Um sie zu gewährleisten, sind die Rahmenquerschnitte richtig zu dimensionieren (s. Abschn. 10.8.4), genügend Ver-

schlusspunkte und ausreichende Falzdichtungen vorzusehen. Wichtig sind außerdem eine räumliche Trennung von Regen- und Winddichtung sowie ein umlaufender Spalt zum Druckausgleich.

**Fugendurchlässigkeit (DIN EN 12207).** Ein Fenster besteht aus beweglichen Flügelrahmen mit Verglasung und feststehendem Blendrahmen. Das geschlossene Fenster muss so dicht sein, dass zwar ein geringer Luftwechsel stattfinden kann (keine Schwitzwasserbildung), jedoch möglichst wenig Wärme verloren geht, keine Zugluft entsteht und Schlagregen nicht eindringt.

Die Gesamtdurchlässigkeit (Q) beschreibt den Luftstrom in  $\text{m}^3/\text{h}$ , der über die Fugen zwischen Flügel und Blendrahmen in Folge einer am Fenster vorhandenen Druckdifferenz (p) hindurch strömt. Der Prüfaufbau nach prEN1026 entspricht weitestgehend den bekannten Dichtheitsprüfständen. Die bei einem bestimmten Prüfdruck (p) Gesamtdurchlässigkeit (Q) wird auf einen Referenzdruck (p) von 100 Pa umgerechnet. Dies beschreibt den Begriff der Referenzluftdurchlässigkeit (Q 100). Die Referenzluftdurchlässigkeit wird entweder auf die Gesamtfläche ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) oder auf die Fugenlänge ( $\text{m}^3/\text{hm}$ ) des Fensters bezogen. Die Beanspruchungsgruppen werden in Klassen 0-4 klassifiziert. In Klasse 0 werden keinerlei Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit gestellt und nicht geprüft (Tabelle 10.115).

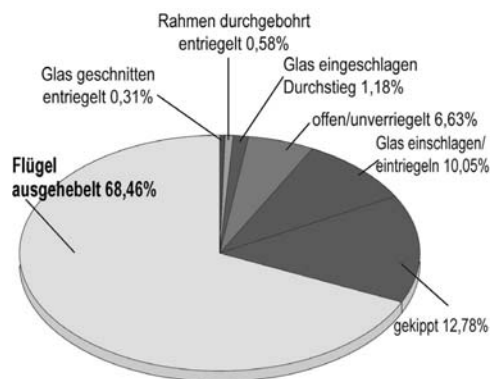
**Tabelle 10.115** Zusammenhang zwischen der Referenzdurchlässigkeit, max. Prüfdruck und Beanspruchungsgruppen nach DIN EN 12207.

Klasse nach DIN EN 12207	Referenzluftdurchlässigkeit bei 100 Pa in $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$	Referenzluftdurchlässigkeit bei 100 Pa in $\text{m}^3/(\text{hm})$	maximaler Prüfdruck in Pa
0		nicht geprüft	
1	50	12,50	150
2	27	6,75	300
3	9	2,25	600
4	3	0,75	600

**Fensterprüfung.** Die Güte eines fertig verglasten Fensters kann man auf dem Prüfstand kontrollieren. Durch Simulieren unterschiedlicher Witterungsbedingungen lassen sich Schlagregensicherheit, Fugendurchlässigkeit, Schall-

schutz und Wärmeschutz ermitteln. Bei der Prüfung auf Schlagregensicherheit erzeugt man an der Fensteraußenseite, entsprechend der Beanspruchungsgruppe, künstlichen Winddruck, bei gleichzeitigem Regen. Die Schlagregensicherheit gilt als erfüllt, wenn bei gleich bleibendem Prüfdruck und Beregnung während der Prüfzeit kein Wasser durch die Fälze dringt.

**Einbruchshemmung.** Wie die Einbruchstatistik zeigt, erfolgen die meisten Einbrüche am Fenster durch Aushebeln des Fensterflügels (Bild 10.116).



**Bild 10.116** Einbruchstatistik für Fenster

Erhöhte Sicherheitsanforderungen haben Auswirkungen auf die Fensterkonstruktion. Einbruchhemmende Verglasung und Beschläge (abnehmbare Griffe, Mehrfachverriegelung, Pilzzapfenausbildung der Schließzapfen) verringern die Gefahr des gewaltsamen Eindringens und des Diebstahls (Bild 10.117).



**Bild 10.117** Pilzzapfen

DIN 52290 unterscheidet bei der Verglasung:

- Durchwurffhemmende Verglasung Widerstandsklasse A (A1 bis A3)
- Durchbruchhemmende Verglasung Widerstandsklasse B (B 1 bis B3)
- Durchschusshemmende Verglasung Widerstandsklasse C (C1 bis C5)

Innerhalb der Widerstandsklassen wird nach Anforderungen differenziert.

DIN V 18054 enthält Anforderungen und Konstruktionsmerkmale für einbruchhemmende Fensterkonstruktionen. Entsprechend der Wirkung unterscheidet man die Klassen EF 0 bis EF 3. Einfluss haben: Verglasung, Rahmenabmessung und -material, Beschläge, Falzausbildung, Anschluss am Baukörper.

#### Aufgaben und Anforderungen an Fenster

- Raumbelichtung, Sichtkontakt,
- Bautengliederung
- Wärme- und Schallschutz, Lüftung
- Schlagregensicherheit, Fugendichtheit,
- Einbruchhemmung.

### 10.8.2 Bezeichnungen am Fenster

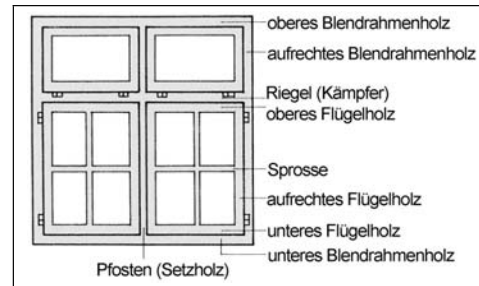
Fenster bestehen in der Regel aus dem am Bauwerk befestigten Blendrahmen und einem oder mehreren Flügelrahmen.

Der Blendrahmen kann durch Pfosten oder Riegel unterteilt werden (10.118). Er trägt die beweglich angebrachten Flügelrahmen mit den Glasscheiben, dient der Befestigung und überträgt die auftretenden Kräfte (z.B. Winddruck, Flügelgewicht) auf das Gebäude. Die Anschlussfuge zur Wand muss gut gegen Regen und Wind abgedichtet, aber auch elastisch sein, um Bewegungen und Erschütterungen aufnehmen zu können. Das Fenster kann ohne Maueranschlag oder mit einem Anschlag an der Innen- oder Außenseite eingebaut werden.

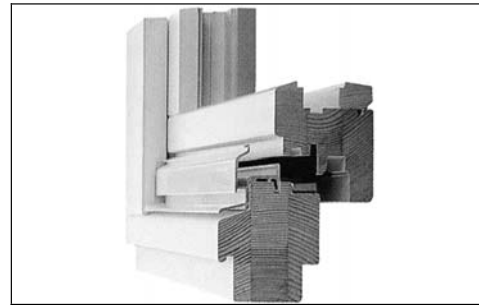
Der Blendrahmen besteht aus den aufrechten, den oberen und unteren Blendrahmenhölzern mit Schlitz und Zapfen als Verbindung. Oberes und unteres Blendrahmenholz erhalten den Schlitz, die aufrechten Hölzer den Zapfen (10.119).

**Der Flügelrahmen** ist der mit dem Blendrahmen beweglich verbundene Teil des Fensters. Er ist meist zu öffnen und besteht aus den

aufrechten, dem oberen und unteren (Wetterschenkel) Flügelholz (10.118). Wir unterscheiden für die Fensterunterteilung Sprossen, Pfosten und Riegel.



**Bild 10.118** Bezeichnungen am Fenster



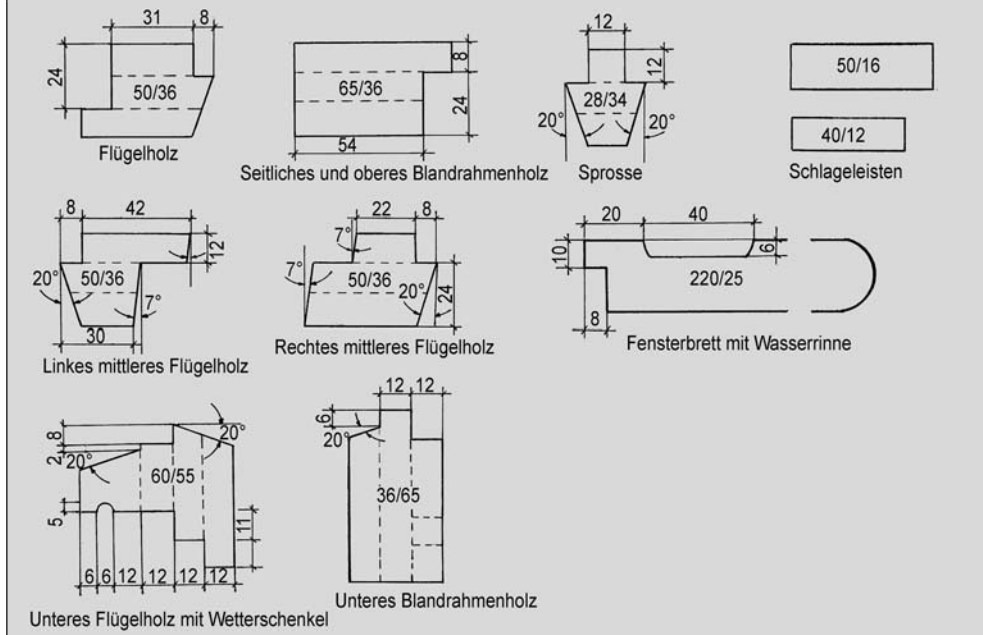
**Bild 10.119** Eckausbildung am Blend- und Flügelrahmen eines Einfensters

- Sprossen sind Profileisten zum Unterteilen des Flügelrahmens in horizontaler oder vertikaler Richtung. Sich kreuzende Sprossen heißen Kreuzsprossen.
- Pfosten oder Setzhölzer unterteilen ein mehrteiliges Fenster in der Breite. Sie stabilisieren das Element und können zur Flügelbefestigung dienen.
- Riegel bzw. Kämpfer unterteilen das Fenster in der Höhe. Sie stabilisieren den Blendrahmen und ermöglichen den Einbau von Flügeln im oberen Bereich (Oberlicht) oder unten liegende Kippflügel. Pfosten und Riegel wirken als aussteifendes Element gegen Windlasten.

### 10.8.3 Fensterarten

#### Arbeitsauftrag Nr. 96 Lernfeld LF 10,11,12

- Nach der Bauart unterscheiden wir Einfachfenster, Verbundfenster und Kastenfenster. Im Zuge der Arbeiten Ihrer Firma im alten Mehrfamilienhaus sollen die Kastendoppel- fenster renoviert werden. Hier bietet sich für Sie die Gelegenheit grundlegende Kenntnis- se des Fensterbaus zu erwerben um Fensterkonstruktionen zu verstehen. Zeichnen Sie den Horizontalschnitt A-A und den Vertikalschnitt B-B durch ein einfaches Blendrahmenfenster mit Kreuzsprosse und Mittelverschluss nach innen aufgehend. Zeichnen Sie die Schnitte auf einem DIN A3 Blatt – hochkant Lage, im M 1:1; die An- sicht im M 1:10. Die Fensteröffnung hat einen Innenanschlag. Die Fenstergröße ist mit  $9 \times 13$  bemessen. Nutzen Sie die abgebildeten Profilgrößen für Ihre Zeichnung.



10

**Tabelle 10.120** Fensterarten

Unterscheidung	Fenster				
Lage	Außen-, Innen-, Dachflächenfenster				
Funktion	Fenster mit Festverglasung oder mit Flügeln, Fenstertüren				
Bauart	Einfachfenster, Verbundfenster, Kastenfenster				
Verglasungsart	Einfach-, Doppel- oder Isolierverglasung				
Anschlag des Flügels					
Werkstoff	Holz-, Kunststoff-, Aluminium-, Stahlfenster und Kombinationen				

**Einfachfenster** bestehen aus dem Blendrahmen und einem oder mehreren nebeneinander angeordneten Flügeln. Sie können mit Einfach- oder Isolierverglasung ausgeführt werden.

**Bei Einfachverglasung** (Kurzzeichen: EV) liegt nur eine Scheibe im Kittfals des Fensterflügels. Einfachverglaste Fenster dämmen Schall und Wärme schlecht und beschlagen leicht. Sie sind nur noch für untergeordnete unbewohnte Räume zulässig (z.B. Keller, Abstell- und Dachräume).

**Bei Isolierverglasung** (Kurzzeichen: IV) ist der Flügel mit einem Element aus zwei oder mehreren Scheiben verglast (10.122). Die trockene Luft oder Edelgasfüllung zwischen den Scheiben wirkt wärmedämmend. Die Isolierverglasung erfordert einen entsprechend großen Glasfalz und ist von der Rauminnenseite her verleistet. Die Mindestauflagebreite dieser Leisten beträgt bei einer Befestigung durch Schrauben 12 mm und bei Nägeln oder Klammern 14 mm. Das Flügelrahmenprofil ist dicker als bei der Einfachverglasung und hat Doppelfalz an der Blendrahmenseite.

#### Beispiel

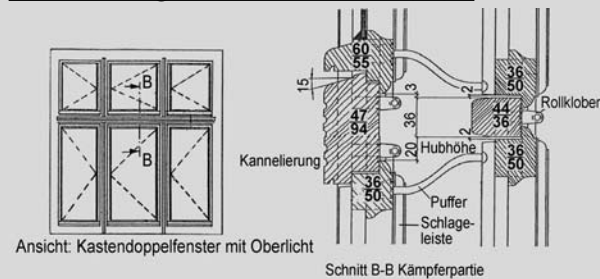
Holzfenster DIN IV 63 - 78 - 1  
 Isolierverglasung  
 Profildicke  
 Profilbreite  
 Anzahl der Falzdichtungen

**Beim Verbundfenster** liegen zwei einfach verglaste Flügelrahmen hintereinander (10.126). Wegen der zwei Glasebenen spricht man von einer *Doppelverglasung* (Kurzzeichen: DV). Der Außenflügel ist mit 1 mm Abstand so angeordnet, dass eine Luftzirkulation möglich wird, um Tauwasserbildung und Beschlagen weitgehend zu verhindern. Außen- und Innenflügel sind durch einen Beschlag miteinander verbunden (gekoppelt) und haben einen gemeinsamen Drehpunkt. Die Flügelrahmen liegen in einem Doppelfalz des breiten Blendrahmens. Beide Flügel haben gewöhnlich Einfachverglasung. Wenn der innere Flügel zur besseren Wärmedämmung isolierverglast wird, vergrößern sich die Profilabmessungen. Verbundfenster haben eine gute Wärme- und Schalldämmung, die sich durch eine dickere Verglasung des Außenflügels noch verbessern lässt. Nachteilig sind der hohe Material- und Arbeitsaufwand.

#### Beispiel

Holzfenster DIN 68 121 DV 32 / 44 - 51 / 78 - 1  
 Doppelverglasung  
 Profildicke (Außen-/Innenflügel)  
 Profilbreite (Außen-/Innenflügel)  
 Anzahl der Falzdichtungen

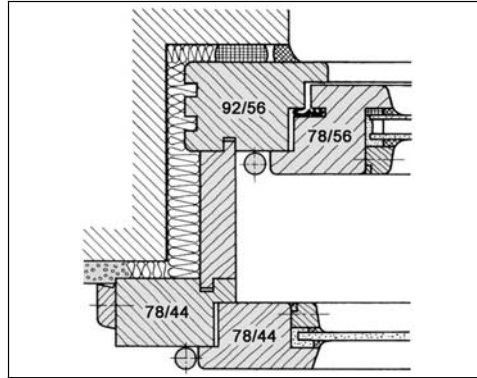
### Arbeitsauftrag Nr. 97 Lernfeld LF 10,11,12



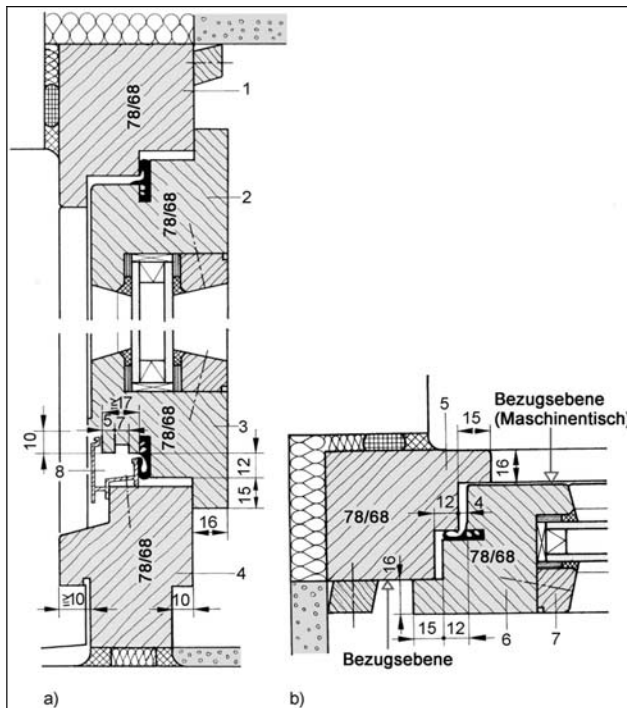
Bei der Sanierung der Kastendoppelfenster hat sich herausgestellt, dass mehrere Kämpferpartien erneuert werden und auch die alten Beschläge gangbar gemacht werden müssen.

- Zeichnen Sie eine Kämpferpartie im M 1:1 nach DIN 919 auf einem DIN A4 Blatt/ Querformat. Orientieren Sie sich an den, den alten Bauunterlagen des Hauses entnommenen Zeichnungen.

**Beim Kastenfenster** sind äußerer und innerer Blendrahmen durch ein Kastenfutter miteinander verbunden (10.121). Außen- und Innenflügel haben eigene Drehachsen und i.R. Einfachglas. Die Schalldämmung des Fensters ist sehr gut, die Wärmedämmung wegen des großen Scheibenabstands (Luftzirkulation) geringer als beim Verbundfenster, lässt sich aber durch Isolierverglasung des Außenflügels verbessern. Nachteilig sind auch hier der hohe Material- und Arbeitsaufwand. Der Zwischenraum zwischen Außen- und Innenflügel muss ausreichend Platz für die Olive des Außenflügels bieten (55 bis 60 mm). Puffer am Außenflügel verhindern das Gegeneinanderschlagen der Flügel u. einen Glasschaden durch das Einschlagen der Olive.

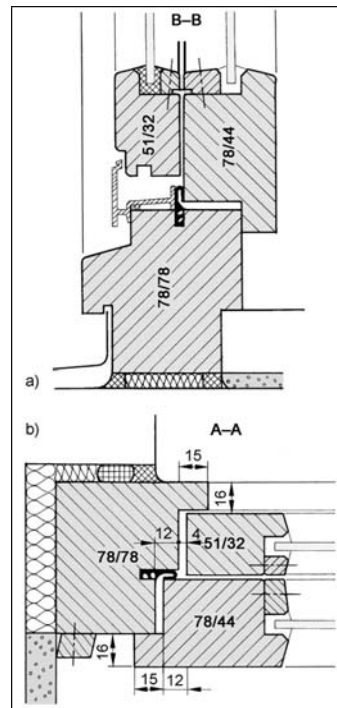


**Bild 10.121** Kastenfenster mit Doppelverglasung



**Bild 10.122** Einfachfenster mit Isolierverglasung

- 1 oberes Blendrahmenholz
- 2 oberes Flügelholz
- 3 unteres Flügelholz
- 4 unteres Blendrahmenholz
- 5 aufrechtes Blendrahmenholz
- 6 Aufrechtes Flügelholz
- 7 Glashalteleiste
- 8 Regenschutzschiene



**Bild 10.123** Verbundfenster DV 32/44 mit Doppelverglasung

Gestiegene Anforderungen und Rationalisierungen fanden Eingang in Normen und technische Richtlinien für den Fensterbau. Man vereinheitlichte Maße, Abmessungen und Profile. Die Norm zeigt als verbindliches Regelwerk die konstruktiv richtige Lösung auf und sichert die Gebrauchstauglichkeit. So legt DIN 68121-1 die Profilquerschnitte für Dreh-, Drehkipp- und Kippfenster (-türen) in Abhängigkeit von der Beanspruchungsgruppe und Flügelabmessung fest (10.125). Der Teil 2 der Norm enthält Grundsätze zur Konstruktion.

Werkzeuge, Beschläge und Schnittholzmaße sind auf die Norm abgestellt. Die Normmaße sind Nennabmessungen und gelten für eine Holzfeuchtigkeit von 11 bis 15 %, bezogen auf das Darrgewicht. Als Bezugsebene für den Flügelrahmen dient beim Fälzen die äußere Seite des Profils, beim Blendrahmen dagegen die innere.

**Profilabmessungen für Holzfenster.** Um den unterschiedlichen technischen Anforderungen zu genügen, müssen Mindestabmessungen eingehalten werden. Den einzelnen genormten Profilschnitten sind Diagramme zugeordnet

(DIN 68121-1). Sie gelten sowohl für Fenster als auch Fenstertüren. Bei Dreh- und Drehkippfenstern (-türen) sind die Flügelbreiten durch die Beanspruchungsgruppen A, B und C nach DIN 18055 begrenzt. Aus dem Größen-diagramm sind erforderliche Zusatzverriegelungen zu entnehmen (10.127).

Erforderliche Zusatzverriegelung für Dreh- und Drehkippflügel

in der Höhe:	ab 1100 mm	1
	ab 2000 mm	2
in der Breite:	ab 1100 mm Breite	1
	ab 2000 mm	2

#### Vorgehen bei der Wahl der Profil- und Konstruktionsmaße

- Ermitteln der Beanspruchungsgruppe,
- Festlegen der Profilmaße und Anzahl der Verschlusspunkte unter Berücksichtigung der Beanspruchungsgruppe, Öffnungsart (Dreh-, Drehkipp-, Kippflügel) und Flügelabmessungen.

#### Arbeitsauftrag Nr. 98 Lernfeld LF 10,11,12

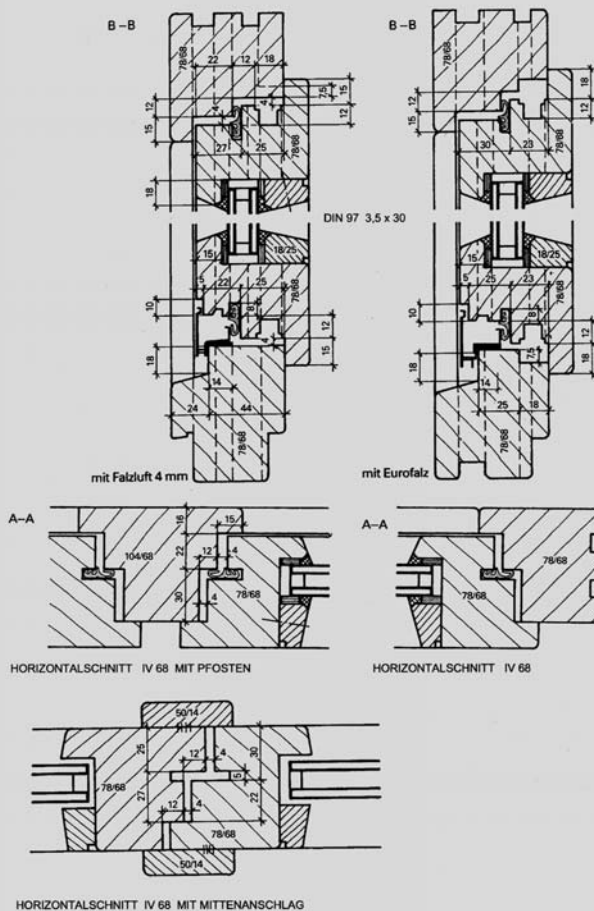
- Die Hausverwaltung war mit der Instandsetzung der Kastendoppelfenster sehr zufrieden. Wie sich in einem Gespräch herausstellt, vertritt der Hausverwalter eine Eigentümergemeinschaft die alte, teilweise unter Denkmalschutz stehende Häuser aufkauft, instand setzt, die Wohnungen in Eigentumswohnungen umwandelt und verkauft. Für ein gerade erworbenes Projekt benötigt er eine fachliche Beratung hinsichtlich Fensterformen und deren Öffnungsmöglichkeiten.
- Erstellen Sie ein entsprechendes Plakat zur Unterstützung des zu führenden Kunden-/Fachgesprächs. Erstellen Sie eine Zeitleiste mit historischen Fensterformen und benennen Sie die Epochen (10.108).
- Zeichnen/Skizzieren Sie jeweils einen Horizontalschnitt eines Einfachfensters, Doppelfensters, Isolierglasfensters und Kastendoppelfenster auf einem DIN A2 Blatt. Benennen Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile bezugnehmend auf die Anforderungen von Schall- und Wärmeschutz.

### 10.8.4 Profilquerschnitte und Konstruktionsmaße für Holzfenster

#### Arbeitsauftrag Nr. 99 Lernfeld LF 10,12

- Die Hauseingangstür mit Korbbogen wurde inzwischen fertiggestellt. Der Denkmalschutzbeauftragte gestattet der Hausverwaltung den Einbau genormter Fenster auf der Hinterhofseite des Hauses. Ihre Firma arbeitet seit Jahren mit einem bestimmten Werkzeughersteller zusammen und hat die nachfolgenden Schnitte eines IV- 68 Fensters erstellt.

VERTIKALSCHNITT IV 68 DREHKIPPFENSTER



Vor Auftragserteilung möchte die Hausverwaltung über die Fensterkonstruktion und einer möglichen Variante informiert werden.

- Ihr Meister erteilt Ihnen den Auftrag Vertikalschnitt und Horizontalschnitt eines IV-68 Fensters mit Pfosten und Eurofalz auf einem DIN A2 Blatt im M 1:1 zu zeichnen um Sie mit den Originalmaßen des modernen Fensterbaus vertraut zu machen und Ihre Zeichentechnik zu schulen. Ergänzen Sie die Zeichnung mit der Variante des Mittenanschlags.



**Beispiel**

Ein Drehkipfenster mit der Flügelgröße 1300 mm Breite und 1600 mm Höhe soll in einem 18 m hohen Gebäude eingebaut werden. (Bis 20 m Gebäudehöhe gilt Beanspruchungsgruppe B.)

**Lösung**

Nach dem Größendiagramm für den Querschnitt IV 68 kann das Fenster mit diesem Profil ausgeführt werden. Wegen der Flügelmaße ist eine Zusatzverriegelung in der Breite und in der Höhe erforderlich (10.127).

**Tabelle 10.124** Windbeanspruchung bei normaler Gebäudelage (Regelfall)

Beanspruchungsgruppe <sup>1)</sup>	A	B	C	D
Gebäudehöhe in m	bis 8	bis 20	bis 100	Sonderrege-
Prüfdruck in Pa (N/m <sup>2</sup> )	bis 150	bis 300	bis 600	
Windstärke <sup>2)</sup>	bis 7	bis 9	bis 11	

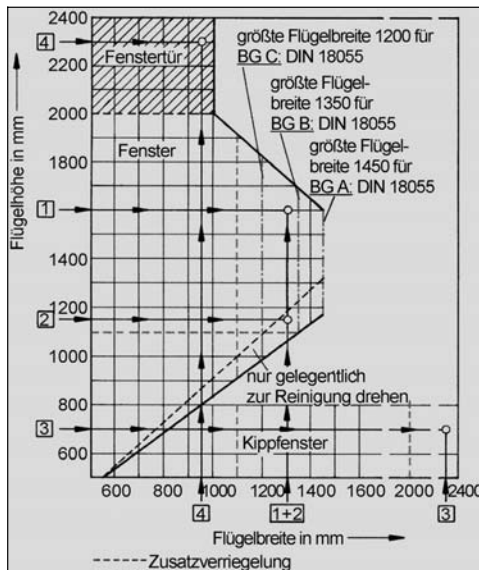
<sup>1)</sup> im Leistungsverzeichnis anzugeben

<sup>2)</sup> nach Beaufort-Skala

**Tabelle 10.125** Normfensterprofile für Holzfenster nach DIN 68121 (Die Angaben in Klammern sind nicht zu unterschreitende Mindestmaße.)

Einfachfenster mit Isolierverglasung (IV)					
Profilbezeichnung	IV 56	IV 63	IV 68	IV 78	IV 92
Dicke des Flügel- und Blendrahmens	56(55)	63(62)	68 (66)	78 (76)	92 (90)
Breite des Flügel- und Blendrahmens	78,92	78,92	78,92	78,92	92
Verbundfenster mit Doppelverglasung (DV)					
Profilbezeichnung	DV 32/44	DV 36/56	DV 44/44		
Dicke in mm					
– Außenflügel	32(30)	36(34)	44(42)		
– Innenflügel	44(42)	56(54)	44(42)		
Breite in mm					
– Außenflügel	51,65*	51,65*	51,65*		
– Innenflügel	78,92*	78,92*	78,92*	*Fenstertüren	

10

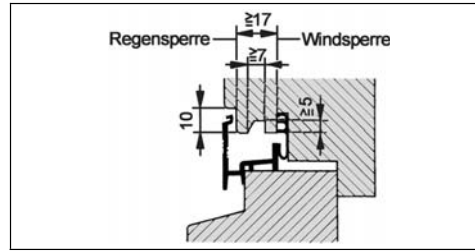
**Bild 10.127** Diagramm zum Ermitteln der Flügelmaße und Anwendungsgebiete bei Holzfenstern IV 68-78-1 (DIN 68121)**Tabelle 10.126** Fensterarten, Verriegelungen

Benennung	Flügelbreite	BG	Zusatzverriegelung in der
Pos.	Flügelhöhe	Breite	Höhe
2 Drehkipf	1300/1150	B	1
3 Kippfenster	2200/700	B	2
4 Fenstertür	950/2300	C	2

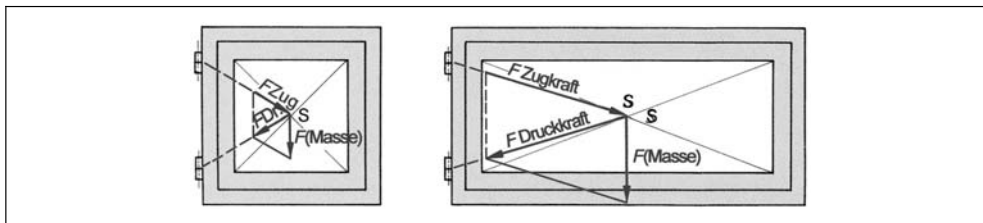
Den Zusammenhang zwischen Flügelabmessung und Belastung der Beschläge zeigt Bild 10.129. Bei flach liegenden Fensterformaten kann das obere Band die auftretenden großen Zugkräfte nicht mehr aufnehmen. Möglich ist nur noch eine Ausführung als Kippfenster (10.127, unterer Bereich). Im Größendiagramm wird deshalb die zulässige maximale Flügelbreite für Dreh- und Drehkipfenster festgelegt.

**Konstruktionsgrundsätze und -maße.** Um Material- und Funktionschäden an Holzfenstern zu vermeiden, enthält die DIN 68121 – 2 Ausführungsgrundsätze.

**Wasserabreißnut und Falzdichtung.** Am unteren Flügelholz ist eine mindestens 7 mm breite und 5 mm tiefe Wasserabreißnut vorzusehen. Die Wange soll eine Mindestdiefe von 5 mm haben. Um das Eindringen von Schlagregen zu erschweren, soll die Trennung zwischen Regen- und Windsperre mindestens 17 mm betragen. Wegen der geringen Profildicke ist das IV 56 davon ausgenommen (10.128).

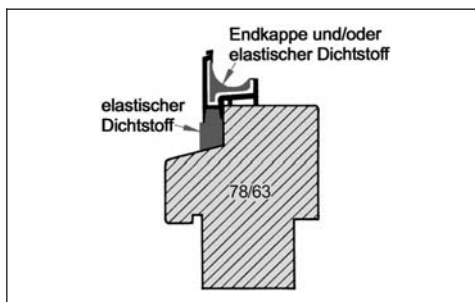


**Bild 10.128** Räumliche Trennung zwischen Regen- und Windsperre, Ausführung der Wasserabreißnut



**Bild 10.129** Auswirkung der Flügelabmessung auf die Bänderbelastung

**Wasserabführung.** Der Flügel soll außen nicht dicht am Blendrahmen anliegen, damit eine Belüftung des Falzraumes möglich ist. Der auch an der Regenschutzschiene vorhandene Lüftungsspalt dient außerdem dem Druckausgleich zwischen Außenklima und Falzbereich. Auch bei starker Windbelastung soll das Regenwasser in der Sammelkammer der Regenschutzschiene abfließen können. Zum Schutz des Blendrahmens ist die Wetterschutzschiene seitlich mit einer Endkappe oder durch elastischen Dichtstoff abzudichten (10.130).



**Bild 10.130** Abdichten der Wetterschutzschiene zum Blendrahmen

Die Befestigung kann mit Schrauben an der Innenseite oder Klemmverbindungen (Tannenzapfen) erfolgen. Die unteren Querstücke von Flügel- und Blendrahmen müssen an der Außenseite wenigstens 15° Ablaufneigung haben. Alle der Witterung ausgesetzten Kanten sind mit einem Radius von mindestens 2 mm zu runden. Ausgenommen ist die Wasserabreißnut.

Der Innen- und Außenfalz des Flügels soll 15, der Mittelfalz 12 mm sein. Die Falzluft von 4 mm kann auf 11 mm, zur Aufnahme von verdeckter Schere und Schließplatten, vergrößert werden (Eurofalz). Eine zusätzliche Nut (Euronut) erleichtert die Montage der Schließplatten (10.131).

**Falzdichtungen.** Anzahl und Ausführung der Dichtungen haben besonderen Einfluss auf die Fugendurchlässigkeit und Schlagregensicherheit. Während die Beanspruchungsgruppe A keine Dichtung erfordert, sind für B und C Dichtungen vorgeschrieben. Die aus elastomeren Kunststoffen (meist Kunstkautschuk) hergestellten Dichtungen werden als Lippendichtungen oder Quetschdichtungen (großes Rückstellvermögen) am Flügel oder Blendrahmen befestigt. Sie müssen in einer Ebene, mindestens 17 mm hinter der Regenperre liegen und

umlaufend so ausgeführt werden, dass eine Entwässerung in die Regenschiene möglich ist. Die Ecken sind dauerhaft zu verschweißen oder zu verkleben. Die Dichtungen sollen weich federnd, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein (10.128).

**Eckverbindungen für Holzfenster.** Die Fensterverbindungen müssen den hohen Beanspruchungen standhalten, dauerhaft dicht sein und dürfen die Formstabilität nicht beeinträchtigen. Häufigste Verbindung ist Schlitz und Zapfen. Bei IV-Fenstern sind grundsätzlich wegen der erforderlichen Holzdicke Doppelzapfen notwendig. Wegen des Schwind- und Quellverhaltens des Holzes sollen Schlitz- und Zapfenmaß 15 mm nicht überschreiten.

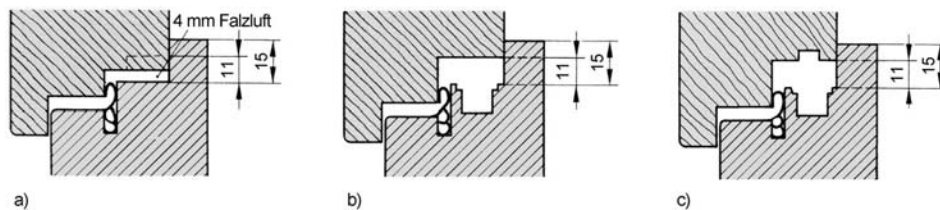
In der industriellen Fensterfertigung verwendet man immer häufiger Keilzinken auf Gehrung für die Rahmeneckverbindung. Alle Eckverbindungen lassen sich mit dem gleichen Werkzeug rationell und holzsparend herstellen, Innenecken müssen jedoch verspachtelt werden. Durch Präzision und Passgenauigkeit der Anschlussfuge erreicht man eine hohe Festigkeit. Der gerin-

ge Hirnholzanteil an den Ecken erschwert das Eindringen von Feuchtigkeit. Für den Anschluss von Riegel, Pfosten und Sprossen verwendet man häufig neben Zapfen die fertigungstechnisch günstigere Dübelverbindung. DIN 68121-2 enthält Beispiele für die Dübelanordnung einzelner Elemente. Für die Dichtigkeit der Stoßfuge ist es vorteilhaft, wenn die Dübel möglichst weit außen angeordnet werden (10.132). Die Leime müssen den jeweiligen Beanspruchungsgruppen (D3 oder D4) und genormten Anforderungen an Holz-Leimverbindungen (DIN EN 204) entsprechen.

**Sockelausbildung.** Bei Fenstertüren kann das untere Querholz bis 140 mm Breite ungeteilt ausgeführt werden. Bei geteiltem Sockel muss der Regen ungehindert ablaufen können, ohne in die Konstruktion einzudringen. Die äußere Querfuge erhält eine Abdichtung (10.133).

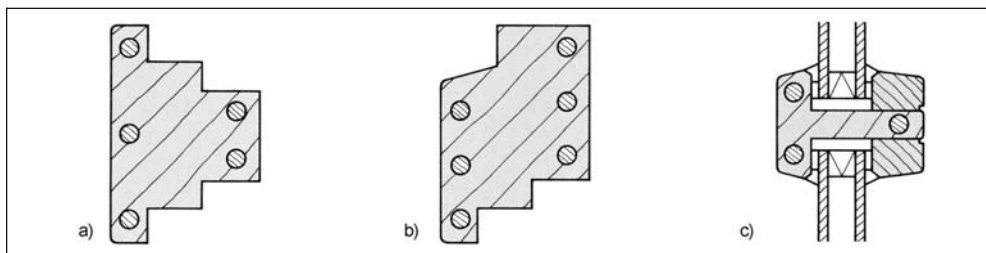
**Mehrteilige Fenster.** Eine Unterteilung der Fensterfläche erreicht man durch Pfosten und Riegel oder die Anordnung von 2 Flügeln nebeneinander mit Mittelschluss anstelle eines Pfostens (Stulpfenster).

10

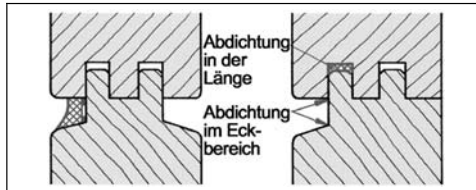


**Bild 10.131** Falzausbildung zwischen Flügel- und Blendrahmen

- a) Falz mit 4 mm Luft, Schließplatten und Schere eingelassen,
- b) Eurofalz mit 11 mm Luft vergrößerter Falz für Schließplatten,
- c) Euronut mit 11 mm Luft, vergrößerter Falz mit Führungsnut für Schließplatten



**Bild 10.132** Dübelverbindungen bei a) Pfosten, b) Riegel, c) Sprossen



**Bild 10.133** Unteres Querholz; Ausbildung und Ausrichtung der Querfuge

*Stulpfenster.* Das zweiflügelige Fenster ohne Pfosten ermöglicht eine größere Öffnungsbreite. Die Doppelfälze der beiden Flügel sind so angeordnet dass sich der rechte Flügel zuerst öffnen lässt. Schlagleisten verdecken die Stoßfuge der Flügel. Die äußere am linken Flügel wird aufgeleimt, die innere am rechten Flügel aufgeschraubt. Auf gleiche Ansichtsflächen der Flügelrahmen innen und außen ist zu achten (10.134).

#### Herstellen eines Holzfensters

Eine Tischlerei erhält den Auftrag, für einen Neubau Einfachfenster mit Isolierverglasung in Holz herzustellen. Obwohl Ausschreibung und Bauzeichnungen genaue Maßangaben enthalten, müssen alle Öffnungsmaße am Bau überprüft werden, um Abweichungen bei der Ausführung festzustellen.

**Arbeitsvorbereitung.** Nach Auftragserteilung sind die baulichen Verhältnisse sowie die Anforderungen an das Fenster zu überprüfen und die konstruktiven Einzelheiten festzulegen. Die Maßaufnahmen am Bau trägt man in ein Maßbuch ein. Nach einer Fertigungszeichnung wird die *Stückliste* erstellt, die für die Herstellung benötigt wird.

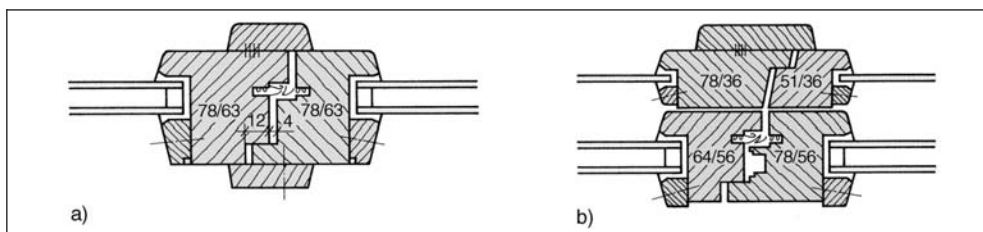
#### Aufmaß auf der Baustelle

- Leibungen auf Waagrechtig- und Lotrechtigkeit überprüfen.

- Öffnungsmaße an mehreren Stellen messen (zuerst die Breite unten, oben und in der Mitte, dann die Höhe links, rechts und in der Mitte).
- Anschlagart überprüfen (die Anschlagart hat Auswirkung auf das Blendrahmenmaß, der Abstand zwischen Blendrahmen und Mauerwerk sollte an jeder Seite 10 bis 15 mm betragen).
- Brüstungs- und Sturzhöhe kontrollieren.
- Meterriss beachten.
- Transport- und Einbaumöglichkeiten überprüfen.
- Zum Aufzeichnen der Messergebnisse dient ein Maßbuch. Die Messergebnisse werden in der Reihenfolge und möglichst mit Skizze festgehalten.

#### Arbeitsablauf in der handwerklichen Fertigung

- Holzauswahl: Berücksichtigung der Gütebedingungen DIN 68360  
Überprüfen der Holzfeuchte bei Arbeitsbeginn (11 bis 15%)
- Holzzuschnitt: Ablängen der Bohlen (Kappsäge, Pendelsäge, Kreissäge), Maßzugabe für Weiterbearbeitung ca. 50 mm  
Breitenzuschnitt (Kreissäge), Maßzugabe für Weiterbearbeitung ca. 5 mm.
- Aushobeln der Rahmenhölzer  
Abrichten der Bezugsflächen im rechten Winkel (breite Seite und Winkelkante)  
Holzbreite und Holzdicke aushobeln
- Blendrahmenfälze und Flügelinnenfälze herstellen, Kanten abrunden.
- Schlitz- und Zapfenverbindung am Blend- und Flügelrahmen fräsen, Dübel- und Zapfenlöcher herstellen.



**Bild 10.134** Stulpfenster als a) Einfachfenster und b) Verbundfenster

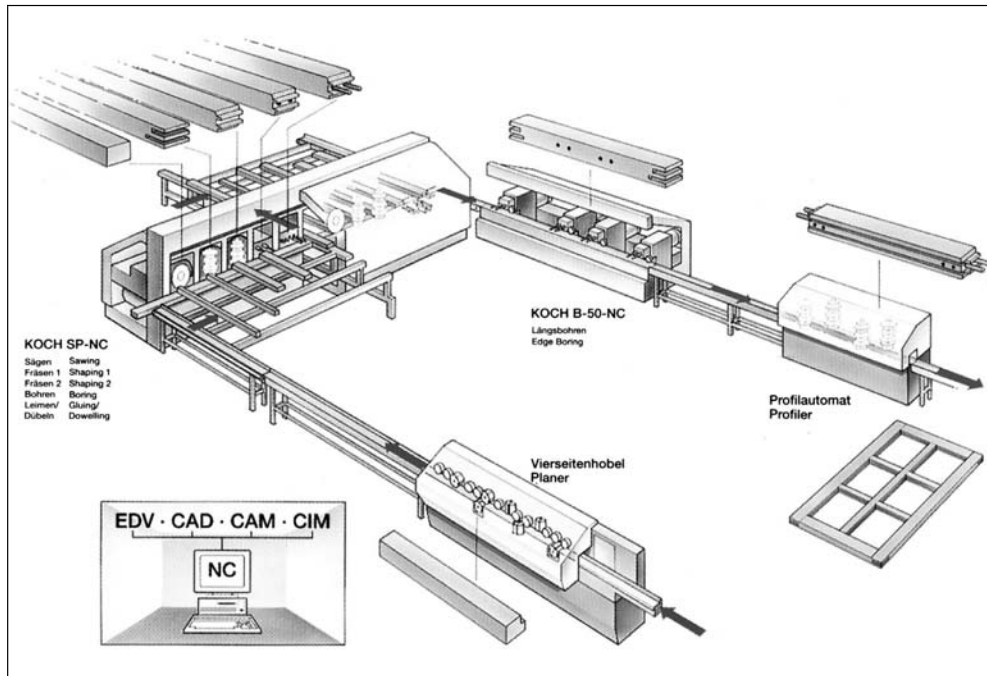
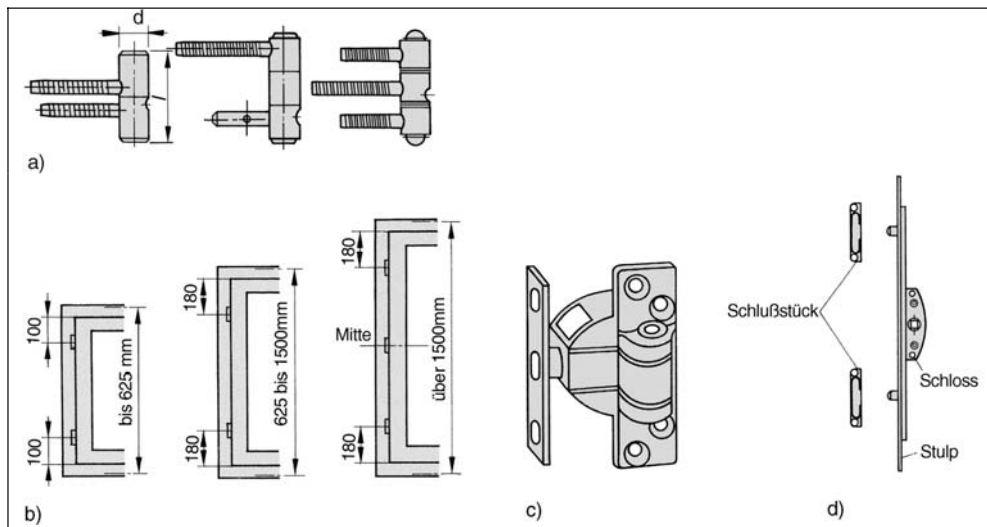


Bild 10.135 Fertigungsstraße für Fenster und Türen



**Bild 10.136** a) Einbohrbänder für leichte und schwere Flügel,  
b) Sitz und Anzahl der Bänder nach DIN 18051,  
c) Topfscharnier,  
d) Kantengetriebe

*Beachte:* Beim Blendrahmen erhalten die senkrechten Hölzer den Zapfen! (Hirnholz ist dadurch verdeckt)

- Verleimen der Rahmen mit D4 Klebstoff, bei deckendem Anstrich ist auch D3 zulässig (DIN 68602). Eine Rahmenpresse erleichtert die Arbeit, garantiert Rechtwinkeligkeit und hohen Pressdruck.
- Fräsen der Flügelaußenfälze
- Schleifen der Oberfläche
- Imprägnieren und Grundieren
- Beschläge montieren, Dichtprofile einbauen
- Verglasung.

#### **Fertigung auf der Fensterstraße (10.135)**

Die CNC-Technik ermöglicht eine rationelle Fensterfertigung auf automatischen Fertigungsstraßen innerhalb weniger Minuten. Das Fertigungsprogramm umfasst alle Arbeitsschritte vom Zuschnitt bis zur Beschlagmontage in optimierter Folge auf kombinierten Produktionsmaschinen einschließlich dem automatischen Materialtransport.

#### **10.8.5 Flügelöffnung und Fensterbeschläge**

Durch technischen Fortschritt in der Beschlagindustrie ergaben sich neue Öffnungsmöglichkeiten für Fenster und mehr Bedienungskomfort.

**Beschläge** verbinden Flügel- und Blendrahmen und ermöglichen das Öffnen und Schließen des Fensters. Die Auswahl ist abhängig von der Flügelöffnung, der Fenstergröße, dem Zweck und Werkstoff sowie der Beanspruchungsart.

**Fensterbänder** verbinden den Flügelrahmen drehbar mit dem Blendrahmen. Als Drehbeschläge verwendet man, wegen der einfachen Montage und Justierbarkeit, hauptsächlich Einbohrbänder oder Topfscharniere (10.136). Die Bohrungen für die Einbohrbänder führt man mit Hilfe von Bohrschablonen und Stufenbohrern aus. Die Flügel der Verbundfenster werden mit speziellen Verbundfensterbändern oder -Scharnieren und einer Kupplung verbunden.

*Fensterverschlüsse* sind zum Verschließen und Verriegeln des Flügels. Nach der Konstruktion

unterscheiden wir: Einreiberverschluss, Kantengetriebe mit Rollzapfen oder Nocken, Einlassgetriebe mit Stangenverschluss, Ein- oder Mehrpunktverschluss. Bis auf das Bedienelement sind die Funktionselemente heute weitgehend verdeckt in das Rahmenholz eingelassen.

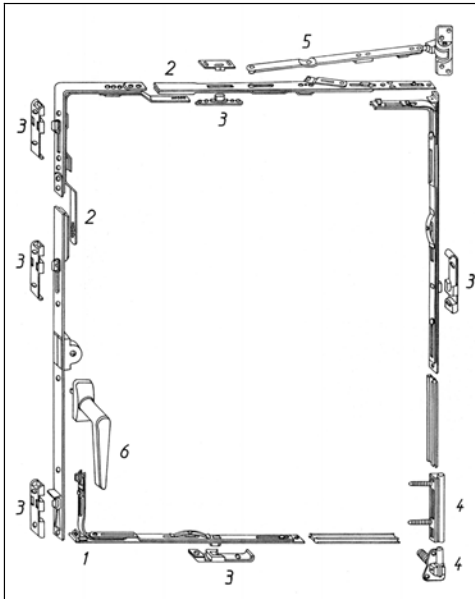
**Öffnungsarten der Fensterflügel (nach DIN 18059) Drehflügel Fenster** können ein- oder mehrteilig ausgeführt werden.

Für kleine einfache Fensterflügel nimmt man vielfach Einreiberschlosschen mit Zunge oder Rollzapfen. Aufliegende Verschlüsse wie Vorreiber und Ruderverschlüsse werden heute nicht mehr eingebaut. Für größere Flügel verwendet man *Kantengetriebe*. Sie haben einen Getriebekasten zur Aufnahme des Bediengriffs, eine flach liegende Stulpschiene und mehrere Verriegelungspunkte mit Rollzapfen oder Nocken. Für großflächige Fenster nimmt man Zentralverschlüsse mit Eckumlenkung und zusätzlicher oberer und unterer sowie bandseitiger Verriegelung. Für zweiflügelige Fenster ohne Mittelpfosten (Stulpfenster) eignen sich Kanten- oder *Einlassgetriebe* mit Treibstangen, die man nach Bedarf ablängt.

**Kippflügel Fenster** werden am unteren Flügelholz angeschlagen und meist als Oberlichtfenster verwendet. Bevorzugte Formate sind Quadrate oder flach liegende Rechtecke. Die Außenflächen sind schwer zu reinigen, die Fenster ermöglichen eine gute, zugfreie Belüftung. Beim Einbau oberhalb der Griffhöhe sollte ein verdeckt oder aufliegender Oberlichtöffner vorgesehen werden. Beschläge für Kippflügel als Oberlichtfenster erhalten eine verdeckt oder aufliegende Schubstange mit Quergestänge und Schere. Den Bedienhebel montiert man gut erreichbar auf dem Blendrahmen.

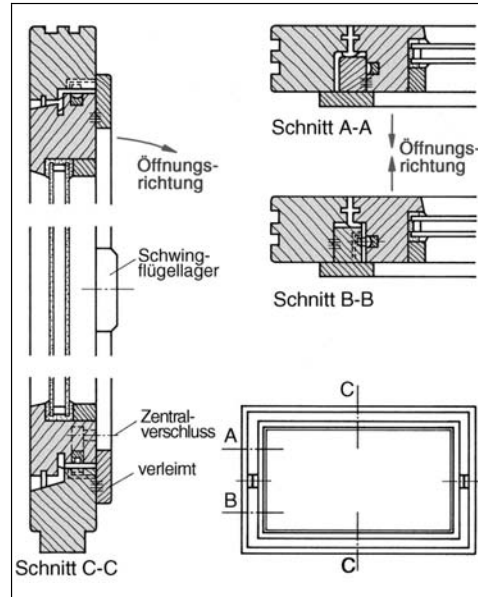
**Das Drehkippsflügel Fenster** ist am verbreitetsten und verbindet die Vorteile von Dreh- und Kippflügel.

Drehkippsbeschläge drehen den Flügel zum Öffnen und Schließen um die senkrechte Achse oder kippen ihn am unteren Blendrahmenholz um die waagerechte Achse. So erreichen wir in der Kippstellung eine gute, zugfreie Lüftung (10.137). Üblich ist heute die verdeckt liegende Ausführung.

**Bild 10.137**

Drehkippschloss

- 1 Schlossstück mit Einstiegsicherung
- 2 veränderbarer Verbindungsteil
- 3 Verriegelung
- 4 Eckband mit Ecklager
- 5 Ausstellungschere
- 6 Halbolive für Einhandbedienung

**Bild 10.138** Schwingflügelfenster

**Schwingflügelfenster.** Der Flügelrahmen ist horizontal in der Flügelmitte (Querachse) an beiden Seiten so gelagert, dass der untere Flügelteil nach außen und der obere nach innen schwingt. Die Drehung nach innen und außen erfordert Wechselfälze mit Deckleisten. Verbrauchte Raumluft strömt oben aus, Frischluft unten zu (Zweiweglüftung). Die Außenflächen lassen sich bei einer Flügeldrehung um 180° reinigen.

*Anwendung:* Großflächige Fenster, günstig sind liegende Rechteckformate.

Schwingbeschläge halten das Fenster in verschiedenen Drehpunkten um eine waagerechte Achse und erlauben damit eine genau einstellbare Belüftung bis zur Spaltöffnung (zugfreie Dauerlüftung 10.138).

**Wendeflügelfenster.** Der Flügelrahmen ist vertikal meist in Flügelmitte gelagert und dreht sich nach außen bzw. innen. Das obere bzw. untere Wendelager ermöglichen durch Bremsvorrichtung eine windsichere Fixierung in jedem Öffnungswinkel. Wendeflügel eignen sich besonders für stehende großformatige Flügel (10.139).

**Hebedrehflügel Fenster und -türen.** Den Flügel kann man nur im angehobenen Zustand durch Drehen öffnen. Auf das untere Blendrahmenholz ist eine Sattelschiene montiert, auf der der Flügel dicht aufsitzt (10.139).

**Hebeschiebefenster und -türen** öffnen seitlich durch Verschieben der Flügel auf Rollen.

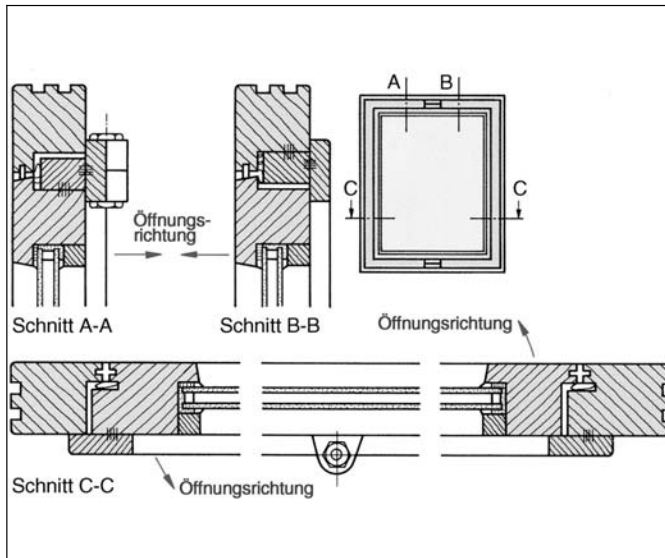


Bild 10.139 Wendeflügel Fenster

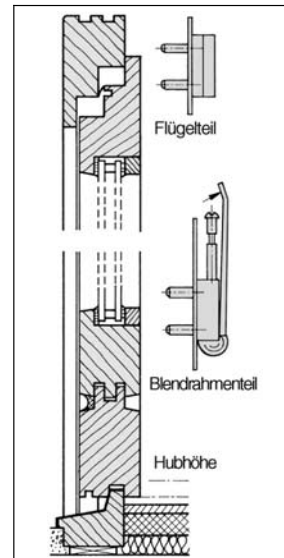


Bild 10.140 Hebedrehtür

### 10.8.6 Werkstoffe im Fensterbau

Fenster stellt man aus Holz, Aluminium, Kunststoff und Stahl sowie aus Kombinationen dieser Werkstoffe her.

**Für Holzfenster** eignen sich Hölzer mit hoher Festigkeit und gutem Stehvermögen, Beständigkeit gegen Pilze- und Insektenbefall, günstiges Trocknungsverhalten und guter Lackhaftung. Außerdem müssen sie gut zu bearbeiten sein (10.141). Die einheimischen Holzarten im Fensterbau sind heute Fichte, Kiefer, Lärche, Douglasie und in geringem Maße Eiche. Die Gütebedingungen für Fensterholz legt DIN 68360 fest. Man unterscheidet zwischen Fensterholz mit deckend und nichtdeckend behandelter Oberfläche (z.B. lasiert, 10.143). In den letzten Jahren wird zunehmend lamelliertes Fensterholz verarbeitet. Die mehrschichtigen wasserfest verleimten Kanteln haben einen symmetrischen Aufbau und an den Außenflächen weitgehend astfreies, qualitativ hochwer-

tiges Holz. Die Leimfugen der einzelnen Holzlagen dürfen der Witterung nicht direkt ausgesetzt sein.

**Holzschutz.** Fensterholz muss vor Witterungseinflüssen, Schädlingen und dem organischen Abbau geschützt werden. Durch konstruktive Maßnahmen erhöhen wir die Wetterbeständigkeit der Hölzer, z.B. durch abgerundete Kanten an den Profilen, schnelles kontrolliertes Ableiten von Wasser, Schutz der Brüstungsfugen. Nach DIN 68800 sind Holzfenster vor dem Einbau allseitig durch chemische Holzschutzmittel gegen Pilze und Insekten zu schützen. Der *chemische Holzschutz* kann entfallen, wenn zwischen Auftraggeber und -nehmer eine Übereinkunft besteht. Dies entbindet den Auftrag nehmen jedoch nicht von seiner Gewährleistungspflicht. Zum *vorbeugenden Holzschutz* verarbeitet man hauptsächlich lösungsmittelhaltige Holzschutzmittel. Außenlasuren enthalten in der Regel Holzschutzmittel.



**Tabelle 10.141** Hölzer für den Fensterbau, Klassifizierung nach Eigenschaften <sup>1)</sup>

Holzart	Trocknung	Bearbeitung	Punkte
Kiefer	schnell	leicht, gut zu verleimen; Harzausfluss kann jedoch Anstrich lösen	6,00
Fichte	schnell	leicht, gut zu verleimen, beizen und lackieren	6,10
Lärche	schnell	gut, harzreich	6,10
Eiche	langsam	gut, gerbsäurehaltig, Verfärbung bei Eisen	6,15
Teak	langsam	sauber; filmbildende Oberflächenbehandlung kaum zweckmäßig, einölen genügt; befriedigend zu verleimen	9,00
Afzelia	langsam, aber gut	sauber, Verschraubungen und Nagelungen vorbohren; befriedigend zu verleimen	8,65
Afromosia	langsam	gut, Eisen verfärbt feuchtes Holz	8,15
Sipo	neigt zum Werfen	gut, befriedigend zu verleimen, korrodiert Metalle	7,30
Dark Red Meranti	nicht zu hohe Temperatur	gut, ausgetretenes Harz entfernen	7,30
Pitch Pine	schnell	gut, jedoch häufig schmierend, schwierige Oberflächenbehandlung, Verleimung befriedigend	7,15
Oregon Pine	schnell	leicht, befriedigend zu verleimen	7,10
Niangon	gut, aber langsam	befriedigend, vor Oberflächenbehandlung entfetten, sonst dringen Leim und Anstrich schlecht ein	6,60

<sup>1)</sup> Klassifizierung wurden die für Holzfenster wichtigen Eigenschaften (z.B. Festigkeit, Stehvermögen) verglichen und bewertet.

**Tabelle 10.142** Gütebedingungen für Fensterholz nach DIN 68360-1

Merkmale	deckend behandelte Oberfläche	nichtdeckend behandelte Oberfläche
Allgemein	Das Holz muss gesund (frei von holzerstörenden Pilzen und Insekten) und frei von Markröhre sein.	
Oberfläche	Die Oberfläche muss eben sein. Zulässig ist eine nur geringe Faseraufrichtung. Unzulässig sind Sägespuren und Hobelschläge an den nach dem Einbau sichtbaren Flächen, soweit nicht eine bestimmte Oberflächenbearbeitung vereinbart ist.	
Farbunterschiede	zulässig	Zulässig sind nur naturbedingte Farbunterschiede, die durch die fertige anstrichtechnische Oberflächenbehandlung weitgehend ausgeglichen werden.
Bläue	zulässige Anbläue (geringe Bläue im Anfangsstadium)	Zulässig geringe Bläue, soweit sie durch die fertige anstrichtechnische Oberflächenbehandlung weitgehend auszugleichen ist.
Splint	zulässig z.B. bei Kiefern und anderen in den Splinteigenschaften ähnlichen Holzarten, unzulässig bei Holzarten, deren Kern- und Splintholz sich in den Eigenschaften wesentlich unterscheiden	
Faserneigung	Unzulässig sind Drehwuchs und Abweichungen des Faserverlaufs > 2 cm je m.	
Längsrisse	Zulässig sind kleine Risse und dauerhaft <sup>1)</sup> ausgebesserte Risse, die in Faserrichtung laufen, nicht durchgehen und nach der Oberflächenbehandlung nicht mehr stören.	
Querrisse	unzulässig	
Harzgallen und Rindeneinschlüsse	Zulässig sind bis 5 mm Breite dauerhaft <sup>1)</sup> ausgebesserte Rindeneinschlüsse, die sich nach der Oberflächenbehandlung bei AD nicht störend abzeichnen, und die bei AND in Farbe und Holzart mit dem umgebenden Holz übereinstimmen.	
Baumkante	zulässig ohne Rinde an Stellen, die nach dem Einbau nicht mehr sichtbar sind	
Insektenfraßgänge	unzulässig, ausgenommen vereinzelte Fraßgänge bis 2 mm Durchmesser von Frischholzinsekten	
Äste	Zulässig sind Punkstäbe (bis 5 mm Ø) und gesunde verwachsene Äste, die das Stehvermögen der Teile und ihre Gebrauchstauglichkeit nicht beeinflussen. Diese sind beeinträchtigt wenn z.B. der größte Astdurchmesser größer als $\frac{1}{3}$ der Breite eines Teils (etwa eines Rahmens) ist. Dübel müssen auch an den Kanten vollflächig verleimt sein. Verleimung entsprechend dem Anwendungsbereich des Teils nach Beanspruchungsgruppe B3 oder B4 (DIN 68502).	
- nicht ausgebessert	zulässig Dübel bis 25 mm Ø und Kettendübeln bis 2 Dübel	zulässig Dübel bis 25 mm Ø
- ausgedübelt		

<sup>1)</sup> dauerhaft = Ausbesserung mit Holz, das auch an den Kanten vollflächig eingeleimt ist. Verleimung entsprechend dem Anwendungsbereich des Teils nach Beanspruchungsgruppe B3 oder B4.

**Tabelle 10.143** Nichtdeckende Oberflächenbehandlungen

Oberflächenbehandlung	Wirkung	Mindestanforderungen an Untergrund und Anstrich
Lacklasuren	Sie dringen ins Holz ein und bilden einen Film auf der Holzoberfläche	Geeignetes, möglichst splintfreies Holz; Nadelhölzer nach DIN 68800 imprägnieren; Kittfäle durch alle Holzteile, die mit Dichtstoffen in Berührung kommen, mit einem abschließenden Lack behandeln; bei Harthölzern nach einem Jahr einen dritten Anstrich auftragen; Überholungsterminus etwa 2 bis 3 Jahre
Imprägnierlasuren	Sie dringen tief ins Holz ein, bilden jedoch keinen Film an der Oberfläche	Geeignetes, splintfreies Holz; Kittfäle und alle Holzteile, die mit Dichtstoffen in Verbindung kommen, mit abschließendem Lack behandeln; innen möglichst abschließend lackieren; Nachbehandlung; je nach Holzart und Witterungseinflüssen, u. U. mehrmals im Jahr
Klarlack	Sie bilden auf der Holzoberfläche einen Film, dringen jedoch nicht ins Holz ein und bieten wenig Schutz vor UV-Strahlung	Geeignetes splintfreies Holz; entharztes und getrocknetes Holz (max. 12 % Feuchtigkeit); fettige Harthölzer mit Nitroverdünnung auswaschen und mit Spezial-DD-Lack grundieren; nur geeignete Fensterlacke wählen; Lackierung bis zum völligen Porenschluss

**Oberflächenbehandlungen** dienen der farblichen Gestaltung des Fensters und schützen das Holz vor Feuchtigkeit, Schädlingsbefall, Schmutz und Verfärbungen. Verwendet werden als deckende Anstriche hauptsächlich Lacke auf Alkydharz- oder Acrylharzbasis, als nichtdeckende Anstriche pigmentierte Lasuren (10.143). Die Anstrichsysteme sind lösungsmittel- oder wasserverdünnbar. Aus Gründen des Umweltschutzes nimmt die Bedeutung der wasserdünnbaren Anstriche zu. Die Verträglichkeit der Anstriche mit Dichtstoffen und -profilen ist zu prüfen. Dunkle Anstriche sind zu vermeiden. Sie führen bei starker Sonneneinstrahlung zu einer hohen Oberflächentemperatur und möglichen Schäden. Farblose Außenanstriche haben sich als ungeeignet erwiesen, da sie nur unzureichend das Holz vor UV-Strahlung und Vergrauen schützen.

Für Holzfenster eignen sich nur bestimmte Hölzer, die hohe Ansprüche erfüllen müssen. Die Rahmenecken werden vor allem durch Schlitz und Zapfen oder Keilzinken verbunden. Die Anstriche müssen von Zeit zu Zeit ausgebessert und erneuert werden.

#### Grundregeln

- Der Innenanstrich (Innenflügel) sollte geschlossensorig (dampfdicht) sein.
- Der Außenanstrich (Außenflügel) sollte offensorig (nicht dampfdicht) gehalten werden.
- Es gilt der Grundsatz „Innen dichter als Außen“.

**Aluminiumfenster.** Aluminium ist ein hartes, gut zu bearbeitendes, leichtes und sehr korrosionsbeständiges Metall, sieht gut aus und erfordert kaum Pflege. Es eignet sich daher besonders zum Fensterbau. Hinzu kommt eine große Passgenauigkeit der Profile. Verwendet werden Strangprofile mit Nuten, Vertiefungen und Stegen. Man verbindet sie

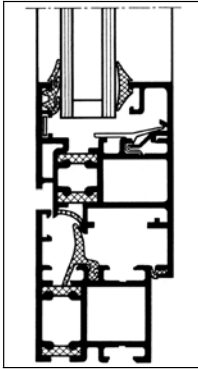
- durch Eckverbindungswinkel, die man in die Hohlkammern der Rahmenprofile schiebt und dort einstanzt bzw. einpasst oder durch verdeckte Keilstifte oder -bolzen fixiert.
- durch Kleben mit Zweikomponentenklebern.
- durch Schweißen, wobei man die Gehrungszonen schmilzt, zusammenpasst und den Schweißgrat entfernt.

Das Aluminiumprofil ist durch einen Kunststoffsteg in einen Innen- und Außenbereich getrennt. Durch dieses Zweikammersystem erreicht man einen wesentlich günstigeren *U*-Wert, jedoch nicht den von Holz- und Kunststofffenstern (10.144a).

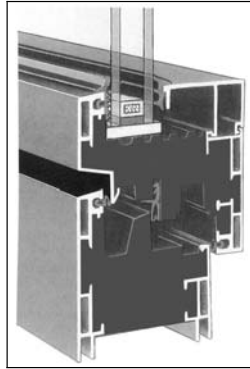
Alufenster mit einem Polyurethankern als Profiltrennung, der gleichzeitig wärmedämmend wirkt, erzielen einen *U*-Wert von 1,5 (10.144b).

Aluminiumfenster sind teurer als Holzfenster, aber dauerhafter und anspruchloser in der Pflege. Beim Einbau müssen die eloxierten Profile durch Selbstklebefolien vor mechanischen Beschädigungen geschützt werden.

Verbindung der Rahmen durch Eckwinkel.



**Bild 10.144a**  
Wärmeisoliertes  
Aluminiumfenster



**Bild 10.144b**  
Aluminiumfenster mit  
PUR-Kern

Beim **Aluminium-Holz-Fenster** ist das Trägermaterial Holz durch ein Außenprofil aus Aluminium geschützt. So ergänzen sich die gute Wärmedämmung des Holzes und die hohe Witterungsbeständigkeit des Metalls. Weil sich Aluminium jedoch bei Erwärmung ausdehnt und Holz arbeitet, dürfen beide nur an wenigen Punkten durch verschiebbare Laschen verbunden werden (10.145). Die Riegel dienen zum Einhängen der Aluminium-Elemente, die Laschen werden oberhalb der Riegel auf das Holz geschraubt. So haben beide Materialien ausreichend Platz, sich auszudehnen bzw. schrumpfen. Es ergibt sich eine „Hinterlüftung“, die eine Bildung von Schwitzwasser verhindert. Die erforderlichen Anschlagdichtungen sind elastisch und in den Blendrahmenteil des Aluminiumprofils montiert.

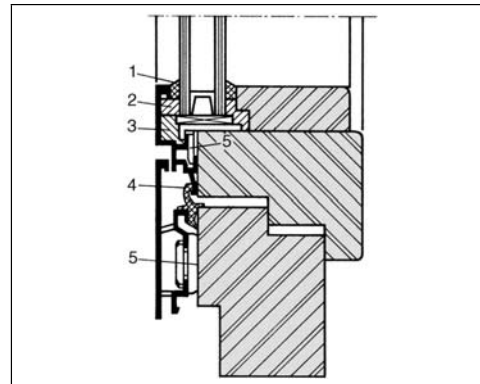
Das Aluminium-Holz-Fenster verbindet die gute Wärmedämmung des Holzes mit der Wetterfestigkeit des Metalls. Bei der Herstellung ist zu beachten, dass Holz arbeitet und sich Aluminium bei Erwärmung ausdehnt.

**Kunststofffenster** bestehen überwiegend aus schlagzähem, witterungsbeständigem, pflegeleichten PVC-Profilen (Polyvinylchlorid) mit guten Schall- und Wärmedämmeigenschaften. Das Material lässt sich leicht bearbeiten und ist gegen Verunreinigungen durch Kalk, Zement oder Mörtel unempfindlich. Kratzer können abgeschliffen und nachgearbeitet werden. PVC er-

reicht jedoch nicht die Temperaturbeständigkeit anderer Fensterbaumaterialien. Es dehnt sich bei Erwärmung erheblich aus (ca. 1 mm/m bei 12 °C Temperaturdifferenz), die Biegefestigkeit nimmt ab. Die Erweichungstemperatur liegt bei 80 °C. Weiße und hellfarbige Profile erwärmen sich in der Sonne deutlich weniger als dunkle. Wegen der verhältnismäßig großen Längenänderung muss im Falz zwischen Flügel und Blendrahmen ausreichend Luft bleiben (ca. 6 mm).

PVC-Fenster haben heute aufgrund einer verbesserten Herstellungstechnologie und Beschichtung eine gute Farbbeständigkeit. Die Farbigekeit der Profile erreicht man durch:

- in der Masse durchgefärbte Profile,
- coextrudierte Profile (weiße Kernmasse mit eingefärbtem PVC oder PMMA-Folie überzogen),
- PMMA-beschichtete Profile,
- Lackbeschichtung.



**Bild 10.145** Aluminium-Holz-Fenster  
1 Versiegelung                      4 Anschlagdichtung  
2 Vorlegeband                    5 Halter  
3 Dichtstoff

PVC-Profile sind in den Abmessungen und Ausformungen nicht genormt. Man findet flächenbündige und flächenversetzte Konstruktionen. Die Kunststoff-Hohlprofile stellt man als Einkammer- oder Mehrkammersysteme her (10.146).

Die dickwandigen *Einkammersysteme* sind durch zusätzliche Stahl- oder Aluminiumprofile versteift. Eindringendes Wasser läuft über Ablauföffnungen nach außen ab. Wegen der unzureichenden Wärme- und Schalldämmung werden sie heute nur noch in Sonderfällen eingesetzt.



**Bild 10.146** Kunststoff-Fenster

*Mehrkammersysteme* verzögern den Wärmedurchgang und verhindern Schwitzwasser. Sie sind durch ein Stahl- oder Aluminiumprofil verstärkt und erhalten durch die Kammern zusätzliche Stabilität. Beschläge lassen sich besser montieren. Die Materialdicke beträgt 2 bis 4 mm. Der Metallkern wird durch entsprechende Befestigungssysteme (z.B. Schrauben oder Stifte) am PVC-Profil fixiert.

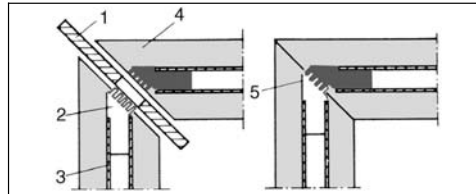
**Zum Verschweißen** der auf Gehrung geschnittenen Kunststoffrahmenteile dienen elektrisch beheizte Schweißspiegel (240 bis 260 °C). Während des automatischen Schweißvorgangs liegen die Profile in einer Spann- und Vorschubvorrichtung des Maschinenschlittens. Die Schweißstellen werden maschinell nachgearbeitet. Zur Befestigung der Beschläge dienen Spezialschrauben (10.147).

**Die Verglasung** von Kunststoff-Fenstern erfolgt in der Regel mit elastischen Dichtungsprofilen als Trockenverglasung. Bei hohen Beanspruchungen führt man die Verglasung als Druckverglasung aus. Die mit Falz-, Aufschlag- und Mitteldichtungen versehenen Rahmenprofile werden abschließend versiegelt. Zur Befestigung der Beschläge dienen Spezialschrauben. Bei der Montage der Beschläge ist darauf zu achten, dass Bänder und Verriegelungen keine größeren Abstände als 60 bis 70 cm haben. Die Befestigungsdübel oder Anker setzen wir dort, wo die Beschläge am Rahmen angebracht sind. Fensterbefestigung und Abdichtung zum Baukörper müssen

die temperaturbedingten Längenänderungen der Fensterelemente ermöglichen.

Kunststoff-Fenster bestehen in der Regel aus schlagfestem recycelfähigem Hart-PVC und sind pflegeleicht und sehr witterungsbeständig.

Verwendet werden heute hauptsächlich flächenversetzte oder bündige Mehrkammersysteme, die auf Gehrung verschweißt werden.



**Bild 10.147** Verschweißen der Rahmenteile beim Kunststoff-Fenster

- 1 Schweißspiegel mit Aussparung für Kammzinken
- 2 verkämmteter Metalleckverbinder, geöffnet
- 3 Metallrohrrahmen
- 4 PVC-Profil
- 5 Rahmenecke nach der PVC-Schweißung, geschlossen (Kamm mit Metallkleber)

Nahezu alle in Deutschland eingesetzten Rohstoffe für PVC-Profile und die daraus hergestellten Fenstersysteme unterliegen der RAL-Güterichtlinie (GZ 716/1), die eine ständige inner- und außerbetriebliche Überwachung der Qualität einschließt. Über die bundesweit bestehenden Sammelsysteme können PVC-Fenster ebenso wie Abschnitte, die bei der Fensterproduktion anfallen, vollständig recycelt werden. Bei der Verarbeitung zu neuen Profilen werden zur Vereinheitlichung der unterschiedlichen Farben der Granulate die Oberfläche der Profile beschichtet.

Zunehmend finden wir Kunststoff-Fenstersysteme aus Vollprofilen.

Profile aus *Polyurethanhartschaum* haben eine wesentlich bessere Wärmedämmung als Holz. Die Oberfläche ist wartungsfrei. Zur Stabilisierung des Rahmens ist ein Metallkernprofil erforderlich, das bei der Herstellung des Profils eingeschäumt wird. Metallwinkel verbinden die Rahmenteile an den Ecken winkelstabil.

**PVC/Acrylglas-Fenster** haben einen glasfaserverstärkten Kern aus einem wärmedämmenden PVC/Acrylglasgemenge. Die Oberfläche ist acryl-beschichtet.

### 10.8.7 Verglasungsarbeiten

Fäulnisschäden am Flügelrahmen oder Klemmen des Fensters haben oft die Ursache in einer mangelhaft ausgeführten Verglasung oder fehlerhaften Verklotung. Eine fachgerechte und sorgfältig ausgeführte Verglasung ist Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Fensters und dient einer langen Lebensdauer und Werterhaltung.

Verglasung nennt man die Lagerung der Scheibe im Fensterrahmen und die Abdichtung zwischen Glas und Flügelrahmen. Dabei dürfen im Glas keine mechanischen Spannungen entstehen – sonst gibt es Glasbruch!

Für die Verglasungsarbeiten sind festzulegen:

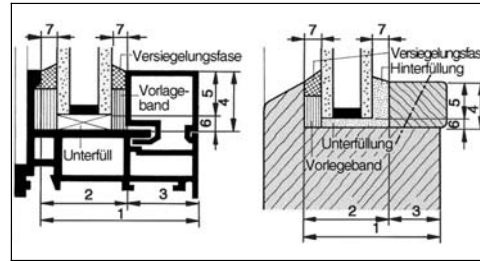
- Glasfalzabmessung,
- Glasdicke,
- Verglasungssystem,
- Verklotung,
- Verbindung zwischen Scheibe und Rahmen.

10

**Glasfalzabmessungen.** Die Glasfalzmaße sind genormt. Sie richten sich nach Belastung, Verglasungsart (Einfach- und Isolierglas) und Scheibengröße (10.148). Die Breite des Glasfalzes besteht aus der Scheibendicke, dem Abstand Falzwange-Glasscheibe und Glashalteleiste-Glasscheibe. Der Spielraum zwischen Scheibenkante und Falzgrund muss ein Drittel Falzhöhe betragen (10.149). Die Scheibendicke richtet sich nach der Scheibengröße, Gebäudehöhe und Windbelastung.

**Tabelle 10.148** Mindestfalzhöhen nach DIN 68121-2

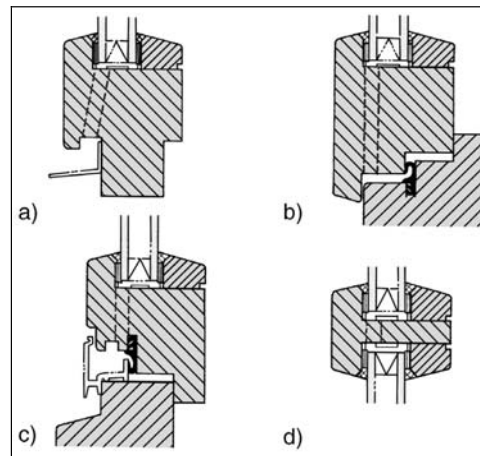
Längste Seite der Verglasungseinheit	Glasfalzhöhe $h$ in mm	
	Einfachglas	Mehrscheiben-Isolierglas
bis 1000 mm	10	18
> 1000 bis 3500 mm	12	18
> 3500 bis 4000 mm	15	20



**Bild 10.149** Bezeichnungen und Maße am Glasfalz

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1 Gesamtbreite                      | 6 Luftzwischenraum = 3 mm für Verklotung               |
| 2 Glasfalzbreite                    | 7 Kittvorlage bzw. Breite der Versiegelungsfuge = 3 mm |
| 3 Auflagefläche der Glashalteleiste |  |
| 4 Glasfalzhöhe                      |  |
| 5 Auflagefläche der Scheibe 2/3 d)  |  |

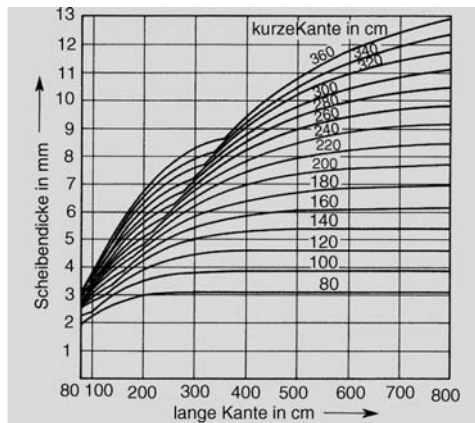
Bei Verglasung mit dichtstofffreiem Falzraum muss der Falzraum zum Dampfdruckausgleich zur Außenseite geöffnet werden. Dazu dienen Bohrungen ( $d = 8$  mm) oder Schlitze an den Rahmenecken (mind.  $5 \times 12$  mm). Das Bild 10.150 zeigt Ausführungsbeispiele für Dampfdruck-Ausgleichsöffnungen an verschiedenen Fensterteilen.



**Bild 10.150** Dampfdruckausgleich  
a) bei Festverglasung,  
b) Riegeln,  
c) Flügeln (ab 63 mm),  
d) Sprossen

**Die erforderliche Glasdicke** entnehmen wir den Tabellen oder Diagrammen der Glasindustrie. DIN 18056 enthält Angaben über die Mindestglasdicke.

Die Glasdicke ist von der Scheibengröße und der Einbauhöhe abhängig. Die dem Diagramm entnommenen erforderlichen Glasdicken werden auf die handelsübliche Dicke aufgerundet. Für Einbauhöhen über 8 m sind Zuschlagfaktoren zu berücksichtigen.



**Bild 10.151** Glasdicken in Abhängigkeit von Scheibenflächen

#### Beispiel

Scheibengröße 1200 × 2000 mm, Einbauhöhe 18 m, ges. Glasdicke

#### Lösung

Kurve der „kurzen Kante“ 1200 mm und Senkrechte über der Achse „lange Kante“ ergeben Schnittpunkte. Ihm ist die Glasdicke 3,9 mm zugeordnet (Achse Scheibendicke).

Umrechnungsfaktor aus Tab. 10.152

$$8 - 20 \text{ m} = 1,26$$

$$1,26 \times 3,9 = 4,9$$

gew. Handelsdicke 5 mm

**Tabelle 10.152** Faktoren zur Berücksichtigung der Verglasungshöhe

Verglasungshöhe	Faktor bei normalem Bauwerk
8	1
8 bis 20	1,26
20 bis 100	1,48
>100	1,60

**Verglasungssystem.** Die unterschiedlichen Beanspruchungen der Fenster führen zu einer Bewegung der Scheiben im Rahmen. Einfluss darauf haben Scheibengrößen, Rahmenmaterial, Gebäudehöhe, Belastung der Glasauflage und Dichtstoffvorlage. Um Schäden an Rahmen und Scheibe zu vermeiden, muss die Beanspruchung bei der Wahl des Verglasungssystems berücksichtigt werden. Man unterscheidet 5 Beanspruchungsgruppen. Die Einflussgrößen sind in der Tabelle (10.153) erfasst. Unterschieden werden Verglasungssysteme mit freiliegender Dichtstofffase (Beanspruchungsgruppe 1), mit Glashalteleiste und ausgefülltem Falzraum (Beanspruchungsgruppe 2 bis 5) sowie mit Glashalteleiste und dichtstofffreiem Falzraum (Beanspruchungsgruppe 3 bis 5). Das Verglasungssystem wird meist durch Kurzzeichen angegeben:

V = Verglasungssystem,

a = ausgefüllter Falzraum,

f = dichtstofffreier Falzraum.

Den Verglasungssystemen werden Dichtstoffgruppen zugeordnet, die man mit den Buchstaben A bis E bezeichnet (10.155).

#### Beispiel

Für ein 12 m hohes Wohnhaus sind Drehkippenfenster aus Holz vorgesehen. Die größte Flügelabmessung beträgt 1,20 × 1,65 m.

#### Lösung

Flügelgröße 1,20 × 1,65 m

Öffnungsart: Drehkippenfenster → BG 1

Belastung von der raumseitigen Umgebung normal oder erhöht → BG 1

Beanspruchung aus Rahmenmaterial Holz












Dichtstoffvorlage: 3 mm (gewählt) → BG 4

größte Kantenlänge 1,65 m

Berücksichtigt wird die höchste ermittelte Beanspruchungsgruppe **BG 4**. Als Verglasungssystem kann gewählt werden:

- Va 4 mit Dichtstoffgruppe B für den Falzraum und D für die Versiegelung oder bei dichtstofffreiem Falzraum,
- Vf 4 mit Dichtstoffgruppe D für die Versiegelung.

**Tabelle 10.153** Beanspruchungsgruppen zur Fensterverglasung und Verglasungssysteme nach DIN 18545 (Rosenheimer Tabelle)

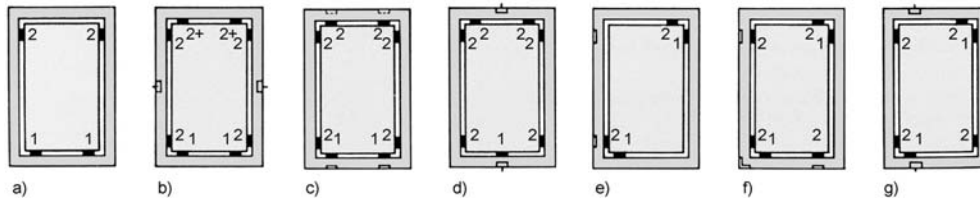
Beanspruchungsgruppe		1	2	3	4	5
Verglasungssystem		Va1	Va2	Va3 Vf3	Va4 Vf4	Va5 Vf5
<b>Beansprucht durch Art der Öffnung</b>		Festverglasung, Drehfenster, Drehkippfenster		Schwingfenster, Hebefenster und vergleichbar beanspruchte Fenster		
raumseitige Umgebung		Feuchtigkeit, drohende mechanische Beschädigung				
<b>Scheibengröße bei</b>		Farbton		Kantenlänge bis (in m)		
Rahmenwerkstoff	Dichtstoffvorlage					
Aluminium Aluminium-Holz Stahl	3 mm	0,80	hell dunkel	0,80	1,00	1,50
				0,80	1,00	1,50
	4 mm		1,50	2,00	2,50	
			1,25	1,50	2,00	
	5 mm		1,75	2,25	3,00	
			1,50	2,00	2,75	
Holz	3 mm	0,80	1,00	1,50	1,75	2,00
	4 mm			1,75	2,50	3,00
	5 mm			2,00	3,00	4,00
Kunststoff	4 mm		hell dunkel	0,80	1,00	1,50
				0,80	1,00	1,50
	5 mm		1,50	2,00	2,50	
			1,25	1,50	2,00	
6 mm	dunkel	1,50	2,00	2,50		
<b>Verglasungssysteme</b>						
Beanspruchungsgruppe		1	2	3	4	5
mit ausgefülltem Falzraum						
Kurzzeichen		Va1	Va2	Va3	Va4	Va5
Schematische Darstellung						
Dichtstoffgruppe nach DIN 18545 für Falzraum		A oder B	B	B	B	B
für Versiegelung		–	–	C	D	E
mit dichtstofffreiem Falz						
Kurzzeichen		–	–	Vf3	Vf4	Vf5
Schematische Darstellung		nicht möglich	nicht möglich			
Dichtstoffgruppe nach DIN 18545 für Versiegelung				c	D	E
 Dichte des Falzraumes		 Dichtstoff der Versiegelung		 Vorliegeband		

**Vorbereiten der Fälze.** Auf verschmutzten Fälzen haftet kein Dichtstoff. Nasse, fettige und staubige Falze sind gründlich zu reinigen. Farbanstriche und Haftvermittler müssen gut durchgetrocknet sein. Bei Holzfenstern sind die Fälze so vorzubehandeln, dass die Holzsporen geschlossen und die Oberflächen abgesperrt sind, damit keine Öle und Weichmacher in das Holz abwandern können und die Feuchtigkeitsaufnahme verhindert wird.

**Verklotzen.** Jede Verglasungseinheit muss ausreichend Luft (Spielraum) zwischen der Glasscheibenkante und dem Falzgrund haben, um Spannungen und Glasbruch zu verhindern und die Gängigkeit des Flügels nicht zu beeinträchtigen.

Das Festsetzen der Scheibe (auch Verklotzen genannt) gehört zu den wichtigsten Aufgaben vor dem Abdichten. Wir unterscheiden zwischen Trag- und Distanzklötzen aus Hartholz, Kunststoff oder Hartgummi.

- **Tragklötze** tragen die Scheibe im Flügelrahmen. Sie werden so angeordnet, dass sie das Glasgewicht auf das untere Band übertragen. Die Klötze tragen die Scheibe im Rahmen, sorgen für Abstand zwischen Scheibenkante und Rahmen und steifen den Rahmen aus.
- **Distanz- oder Abstandsklötze** gewährleisten den notwendigen Abstand zwischen Glasscheibenkante und Rahmen. Sie sind etwa 1 mm dünner als Tragklötze (10.154). Der Abstand der Klötze von der Glasecke soll eine Klotzlänge, also 60 bis 100 mm betragen.



**Bild 10.154** Verklotzung der Fensterscheiben (a bis d symmetrische, e bis g asymmetrische Verklotzung)  
 1 Tragklotz, 2 Abstandsklotz + Abstandsklotz wird bei umgeschlagenem Flügel zum Tragklotz  
 a) feststehende Verglasung, b) Schwingflügel, c) Klapp-/Kippflügel,  
 d) Wendeflügel mittig, e) Drehflügel, f) Drehkippsflügel,  
 g) Wendeflügel außermittig

**Tabelle 10.155** Anforderungen an Dichtstoffgruppen

Zeile	Eigenschaft	Anforderung für Dichtstoffgruppe				
		A	B	C	D	E
1	<b>Rückstellvermögen</b> in %	–	–	≥ 5	≥ 30	≥ 60
2	<b>Haft- und Dehnverhalten nach Lichtalterung</b> kein Adhäsions- oder Kohäsionsriss bei Dehnung in % um	–	≥ 5	≥ 50	≥ 75	≥ 100
3	<b>Haft- und Dehnverhalten nach Wechsellagerung</b> kein Adhäsions- oder Kohäsionsriss bei Dehnung in % um	–	≥ 5	≥ 50	≥ 75	≥ 100
4	<b>Kohäsion</b> Zugspannung bei Dehnung nach Zeile 3 in N/mm <sup>2</sup>	–	–	≤ 0,6	≤ 0,5	≤ 0,4
5	<b>Volumenänderung</b> in %	≤ 5	≤ 5	≤ 15	≤ 10	≤ 10
6	<b>Standvermögen</b> , Ausbuchtungen in mm	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2

Die Werte für Bindemittelabwanderung, Verarbeitbarkeit, Verträglichkeit mit anderen Baustoffen, mit anderen Dichtstoffen und mit Chemikalien sind vom Hersteller anzugeben.



### Abdichten der Fuge zwischen Flügel und Glas.

Eine gute Abdichtung darf weder Luft noch Feuchtigkeit durchlassen. Die Dichtungsmittel müssen daher alle Bewegungen der Glasscheibe auffangen und ausgleichen, ohne Risse oder Fugen zu bilden, einzusacken oder auszulaufen.

**Nass- und Trockenverglasung.** Bei der Verglasung unterscheiden wir aufgrund der Dichtstoffe und Dichtungsprofile zwischen Nass- und Trockenverglasung. Bei der Nassverglasung werden formbare Dichtstoffe (dauerelastisch bzw. elastisch) verarbeitet, bei der Trockenverglasung vorgefertigte Dichtungsprofile. Die Trockenverglasung eignet sich für Metall- und Kunststoff-Fenster. Für hohe Beanspruchungen durch Wind und Regen wird sie als Druckverglasung ausgeführt. Spannelemente bewirken dabei einen hohen Anpressdruck auf das Dichtprofil.

**Arbeitsablauf einer Nassverglasung** (Beispiel: Beanspruchungsgruppe, mit Versiegelung)

- Glasfalz vorbehandeln: Reinigen, Haftmittel (Primer) auftragen, Fugenränder schützen,
- Hinterfüllung: Vorleiband einkleben bzw. plastischen Dichtstoff verarbeiten,
- Glasscheibe einsetzen: Verklotzen (nach DIN 18361),
- Glasfalzgrund mit plastischem Dichtstoff ausfüllen,
- Glashalteleisten feststiften,
- Zwischenraum (Glasscheibe – Glashalteleiste) mit plastischem Dichtstoff ausfüllen,
- Versiegelung: äußere Seite, Masse abschrägen und glätten.

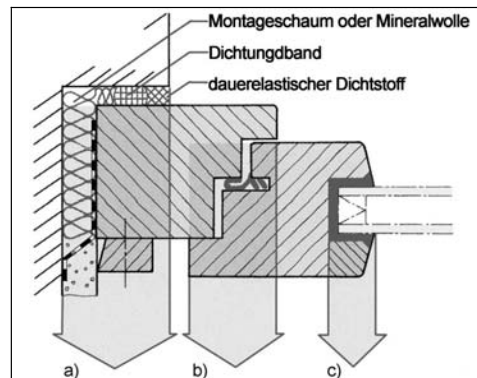
**Abdichtung.** Eine Glasabdichtung entspricht den Vorschriften, wenn

- sie das Glas im Fensterrahmen wasser- und luftundurchlässig abschließt,
- die Glasscheibe in einem elastischen Kittbett lagert und so die verschiedenen Bewegungen zwischen Scheibe und Fensterrahmen ausgleicht,
- sie den Glasfalz vor Feuchtigkeit schützt.

Der Glasfalz muss so groß sein, dass Platz für die Glasdicke, Abdichtung und Auflagebreite der Befestigung vorhanden ist (DIN 18545, DIN 18361).

### 10.8.8 Dichtstoffe

Beim Verbinden der Bauelemente (z.B. Türen, Fenster) entstehen Fugen im Bau. Daraus können sich durch eindringende Feuchtigkeit, Temperatur-Schwankungen, Absetzen und Bewegung der Bauteile große Schadstellen entwickeln. Deshalb werden diese Verbindungsstellen sorgfältig abgedichtet. Voraussetzung dazu ist die Kenntnis der verschiedenen Dichtungsmaterialien und ihrer Eigenschaften.



**Bild 10.156** Die drei Dichtungsebenen

Bei der Verglasung und dem Einbau von Fenstern und Türen ist die Dichtung besonders wichtig. Wir unterscheiden drei Dichtungsebenen:

- a) zwischen Blendrahmen und Maueranschluss
- b) zwischen Flügelrahmen und Blendrahmen,
- c) zwischen Glas und Flügelrahmen (10.156).

Dichtstoffe müssen abdichten und zugleich Bewegungen elastisch auffangen. Je größer die Belastungen eines Fensters sind und je häufiger sie auftreten, desto elastischer muss der Dichtstoff sein.

Dichtstoffe dienen, zur Abdichtung und elastischen Verbindung einzelner Bauteile.

**Die Eigenschaften** ergeben sich aus den Anforderungen (10.155). Dichtstoffe müssen

- gut an anderen Werkstoffen haften,
- beständig sein gegen Witterungs- und Temperatureinflüsse, aggressive Bestandteile der Luft, Fäulnis und Insekten,
- lange halten, dürfen nicht reißen, einsacken oder verspröden,
- elastisch und formbeständig sein (Kohäsionskräfte, Adhäsionskräfte),

- je nach Anwendungsgebiet eine Shore-A-Härte zwischen 15 und 30 haben (Maß für Härte von Gummi und gummielastischen Stoffen).

**Arten.** Nach der Anwendung unterscheidet man formbare und vorgeformte Dichtstoffe.

formbare Dichtstoffe	vorgeformte Dichtstoffe
erhärtende	Dichtungsstreifen
plastische	(Vorlegebänder)
elastische	Dichtungsprofile

### Formbare Dichtstoffe

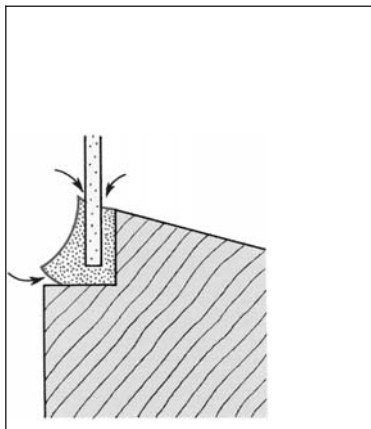
**Erhärtende Kitten** (Dichtstoffe) wie Leinölkitt auf Leinölbasis mit mineralischen Füllstoffen (etwa Schlemmkreide) trocknen vollkommen durch. Ein Teil des Leinöls zieht dabei ins Holz, der Leinölkitt oxidiert, verharzt und erhärtet. Durch die Bewegungen im Glasfalz bilden sich Risse im Kitt, und er bröckelt ab (10.157). Diese erhärtenden Kitten verwenden wir bei Verglasungsarbeiten, wo im Kittbett kaum Bewegungen stattfinden. Nach der Rosenheimer Tabelle dürfen Leinölkitten nur bei Holz- und Stahlfenstern mit einer Scheibengröße bis 0,6 m<sup>2</sup> und für Gebäude bis 8 m Höhe verarbeitet werden. Beachten müssen wir, dass Leinölkitt Aluminium angreift.

**Plastische Kitten** bestehen aus Leinölkitt mit plastomeren oder elastomeren Kunststoffen (Butylkautschuk oder Polyacrylat), Füllstoffen, Weichmachern, Primern und organischen Lösungsmitteln. Sie sind gut und lang andauernd verformbar, kehren aber nicht in die ur-

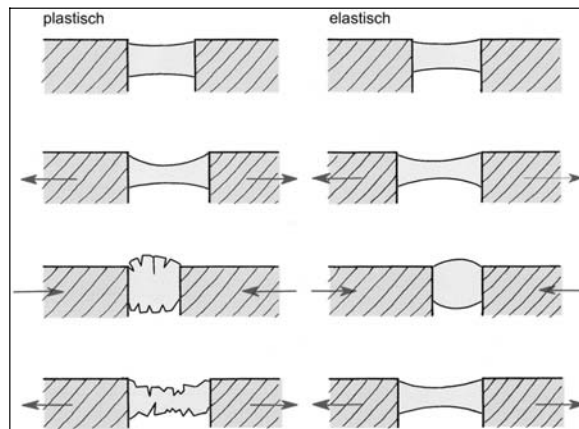
sprüngliche Form zurück. Bewegungen bis 5 % der Fugenbreite werden aufgefangen. Nach dem Auftragen verdunsten die Lösungsmittel, die Massen binden ab und behalten ihren zähplastischen Endzustand. Beim Verdunsten schwinden die plastischen Materialien und bilden an der Oberfläche konkave (nach innen gewölbte) Fugenquerschnitte aus. Durch Beimengung lufttrockener Öle entsteht eine dünne, klebfreie Haut, die bei Bewegungen reißt und eine neue Oberflächenhaut bildet. Infolge der wechselnden Beanspruchung (Reißen der Oberfläche, Neubildung, erneutes Reißen) verliert der Kitt im Lauf der Zeit seine Plastizität. Durch Erhärten und Schrumpfen entstehen undichte Stellen (10.158). Diese Durchhärtung verhindern wir durch einen dichten Anstrich, der aber so elastisch sein muss, dass er die durch den Schrumpfprozess entstehenden Bewegungen mitmacht. Die Anstrichschicht muss häufig erneuert werden. Die endgültige Versiegelung geschieht mit einer elastischen Dichtungsmasse.

Erhärtende Kitten trocknen völlig und reißen bei Bewegungen im Falz.

Plastische Kitten sind bis 5 % Fugenbreite verformbar, verlieren aber durch wechselnde Beanspruchung ihre Plastizität und müssen daher einen elastischen Anstrich erhalten.



**Bild 10.157**  
Dichtung mit abbröckelndem Leinölkitt



**Bild 10.158** Plastisches und elastisches Verhalten von Dichtstoffen

**Elastische Dichtungsmassen** bestehen aus elastomeren Kunststoffen. Bei Bewegung verformen sie sich, gehen aber im Gegensatz zu den plastischen Dichtstoffen wieder in die Ausgangslage zurück (10.158). Sie werden in pastöser Form verarbeitet und erreichen durch chemische Reaktion (chemisch vernetzt) ihren elastischen Endzustand und gummiartigen Charakter. Um die Haftung zu verbessern, erhalten die Haftflächen teilweise einen Voranstrich mit einem Haftvermittler (Primer). Die höchstzulässige Dauerbewegung elastischer Dichtstoffe beträgt 25 % der Fugenbreite.

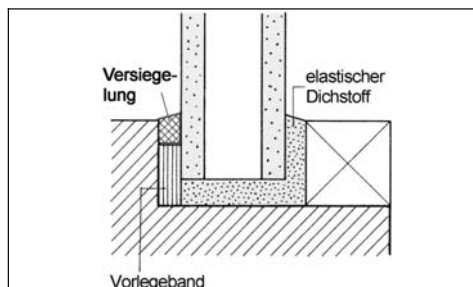
Die Polysulfidkautschuk- (Thiokol), Polyurethan- oder Silikon-Dichtstoffe werden als Einkomponenten- und Zweikomponenten-Produkte angeboten. Die Einkomponentenstoffe lassen sich in der Lieferform verarbeiten und vernetzen durch die Luftfeuchtigkeit. Bei 2-K-Massen müssen wir das Basisharz und den Härter mischen. Die chemische Vernetzung (Vulkanisation) beginnt sofort – deshalb muss die Masse innerhalb einer bestimmten, vom Hersteller festgelegten Zeit (zwischen 2 und 4 Stunden) verarbeitet und aus der Kartusche gedrückt werden! Danach beginnt die Masse dick zu werden.

**Polysulfidmassen** sind vielseitig einsetzbar und mit vielen Farben und Lacken überstreichbar. 1-K-Polysulfide lassen eine maximale Dauerbewegung von 15 bis 20 % zu, 2-K-Polysulfide 20 bis 25 %. Beide sind gut alterungsbeständig, elastisch und bei Temperaturen zwischen  $-30$  und  $+100$  °C einsetzbar. 1-K-Erzeugnisse reagieren langsamer als 2-K-Massen. Je nach Fugenquerschnitt dauert die Aushärtung 2 bis 4 Wochen.

**Polyurethanmassen** werden als 1-K- oder 2-K-Systeme. Beide widerstehen recht gut organischen Lösungsmitteln, schwachen Laugen und Säuren, bei kurzzeitiger Einwirkung auch verschiedenen Ölen. Ihre hohe Elastizität entspricht den Polysulfidkautschukmassen. Die maximal mögliche Dauerbeanspruchung beträgt je nach Harzanteil 15 bis 25 % der Fugenbreite. Polyurethanmassen verwendet man hauptsächlich bei Anschlussfugen zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk, aber auch beim Einpassen von Türen. Als 2-K-Systeme werden sie selten angeboten.

Silikonmassen sind bereits gemischt und vernetzen durch die Luftfeuchtigkeit zu einem elastischen Silikonkautschuk. Silikonkautschuk hat im Gegensatz zu den anderen Kautschukarten (mit organischem

Kohlenstoffgerüst) einen Silicium-Sauerstoff-Aufbau (Quarz), Silikone sind noch bei  $-10$  °C spritzbar. Sie sind alterungsbeständig, wasser-, chemikalien- und temperaturbeständig (von  $-60$  °C bis  $+200$  °C), jedoch nicht überstreichbar. Vorteilhaft sind ihre hohe Elastizität, schnelle Aushärtung und besondere Kerbfestigkeit. Sie haften ohne Voranstrich gut auf glatten und dichten Oberflächen und werden daher auch bei Aluminium- und Kunststoff-Fenstern verwendet. Bei der Fensterversiegelung bilden sie die wichtigste Gruppe der Dichtungsmassen (10.159, 10.160).

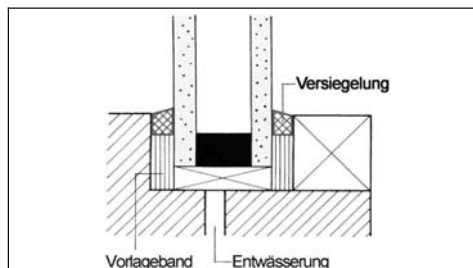


**Bild 10.159** Verglasung mit elastischem Dichtstoff, Vorlegeband und Versiegelung

Elastische Dichtstoffe nehmen Bewegungen zwischen 15 und 25 % der Fugenbreite auf und sind sehr alterungsbeständig. Sie werden als 1- und 2-Komponentenmassen angeboten.

#### Vorgeformte Dichtstoffe

Am Fenster oder bei Türen benutzt man außer Dichtungsmassen auch selbstklebende Dichtungstreifen (Vorlegebänder) aus Weichgummi und Dichtungsprofile aus Kunststoff (PVC), Synthetikgummi oder Silikonprofile (Profilabdichtung 10.161).



**Bild 10.160** Verglasung mit Vorlegeband und beidseitiger Versiegelung

**Dichtungstreifen, Vorlegebänder.** Elastische Flachprofile dienen als selbstklebende Vorlegebänder bei der Fensterversiegelung. Die Dichtungen aus Zellgummi sind ein- oder beidseitig mit Klebstoff beschichtet. Sie

- begrenzen die Fugentiefe und sichern eine gleich bleibende Fugenbreite,
- verhindern ein Festkleben der Versiegelungsmasse auf dem Fugengrund (bewegliche Dichtungsmasse),
- verteilen zusammen mit den anderen Dichtstoffen die Belastungen und verhindern eine Überbeanspruchung der Versiegelung,
- halten die Fugenränder sauber (10.160).

**Dichtungsprofil** aus Synthese-Kautschuk oder Kunststoffen verarbeitet man, wenn der Raum zwischen Glas und Flügelrahmen durch Trocken- oder Nassverglasung (Druckverglasung oder Verglasung mit formbaren Dichtstoffen) abgedichtet werden muss (10.161). Außerdem dienen diese Profile als Falzdichtung zwischen Flügel- und Blendrahmen. Sie sind gummielastisch und weisen eine gleich bleibende Shore-A-Härte auf.

**Polychloropren**, ein elastomerer Kautschuk, hat bei Temperaturen zwischen  $-40$  und  $+120$  °C gute

Elastizität, soll aber nicht mit Öl oder Benzin in Berührung kommen.

Für APTK-Profile (Aethylen-Propylen-Terpolymer-Kautschuk) gilt das gleiche wie für Polychloroprene.

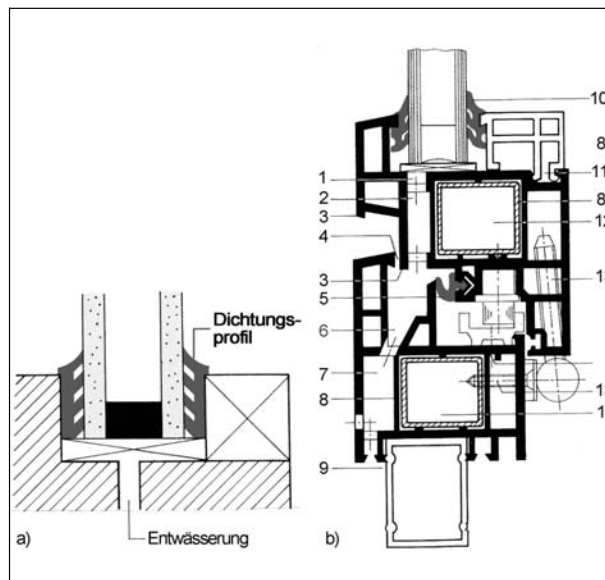
Polyvinylchlorid ist eigentlich ein harter, thermoplastischer Kunststoff. Je nach gewünschter Härte wird er mit 25 bis 50 % Weichmachern vermischt, sodass sich das Profil verformen kann. Als Weich-PVC zeigt es temperaturunabhängiges Verhalten und verformt sich bei Dauerbelastung („Kriechen“ oder „kalter Fluss“). Der Anpressdruck lässt nach, die Dichtung ermüdet. Solche Profile schrumpfen bei Kälte und beginnen gleichzeitig zu verhärten. Wir verarbeiten dieses Dichtungsmaterial daher bei Falzdichtungen, die nicht der Witterung ausgesetzt sind.

Dichtungsprofile für die Verglasung (DIN 7715) verarbeiten wir für die Abdichtung zwischen Glasscheibe und Fensterrahmen. Flügelfalzdichtungen bauen wir zwischen Flügelrahmen und Blendrahmen ein. Dabei drücken wir den unteren Teil (Profilfuß) der Lippendichtung in die Aufnahmenut. Der obere Teil (Dichtungskopf) des Dichtungsprofils arbeitet leicht federnd und kann auf Druck beansprucht werden.

Vorgefertigte Dichtungstreifen und -profile verwenden wir bei Trockenverglasung.

#### Bild 10.161

- a) Verglasung mit Dichtprofil unter Anpressdruck,  
b) APTK-Profil
- 1 Wassersammelrinne
  - 2 Glasfalzentwässerung/Belüftung
  - 3 Abtropfnase
  - 4 Luftspalt
  - 5 Mitteldichtung am Flügelrahmen
  - 6 Wassersammelkammer im Blendrahmen
  - 7 Vorkammer (Zwangsentwässerung)
  - 8 Stahlrohrverstärkung
  - 9 Anschluss für Fensterbänke, -bänder
  - 10 Glasfalzdichtung
  - 11 Flügel
  - 12 Mehrkammersystem
  - 13 Verschraubung der Beschläge



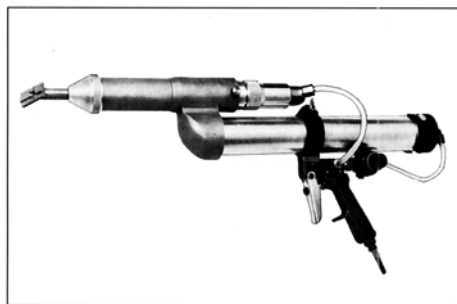
### 10.8.9 Fenstereinbau und Baukörperanschluss

**Maueranschlag.** Da das Fenster im eingebauten Zustand der Witterung, unterschiedlichen Belastungen und Bewegungen ausgesetzt ist, muss der Anschluss zwischen Blendrahmen und Mauerwerk besonders sorgfältig ausgeführt werden. Die Beanspruchungen dürfen nicht zum Bruch der Anschlussfuge und zum Eindringen von Wasser führen. Die Lage und Befestigung im Baukörper hängen vom Maueranschlag ab. Wir unterscheiden die Maueröffnung ohne Anschlag, mit Innen- und mit Außenanschlag.

Die Anschlagart hat wesentlichen Einfluss auf den Wetterschutz, den Einbau und das Aussehen des Fensters in der Fassade.

**Blendrahmenverankerung.** Fenster müssen waagrecht, lotrecht und fluchtrecht in der vorgeschriebenen Höhe eingebaut werden. Als Befestigungsmittel zum Verankern des Blendrahmens dienen Maueranker, Stahllaschen, Fensterstifte oder Dübel aus Kunststoff oder Metall. Jede Blendrahmenseite soll an mindestens zwei Stellen befestigt werden. Der Abstand der Befestigungspunkte darf 80 cm nicht überschreiten. Der ausgerichtete Blendrahmen wird an den Ecken und Befestigungspunkten festgekeilt. Nach dem Einhängen des Flügels prüfen wir die Gangbarkeit und dichte Flügelauflage am Blendrahmen.

**Anschlussfuge.** Auch für die Anschlussfuge (den Raum zwischen Blendrahmen und Mauerwerk) benutzen wir Dichtstoffe (DIN 18055). Legen wir den Blendrahmen in ein Mörtelbett, entsteht eine starre Abdichtung, die bei kleinsten Erschütterungen reißt und undicht wird. Fugenbewegungen entstehen auch durch die temperaturabhängigen Längenänderungen der unterschiedlichen Fensterwerkstoffe und Baustoffe. Für die Abdichtung der bewitterten Fuge (Blendrahmen/Wand) soll ein dauerelastischer Dichtstoff verwendet werden. Um die Fugentiefe zu begrenzen und den Blendrahmen nicht unmittelbar am Mauerwerk anliegen zu lassen, benutzt man eine Hinterfüllung oder ein Dichtungsband als Vorlage. Zunehmend finden selbstklebende, vorkomprimierte Dichtungsänder aus Schaumstoff



a)



b)

c)

**Bild 10.162** Zweikomponenten-Dichtung  
 a) Verarbeitungspistole  
 b) Verarbeitung an einer Tür  
 c) Montage eines vorkomprimierten Dichtungsbands auf den Blendrahmen

Verwendung (10.162c). Den Hohlraum zwischen Fenster und Mauer dichten wir mit Dämmstoffen oder Dämmschäumen ab (10.162a, b). Polyurethan-Schaum eignet sich zum Füllen, Dämmen, Isolieren, Kleben und Befestigen. Wir arbeiten damit beim Ausschäumen der Anschlussfuge, beim Einbau von Rollladenkästen, bei der Fenstermontage und dem Einpassen von Innen- und Außentüren. PUR-Schaum quillt als dünner Strahl aus einer Kunststoffdüse des Behälters mit einer Volumenzunahme bis 150 % auf. Achten Sie auf FCKW-freie Treibmittel! Die vollständige Aushärtung dauert mehrere Stunden. Auch andere Dämmstoffe verarbeiten wir bei der Anschlussfuge:

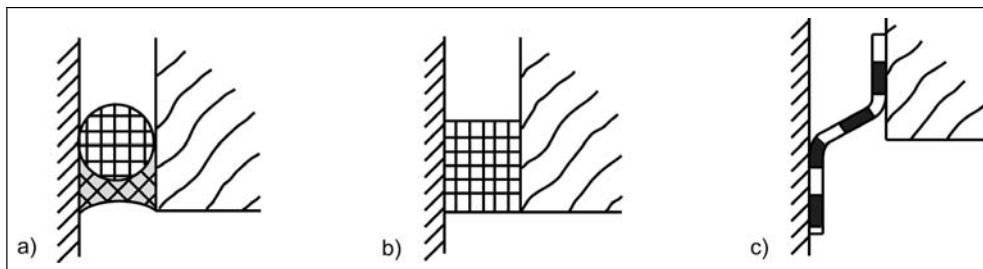
Mineralfaserdämmstoffe, Holzwolle-Leichtbauplatten, Platten aus Schaumkunststoff, Mehrschicht-Leichtbauplatten und Korkplatten. Der eigentliche Anschluss und die Abdichtung der Anschlussfuge gegen die Witte-

nungseinflüsse erfolgt mit elastischen Dichtstoffen.

Tabelle 10.163 gibt noch einmal einen Überblick über die besprochenen Dichtstoffe.

**Tabelle 10.163** Übersicht über die Dichtstoffe

	<b>härtend</b>	<b>plastisch</b>	<b>elastisch</b>
Basis	Leinöl	pflanzliche Öle, Kunststoffe (Acrylate, Butylkautschuk)	Acrylate, Polyurethane, Polysulfide, Silikone
Eigenschaften	härtet nach kurzer Zeit aus nimmt keine Erschütterungen und Bewegungen auf	geht nicht in Ausgangsform zurück, nimmt nur begrenzt Bewegung auf, max. Dauerbelastung 3 bis 10%	geht wieder in die Ausgangsform zurück, nimmt bis zu 25 % Dauerbelastung auf
Schutanstrich	erforderlich	z.T. erforderlich	nicht erforderlich
Verwendung (Rota = Rosenheimer Tabelle)	nach Rota nur für Beanspruchungs- Gr. 1 Einfachverglasung	nach Rota für Beanspruchungs- Gr. 2. bei Vermischung mit elastischen Dichtstoffen auch für Gr. 3 bis 5, Einfachverglasung und Isolierverglasung	nach Rota für Beanspruchungs- Gr. 3 bis 5 Einfachverglasung und Isolierverglasung
<b>Unfallgefahr</b>		<b>Primer und Reinigungsmittel enthalten brennbare Lösungsmittel – Feuergefahr!</b>	
Auftrag	mit Kittmesser	mit Kittspritze oder Handdruckversiegelungsspritze	mit Handpistole, Druckluftkittspritze oder Kittmesser
Schrumpfung	0 bis 3%	5 bis 20 % (je nach Mischung)	etwa 5%
Komponenten	1	1	2 oder 1
Lebensdauer	3 bis 5 Jahre	5 bis 15 Jahre (je nach Mischung)	Polyurethan 5 bis 10 Jahre Polysulfid 10 bis 20 Jahre Silikon 20 bis 30 Jahre



**Bild 10.164** Dichtmaterialien: a) Dichtstoffe b) Dichtbänder c) Folien

Grundsätzlich gilt, dass die innere Abdichtung diffusionsdichter sein muss als die äußere!  
Innen Dampfdicht, außen Schlagregen dicht!

**Arbeitsauftrag Nr. 100 Lernfeld LF 19,11,12**

- Zur nachhaltigen Sicherung Ihres Wissens und Vorbereitung auf die Abschlussprüfung beantworten Sie bitte die nachfolgenden Fragen nach der „Zweischritt- Methode“. (Siehe hierzu Arbeitsauftrag Nr. 33 u. Methoden)
  1. Welche Aufgaben hat ein Fenster?
  2. Nennen Sie fünf Teile eines Fensters.
  3. Worauf beruht die Wärmedämmung von Isolierglas?
  4. Nennen Sie fünf verschiedene Fensterbeschläge
  5. Welche Anstrichsysteme kennen Sie?
  6. Welche Mindestanforderungen sind an Lacklasuren zu stellen?
  7. Warum muss die natürliche Oxydschicht des Aluminiums entfernt werden?
  8. Welchen Nachteil hat Aluminium als Fensterwerkstoff?
  9. Welche Kammersysteme gibt es bei Kunststofffenstern?
  10. Welche Schäden können durch unsachgemäße Abdichtung am Fenster entstehen?
  11. Welchen Anforderungen müssen Dichtstoffe gerecht werden?
  12. An welcher Seite wird die Glashalteleiste befestigt?
  13. Durch welche Maßnahmen lassen sich die Belastungen ausgleichen, denen ein Fenster ausgesetzt ist?
  14. Warum müssen Fenster verklotzt werden?
  15. Erklären Sie den Begriff der Vulkanisation.
  16. Mit welcher Lebensdauer ist bei Silikon als Dichtstoff zu rechnen?
  17. Der Kunde beklagt sich, dass die Dichtstoffe der Scheiben nicht halten. Welche Fehler wurden bei der Verarbeitung gemacht?
  18. Ein Gebäude liegt an einer stark befahrenen Hauptverkehrsstraße. Welche Fensterdichtung ist zu wählen?
- Nach Einordnung der Fragen in Ihre Lernkartei führen Sie bitte ein „Frage- Antwortspiel“ in der Klasse durch.

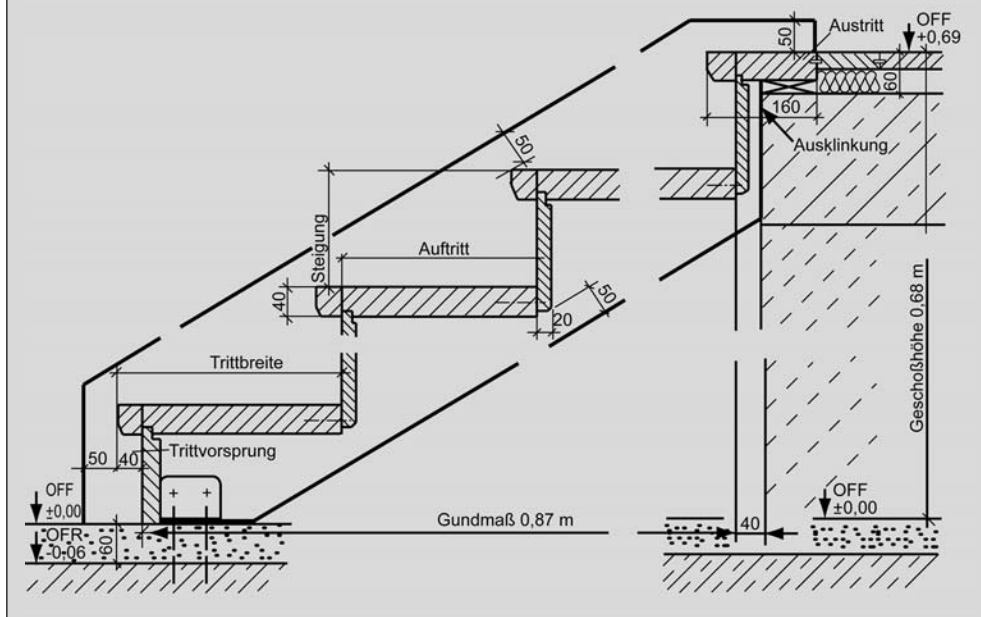
**10.9 Treppen**

10

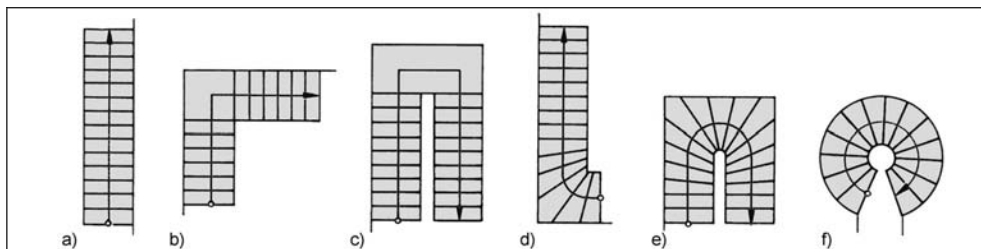
**Arbeitsauftrag Nr. 101 Lernfeld LF 9,12**

- Die Skulpturengalerie hat infolge der guten Zusammenarbeit mit Ihrer Firma einen weiteren Auftrag erteilt. Die Galerie hat weitere Räume angemietet. Der Zugang wurde bereits von einer Baufirma geschaffen. Da die neue Ausstellungsebene jedoch höher als die bisherige Ausstellungsfläche liegt, wird eine gerade Treppe benötigt. Ihr Meister war bereits vor Ort und hat die nachfolgende Aufmasssskizze gefertigt.
- Zeichnen Sie Grundriss und Abwicklung der geraden eingestemmtten Treppe mit Setzstufen im M 1:10! Die Treppe soll aus Esche gefertigt werden. Folgende technische Vorgaben sind zu beachten:
  - Stufenstärke 40 mm, Stufenüberstand 40 mm, Stoßbrettdicke 20 mm, Einstemmtiefe 15 mm, Wangenstärke 50 mm, Besteck oben und unten je 50 mm, Laufbreite 1,20 m Handlaufprofil und Geländerstärke sind frei wählbar.
- Es ist ein Modell im M 1:20 zu fertigen und eine Materialliste mit Berechnung der Kosten unter Berücksichtigung von 20 % Verschnitt zu erstellen.
- Geben Sie einen Überblick dreier Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung einschließlich der jeweiligen Vor- und Nachteile. Um auf mögliche Fragen des Kunden beim späteren Einbau vorbereitet zu sein, sollten Sie die nachfolgenden Fragen beantworten können.
  1. Aus welchen Teilen besteht eine Treppe?
  2. Auf welche Weise wird in einer Zeichnung die Gehrichtung einer Treppe angegeben?

3. Bei welcher Treppenart werden Stufen verzogen?
4. Aus welchen Teilen besteht eine Stufe?
5. Erläutern Sie die Begriffe Krümmung, Trittstufe, Lauflinie und Treppenlauf.
6. Erklären Sie den Begriff Steigungsverhältnis.
7. Ermitteln Sie das günstige Steigungsverhältnis für eine Wohnhaustreppe bei einer Geschosshöhe von 2,75 m und 15 bzw. 16 Steigungen.
8. Welchen günstigen Neigungswinkel sollen Wohnungstreppe haben?
9. Zählen Sie geeignete Hölzer für Holztreppe auf.
10. Vergleichen Sie die eingeschobene Treppe mit der eingestemmt Treppe.
11. Was kennzeichnet die aufgesattelte Treppe?
12. Welche Aufgaben hat ein Traghalm?
13. Die Galerie wird zur Kunsterziehung von einer Vorschulgruppe genutzt. Welche Sicherheitsvorschriften sind beim Bau der Treppe zu beachten?



10



**Bild 10.165** Treppengrundrisse

- a) einläufige, gerade Treppe,
- b) zweiläufige Winkeltreppe mit Zwischenpodest,
- c) zweiläufige, gerade Treppe mit Halbpodest,
- d) einläufige, viertelgewendelte Treppe,
- e) einläufige, halbgewendelte Treppe,
- f) Wendeltreppe (alle dargestellten Beispiele sind Rechtstreppe)

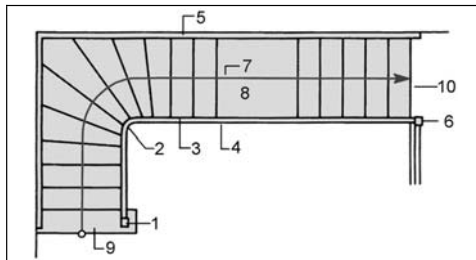


Treppen helfen uns, verschiedene Ebenen oder Geschosse zu überwinden. Treppen lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen (10.165).

**Begriffe.** Den waagerechten Teil der Treppe nennt man Trittstufe, den senkrechten Teil Setzstufe (10.168a). Die Höhe zwischen den einzelnen Stufen bezeichnen wir als *Steigung*. Folgen mindestens 3 Stufen hintereinander, sprechen wir von einem *Treppenlauf*, der mit einem *Treppenpodest* beginnen und enden kann. Oft werden Treppenläufe auch von Zwischenpodesten unterbrochen. Die *Lauflinie* liegt bei geraden Treppen in der Mitte, bei Wendel- und Spindeltreppen außermittig (10.167).

**Tabelle 10.166** Treppen

Unterscheidung	Treppen
Lage	Außentreppe (Frei-, Hauseingangs-, Kelleraußentreppe), Innentreppe (Geschoss-, Dachbodentreppe)
Laufrichtung	Links- und Rechtstreppe
Grundrissform	gerade, viertel- und halbgewendelte, ein- und mehrläufige Treppe, Bogentreppe, Wendeltreppe (10.161)
Konstruktion	freitragende, freiaufliegende oder eingespannte Treppe
Werkstoff	Mauerwerk, Werkstein, Stahl, Holz



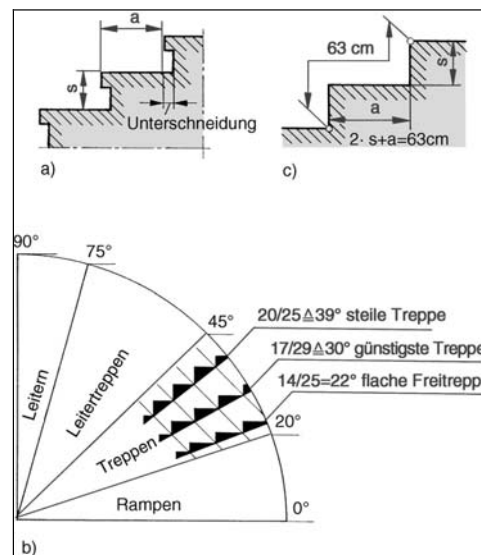
**Bild 10.167** Treppenteile

- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| 1 Antrittsposten         | 6 Austrittsposten |
| 2 Krümmung               | 7 Lauflinie       |
| 3 Handlauf               | 8 Podest          |
| 4 Freiwanne (Innenwanne) | 9 Antritt         |
| 5 Wandwanne              | 10 Austritt       |

Bei teilgewendelten und bei Wendeltreppen sind die Stufen verzogen (*Stufenverziehung*). Das *Treppengeländer* besteht aus dem Antritts- und Austrittsposten, dem Handlauf und

der Geländerfüllung. Der Handlauf aus Holz, Kunststoff oder Metall soll griffgerecht ausgebildet sein und sicheren Halt geben. Die Geländerfüllung kann aus Eisengitter, Füllbrettern, Holzstäben, Acryl- oder Sicherheitsglas bestehen. Der *Krümmling* verbindet als Zwischenstück die inneren Wangen einer gewendelten Treppe. *Kropfstück* (Wangenkrümmung) nennt man den Wangenteil in der Krümmung des Treppenlaufs. Der Freiraum zwischen Treppenläufen und Podest heißt *Treppenaug*.

**Steigungsverhältnis.** Die Unfallsicherheit und Bequemlichkeit einer Treppe hängt weitgehend vom Steigungsverhältnis und von der Stufenhöhe ab. Die Höhe aufeinander folgender Stufen muss immer gleich bleiben – sonst besteht Stolpergefahr. Als Steigungsverhältnis



**Bild 10.168** Steigungsverhältnis und Neigung

- Stufenteile,
- Einteilung der Treppen nach der Neigung,
- Steigungsverhältnisse

bezeichnet DIN 18064 das Verhältnis von Steigung  $s$  (Stufenhöhe) zu Auftritt  $a$  (10.168a). Der Quotient aus  $s : a$  ist das Maß für die *Neigung*. Die Unfallgefahr wächst mit dem Neigungswinkel. Kellertreppen haben einen Neigungswinkel bis  $45^\circ$ , Wohnungstreppen nur

etwa 30° (10.168b). Um das günstigste Steigungsverhältnis einer Treppe zu ermitteln, gehen wir von der Schrittlänge eines erwachsenen Menschen aus (60 bis 65 cm). Das mittlere Schrittmass von 63 cm soll sich ergeben, wenn wir zur Auftrittsweite  $a$  2 Steigungen  $s$  addieren (10.168b).

Grundlage für die Ermittlung des Steigungsverhältnisses ist die Schrittmassformel

$$\frac{\text{Auftrittsweite} + 2 \cdot \text{Steigungshöhe}}{a + 2 \cdot s} = 630 \text{ mm}$$

#### Beispiel

Welche Auftrittsweite ist bei einer vorgegebenen Stufenhöhe (Steigung) von 170 mm zu wählen?

#### Lösung

$$a = 630 \text{ mm} - 2 \cdot s$$

$$a = 630 \text{ mm} - 2 \cdot 170 \text{ mm} = 290 \text{ mm}$$

**Tabelle 10.169** Treppenabmessungen (landesunterschiedlich)

Laufbreite (Mindestmaße)	in 1- bis 2-geschossigen Wohnhäusern 0,90 m in sonstigen Gebäuden mit mehr als 2 Vollgeschossen 1,00 m bei Keller- und Dachgeschosstreppen 0,80 m
Stufenhöhe	(Steigung) höchstens 19 cm
Auftrittsbreite	(Auftritt) mindestens 26 cm, bei Wendeltreppen und verzogenen Stufen im engsten Bereich gewendelter Treppen mindestens 10 cm
Lichte Durchgangshöhe	(Kopfhöhe) mindestens 2,00 m
Podest	(Treppenabsatz) nach 16 bis 18 Stufen; seine Länge muss mindestens gleich der Laufbreite, darf aber nicht kürzer als 1,00 m sein
Handlauf und Geländer	Mindesthöhe 0,90 m. Geländerhöhe 1,10 m, wenn die Absturzhöhe größer als 12,00 m ist und bei Innenseiten von Wendeltreppen
Öffnungen	in Geländern und Umwehrungen (z.B. lichter Abstand der Geländerstäbe) nicht breiter als 12 cm

Das Ergebnis unseres Beispiels ist z.B. das für Wohnungstreppen als günstig empfundene Steigungsverhältnis 170/290 mm. Dabei ist die Treppenneigung etwa 30°.

Für steile Treppen ergeben sich sehr schmale, für flache Treppen sehr breite Auftritte. Welches Steigungsverhältnis wir wählen, hängt vom Verwendungszweck der Treppe, der Art ihrer Benutzung, dem zur Verfügung stehenden Raum und der Geschosshöhe ab. Das Steigungsverhältnis einer Treppe darf sich auf der „Lauflinie“ nicht ändern.

**Vorschriften und Bestimmungen** über die Treppenabmessungen sind in den Bundesländern unterschiedlich. Tabelle 10.169 zeigt uns Beispiele.

**Treppenarten.** Für Holztreppe eignet sich festes Holz wie Eiche, Kiefer, Buche, Esche, Ahorn, Afzelia, Sipo, Iroko oder Kambala. Um ein übermäßiges Arbeiten des Holzes zu verhindern, soll die Holzfeuchte nicht mehr als 8 bis 10 % betragen. Verarbeiten wir bei den Treppenteilen Sperrholz, beträgt die Furnierdicke der Einzelstufe etwa 3 bis 6 mm. Da Holz ein brennbarer Werkstoff ist, gibt es für den Einbau von Holztreppen besondere Baurechtsbestimmungen.

Je nach Gestaltung der Stufen, Treppenwangen und den einzelnen Verbindungen der Treppenelemente unterscheidet man Block-, eingestemmte, eingeschobene und aufgesattelte Treppen.

**Blocktreppen.** Bei dieser ältesten Treppenart zeigen die massiven Stufen einen dreieckigen Querschnitt und sind auf Balken oder Trägern aufgelagert. Häufig werden die Stufen mit Holznägeln an der hinteren Kante befestigt, damit das Holz arbeiten kann (10.170a).

**Eingestemmte Treppen.** Die Stufen liegen in einzelnen Nuten der Treppenwangen und bestehen aus Trittstufe und Setzstufe (Futterstufe). Fehlt die Setzstufe, spricht man von einer halbgestemmten Treppe. Die eingestemmten Stufen liegen ca. 30 bis 50 mm unter der Wangenvorderkante. Tritt- und Setzstufen können miteinander vernietet sein, wobei die Trittstufe etwa 30 bis 40 mm über die Futterstufe ragt (Vortritt). Die Setzstufenverteilung dient einer besseren Stabilisierung der Treppe (10.170b). Gestemmte Treppen eignen sich für gerade, gewendelte oder Wendeltreppen.

**Eingeschobene Treppen.** Die Trittstufen sind in die Wangen eingegratet. Die Gratnut geht nicht durch; es bleibt ein Vorholz (Besteck) stehen, das die Tragfestigkeit vergrößert. Die Trittstufen reichen häufig bis an die Wangenaußenkante oder stehen vor (Nase) und werden dann abgefast oder abgerundet. Eingeschobene Treppen verschalt man an der Unterseite. Bei eingestemmtten und eingeschobenen Treppen sind die Stirnseiten der Trittstufen durch die Wangen verdeckt (10.170c).

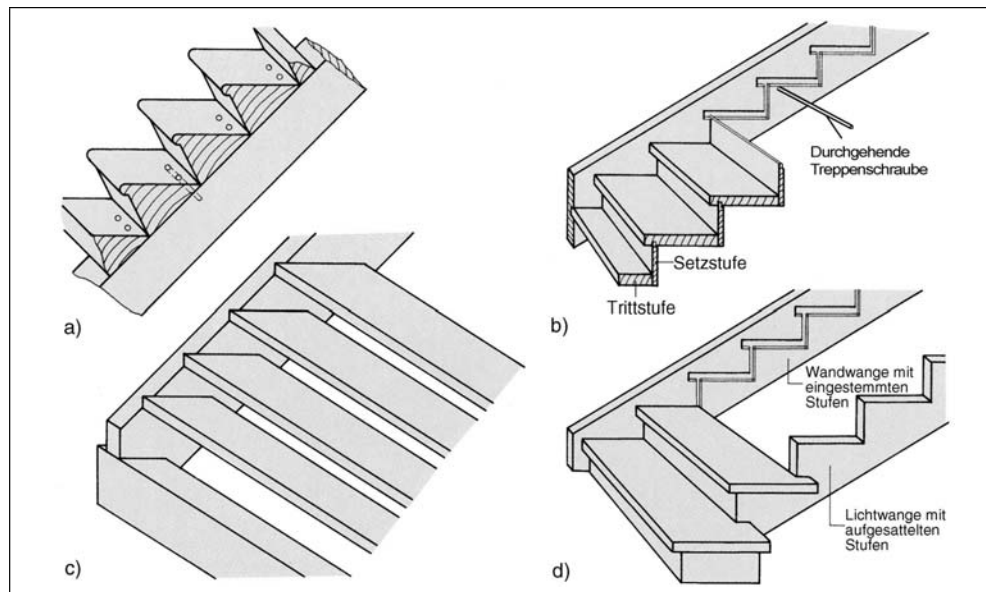
**Aufgesattelte Treppen.** Die Wangen werden hier treppenartig ausgeschnitten. Auf diesen Ausschnitten liegen die einzelnen Stufen. Werden die Wangen zu Tragholmen der Stufen, setzt man dreieckige Hölzer darauf. Es ist auch möglich, die Stufen auf die Freiwange zu dübeln oder aufzuschrauben und sie in die Wandwange einzustemmen (10.170d). Oft liegen die einzelnen Stufen lediglich auf einem Tragholm unter der Lauflinie (oder auf einem Doppelholz) und sind verschraubt.

Wir unterscheiden Block-, eingestemmtte, eingeschobene und aufgesattelte Treppen.

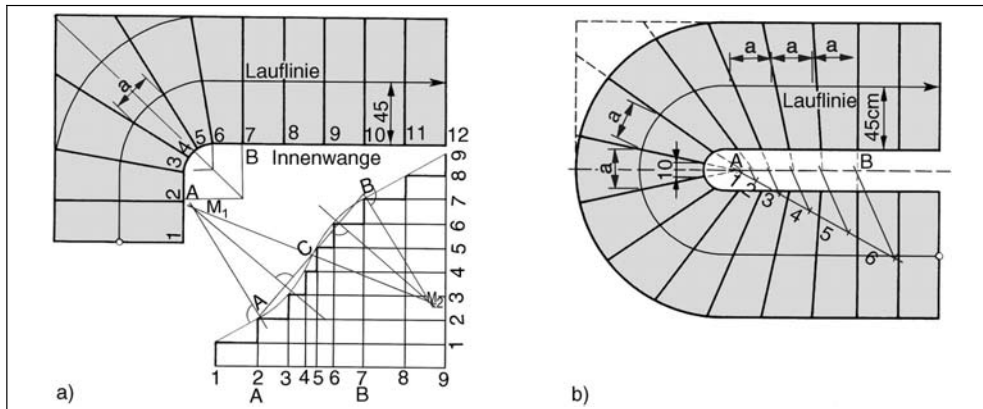
**Stufenverziehung.** Verläuft die Treppe nicht rechtwinklig, sondern gewandelt, müssen die Stufen allmählich der Wendung angepasst werden. Diese Veränderung der Stufen nennt man Stufenverziehung und konstruiert sie u.a. durch die Abwicklungsmethode (Steigungslinienverfahren) oder die Verhältnismethode (Proportionalteilung).

**Bei der Abwicklungsmethode** werden zunächst die geraden Stufen und Auftritte entlang der Lauflinie im Auf- und Grundriss eingezeichnet (10.171a). Wenn der Radius der Innenwange (Krümmungsmittelpunkt) bestimmt ist, werden im Grundriss die Vorderkante der ersten und letzten geraden Stufe festgelegt, mit Punkt *A* und Punkt *B* gekennzeichnet, durch eine Linie verbunden und in *C* das Mittellot darauf errichtet. Dieses Lot schneidet die Senkrechte von *A* im Punkt  $M_1$  (bzw. von *B* in  $M_2$ ). Schlagen wir um  $M_1$  und  $M_2$  jeweils Kreisbögen, schneiden ihre Schnittpunkte die Stufenhöhen und ergeben die Stufenvorderkanten.

10



**Bild 10.170** Treppenarten  
 a) Blocktreppe,  
 b) eingestemmtte Treppe,  
 c) eingeschobene Treppe,  
 d) aufgesattelte Treppe



**Bild 10.171** Stufenverziehung, a) Abwicklungsmethode, b) Proportionalteilung

**Proportionalteilung.** Die Eckstufe liegt in der Krümmung und ist an ihrem Kropfstück noch 10 cm breit. Die Vorderkante der ersten und letzten geraden Stufe werden verlängert (Punkt *B*). Ebenso verlängern wir die Vorderkanten der Eckstufe bis Punkt *A*. Der Abstand *A–B* wird danach im Verhältnis 1 : 2 : 3 : 4 geteilt (Stufenzahl). Die entsprechenden Punkte auf der Mittelachse werden mit den Punkten auf der Lauflinie verbunden (10.171b). Bei der Stufenverziehung müssen die Stufen auf der Lauflinie alle gleich breit sein.

Durch die Wendung wechselt die Gehrichtung einer Treppe. Der allmähliche Übergang der Stufen erfolgt durch ein Verziehen der Stufen. Dabei geht man nach der Abwicklungs- oder Proportionalteilung vor.

**Sicherheit.** Sorgfältiges Überlegen und Planen ist eine der wichtigsten Grundlagen im Treppenbau. Für die Sicherheit einer Treppe ist der Hersteller haftbar und sollte deswegen auf die Sicherheit größten Wert legen. Geringste Unfallzahlen haben nach einer Untersuchung der Berufsgenossenschaft gradlinige Treppen sowie Treppen mit gleichmäßiger Wendung (10.165a, e) ergeben. Höchste Unfallzahlen weisen 2-läufige Winkeltreppen mit Zwischenpodest (10.165b) auf.

• **Handläufe:**

- müssen die Verkehrssicherheit gewährleisten,
- sind für Treppen mit mehr als 4 Steigungen Pflicht,
- müssen griffsicher und biegefest sein,

- haben einen Abstand zur Wand größer 50 mm,
- sind an beiden Seiten bei einer Laufbreite größer als 2 m anzubringen,
- sollten generell bis über die letzte Stufe geführt werden,
- sollten möglichst durchgängig sein und nicht unterbrochen werden (z.B. Pfosten),
- haben eine Mindesthöhe von 0,90 m, bei einer Absturzhöhe über 12 m müssen sie mindestens 1,10 m sein,
- sollten für Seh- und Gehbehinderte am Ende Markierungen (Riffelungen, Ringe, Knöpfe) erhalten.
- Ein zweiter Handlauf ist für die Sicherheit von Kindern und alten Menschen in 0,60 m Höhe anzubringen. Dieser Kinderhandlauf ist in Kindertagesstätten Pflicht. Die lichten Öffnungen zwischen den stabilen Geländerstäben dürfen nicht mehr als 12 cm betragen (Kinderkopfgröße). Desgleichen muss der lichte Abstand zwischen den Trittstufen bei einer offenen Treppe auch weniger als 12 cm betragen.
- Der Freiraum zwischen Geländer und Treppe bzw. Podest muss so stark verringert werden, dass keine Absturzgefahr besteht, d.h. mit einer Kugel deren Durchmesser 12 cm beträgt prüfen!
- Das Überklettern von waagrecht verlaufenden Füllungen durch Kinder kann verhindert werden, durch die Anordnung von flächigen Füllungen bzw. den lichten Abstand kleiner als 20 cm ausgeführt wird

(kein Platz für die Zehen und somit Verhinderung des sog. „Leiter-Klettereffekt“. Wenn der Handlauf nach innen geneigt wird, bietet er Schutz gegen das „Überkopfhangeln“ von Kindern.

- Der An- und Austrittspfosten muss fest verankert sein.
- Eine Kopfhöhe von 2 m ist einzuhalten.
- Alle Treppenstufen sollten aus dem gleichen Material sein.
- Die Steigungshöhe ist über dem gesamten Treppenverlauf gleichmäßig zu halten.
- Ein ideales Steigungsverhältnis von  $2 \times 17 \text{ cm} + 1 \times 29 \text{ cm} = 63 \text{ cm}$  ist anzustreben.
- Die schmalste Auftrittsbreite bei gewendeten Treppen (Spickeltritt, Drachstufe) sollte 10 cm betragen (in 15 cm Entfernung von den Innenkante der Lichtwange gemessen).
- Das Tragverhalten der gesamten Treppe einschl. Geländer, Verankerung etc., welche nicht nach den „allgemeinen anerkannten Regeln der Baukunst“ gefertigt wird, muss durch eine statische Berechnung überprüft werden.

Entsprechend der Gebäude- und Treppenart ermittelt man die Steigungshöhe vorläufig und berechnet die Anzahl der Steigungen aufgrund der Geschosshöhe.

$$\text{Steigungsanzahl} = \frac{\text{Geschosshöhe}}{\text{Steigungshöhe}} \quad n = \frac{h}{s}$$

10

### Beispiel

Wie viel Steigungen und welche Steigungshöhe hat eine Kellertreppe in einem Zweifamilienhaus bei einer Geschosshöhe von 2,50 m? Gewählte Steigungshöhe 19 cm.

$$\text{Steigungsanzahl} = \frac{250 \text{ cm}}{19 \text{ cm}} = 13,2 \hat{=} \mathbf{13 \text{ Steigungen}}$$

$$\text{Steigungshöhe} = \frac{250 \text{ cm}}{13} = \mathbf{19,2 \text{ cm}}$$

Die endgültige Steigungshöhe wird also nach dieser Formel ermittelt:

$$\text{Steigungshöhe} = \frac{\text{Geschosshöhe}}{\text{Steigungsanzahl}} \quad s = \frac{h}{n}$$

Schrittmaßregel

2 Steigungen + 1 Auftrittsbreite = Schrittlänge

$$2s + a = 63 \text{ cm}$$

Bei bekannter Steigungshöhe können wir nach Umstellen der Schrittmaßformel; die Auftrittsbreite berechnen.

$$\text{Auftrittsbreite } a = 63 \text{ cm} - 2s$$

Das so berechnete Steigungsverhältnis kann mit der Bequemlichkeits- und der Gehsicherheitsformel geprüft werden.

Bequemlichkeitsformel:

$$\text{Auftrittsbreite } a - \text{Steigung } s = 12 \text{ cm}$$

Gehsicherheitsformel:

$$\text{Auftrittsbreite } a + \text{Steigung } s = 46 \text{ cm}$$

### Beispiel

Das Steigungsverhältnis einer Geschosstreppe in einem Gebäude mit mehr als zwei Wohnungen ist für eine Geschosshöhe von 2,50 m zu berechnen. Gewählte Steigungshöhe 18 cm.

$$\text{Steigungsanzahl} = \frac{h}{s} = \frac{250 \text{ cm}}{18 \text{ cm}} = 13,9$$

$$\hat{=} \mathbf{14 \text{ Steigungen}}$$

$$\text{Steigungshöhe} = \frac{h}{n} = \frac{250 \text{ cm}}{14} = \mathbf{17,9 \text{ cm}}$$

Auftrittsbreite nach der Schrittmaßregel

$$a = 63 \text{ cm} - 2 \cdot 17,9 \text{ cm} = 27,2 \text{ cm}$$

Prüfung nach der Bequemlichkeitsformel:

$$a = 12 \text{ cm} + 17,9 \text{ cm} = 29,9 \text{ cm}$$

Prüfung nach der Gehsicherheitsformel:

$$a = 46 \text{ cm} - 17,9 \text{ cm} = 28,1 \text{ cm}$$

Steigungsverhältnis nach der Gehsicherheitsformel

$$\frac{14 \text{ Stg}}{17,9/28}$$

Die berechnete Auftrittsbreite darf auf volle Zentimeter gerundet werden. Die Steigungshöhe ist dagegen mit der Millimeterangabe hinter dem Komma einzuhalten.

**Die Treppenauflänge** ist im Grundriss und Schnitt das horizontale Maß in Treppenmitte von der Vorderkante der Antrittstufe bis zur Vorderkante der Austrittstufe. Da die Austrittstufe bereits zur Decke des nächsten Geschosses gehört, hat jede Treppe einen Auftritt weniger als die Anzahl der Steigungen.

Anzahl der Auftritte = Anzahl der Steigungen - 1

Treppenauflänge = (Steigungsanzahl - 1) ·

$$\text{Auftrittsbreite } l = (n - 1) \cdot a$$

**Beispiel**

Berechnen Sie die Treppenlauflänge der Treppe.  
 Anzahl der Steigungen = 16  
 Steigungsverhältnis  $s/a = 17,2/29$  cm  
 Treppenlauflänge =  $(16 - 1) \cdot 29$  cm  
 = **4,35 m**

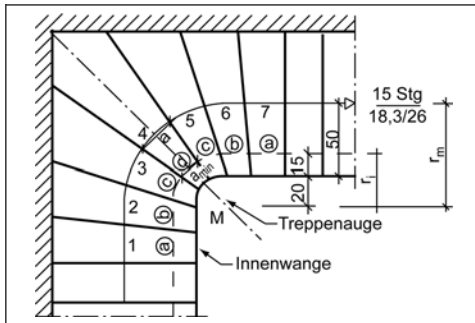
**Stufenverziehung.** Die Stufen sind so zu verziehen, dass ein allmählicher Übergang entsteht. Im Eckbereich soll die Trittstufenvorderkante nicht in die Wandecke führen, sondern möglichst deutlich davor liegen. Je größer die Zahl der verzogenen Stufen, desto weniger Sprünge entstehen im Treppenlauf und desto sicherer kann der Benutzer sie begehen. Eine Verziehung soll langsam zunehmen und nach der schmalsten Stufe wieder abnehmen.

Bei viertelgewendelten Treppen sind 7 Stufen (10.172), bei halbgewendelten Treppen 15 Stufen zu verziehen.

**Rechnerische Verziehung.** Mit dem Verhältnisteilungsverfahren (Proportionalitätsteilung) werden die Auftrittmaße der Wendelstufen an der Innenwange berechnet.

**Beispiel**

Für die viertelgewendelte Treppe in einem Gebäude mit Wohnungen sind die Auftrittmaße Ⓐ bis Ⓒ an der Innenwange für die 7 verzogenen Stufen zu berechnen. Das Steigungsverhältnis  $s/a$  ist 18,3/26 cm, der Radius des Treppenauges 20 cm.

**Bild 10.172** Viertelgewendelte Treppe

Zuerst wird die durch Stufenverziehung auszugleichende Differenz zwischen der Lauflinienlänge in Treppenmitte und im 15-cm-Abstand von der Innenwange berechnet.

$$r_m = 50 \text{ cm} + 20 \text{ cm} \quad r_i = 35 \text{ cm}$$

$$\Delta l = \frac{2 \cdot r_m \cdot \pi}{4} - \frac{2 \cdot r_i \cdot \pi}{4} = \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot (r_m - r_i)$$

**Differenz der Lauflinienlängen**

$$\Delta l = \frac{\pi}{2} \cdot (r_m - r_i)$$

$$\Delta l = \frac{\pi}{2} \cdot (50 \text{ cm} + 20 \text{ cm} - 35 \text{ cm})$$

$$= 54,98 \text{ cm} \hat{=} 55 \text{ cm}$$

Der vierte Auftritt, der in der Wandecke liegt, wird am stärksten verjüngt. Jeder folgende Auftritt davor oder dahinter wird um das Verjüngungsmaß  $\Delta a$  größer als der vorhergehende. Um das Verjüngungsmaß berechnen zu können, müssen wir erst die Summe der Verjüngungsteile bei 7 Stufen ermitteln.

Stufe	Verjüngungen	
	einzel	zusammen
1 und 7	1 Teil	$2 \cdot 1 = 2$ Teile
2 und 6	2 Teile	$2 \cdot 2 = 4$ Teile
3 und 5	3 Teile	$2 \cdot 3 = 6$ Teile
4	4 Teile	$1 \cdot 4 = 4$ Teile
Summe = 16 Teile		

$$\text{Verjüngungsmaß } \Delta a = \frac{\text{Differenz der Lauflinienlängen } \Delta l}{\text{Summe der Verjüngungsteile}}$$

$$\Delta a = \frac{55 \text{ cm}}{16} = 3,4 \text{ cm}$$

Auftrittmaße im 15-cm-Abstand von der Innenwange:

- Ⓐ 1. und 7. Stufe =  $26 \text{ cm} - 3,4 \text{ cm} = \mathbf{22,6 \text{ cm}}$
- Ⓑ 2. und 6. Stufe =  $26 \text{ cm} - 2 \cdot 3,4 \text{ cm} = \mathbf{19,2 \text{ cm}}$
- Ⓒ 3. und 5. Stufe =  $26 \text{ cm} - 3 \cdot 3,4 \text{ cm} = \mathbf{15,8 \text{ cm}}$
- Ⓓ 4. Stufe =  $26 \text{ cm} - 4 \cdot 3,4 \text{ cm} = \mathbf{12,4 \text{ cm} > \text{mind.} 10 \text{ cm}}$

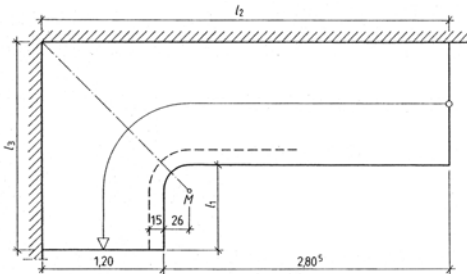
Ist der am stärksten verjüngte Auftritt im 15-cm-Abstand von der Innenwange  $< 10$  cm, muss die nächstgrößere Zahl an Stufen verzogen werden (z.B. 9 Stufen). Bei verzogenen Stufen ist die Auftrittsbreite  $a$  nicht gleich dem Bogenmaß der Lauflinie, sondern gleich der Sehne, die sich durch die Schnittpunkte der gekrümmten Lauflinie mit den Stufenvorderkanten ergibt (5.10).

**Übungsaufgabe 1**

Für die viertelgewendelte Linkstreppe (10.173) sind zu berechnen:

- a) das Steigungsverhältnis nach der Schrittmäßregel bei 17 Steigungen und einer Geschosshöhe von 3,00 m,
- b) die Auftrittbreiten der sieben gewendelten Stufen Ⓐ bis Ⓓ im 15-cm-Abstand von der Innenwange,

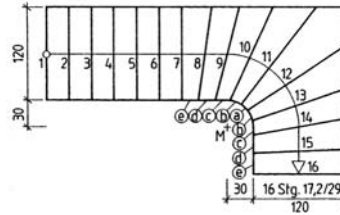
- c) die Lauflänge und die Treppenmaße  $l_1$  bis  $l_3$ .  
 d) Die Treppe ist im Grundriss M 1:20 auf einem DINA4-Blatt im Querformat zu zeichnen.



**Bild 10.173** Viertelgewendelte Treppe (Maße in m/cm)

### Übungsaufgabe 2

Für die im Austritt viertelgewendelte Rechtstreppe (10.174) sind die Auftrittsweiten der gewendelten Stufen an der Innenwange  $\odot$  bis  $\ominus$  zu berechnen. Es sollen 9 Stufen verzogen werden, wobei die schmäleste Stufe an der Innenwange 10 cm breit sein muss.



**Bild 10.174** Treppe (Maße in cm)

## 10.10 Montage- und Befestigungstechnik

Es entstehen immer wieder Sach- und Personenschäden, weil Bauelemente nicht fachgerecht befestigt wurden. Folgeschwere Schäden wären zu vermeiden gewesen, wenn der Ausführende über Kenntnisse der modernen Befestigungstechnik verfügt und die entsprechenden Vorschriften beachtet hätte.

Der Einbau von Bauelementen wie Fenster und Türen oder Decken- und Wandverkleidungen gehört in der Praxis zu den üblichen Montagearbeiten des Tischlers. Um die Elemente sicher zu befestigen und die auftretenden Lasten in den Baukörpern ableiten zu können, verwenden wir Dübel. Als Ankergrund finden wir unterschiedliche Baustoffe vor, die sich in Art und Beschaffenheit unterscheiden und entscheidend sind für die Auswahl des geeigneten Dübel systems. Ein Dübel der für den Einsatz in Beton bestimmt ist, kann nicht die gleichen Lasten aufnehmen wenn er für Porenbeton verwendet wird. In druckfeste Baustoffe wie Beton oder Vollziegel können hohe, in weniger druckfeste Baustoffe wie Porenbeton nur geringe Lasten eingeleitet werden.

*Beachte: Die Wahl des Dübels, ist immer abhängig vom vorhandenen Baustoff! Kein Dübel kann höhere Lasten übertragen als der Baustoff aufnimmt, in dem er verankert wird.*

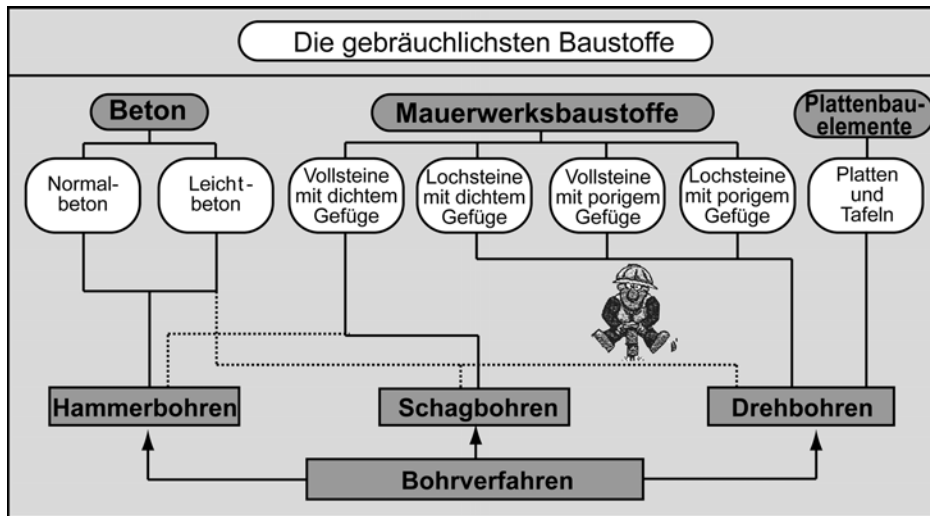
Folgende Fragen dienen der Arbeitsablaufplanung:

1. In welchem Baustoff muss verankert werden?
2. Welche Dübel wähle ich aus, unter Berücksichtigung des Baustoffs und der Belastung?
3. Mit welchem Bohrverfahren erstelle ich das Bohrloch?
4. Wie montiere ich das Bauelement?
5. Sind besondere Sicherheitsbestimmungen zu berücksichtigen?

### 1.1 Baustoff (Ankergrund):

Wir unterscheiden drei Hauptgruppen von gebräuchlichen Baustoffen:

- **Beton:** als Normalbeton oder Leichtbeton
- **Mauerwerk:** als Vollstein mit dichtem oder porigem Gefüge oder Lochstein mit dichtem oder porigem Gefüge
- **Platten oder Tafeln:** dünnwandige Baustoffe hauptsächlich für den Innenausbau mit meist geringer Festigkeit Abb. 10.174



**Bild 10.174** Gebräuchliche Baustoffe als Ankergrund

Beton kann als Normal oder Leichtbeton ausgeführt sein. Das Bindemittel ist immer Zement. Leichtbeton enthält jedoch Zuschläge wie Bims, Blähton oder Styropor, die die Druckfestigkeit beeinträchtigen. Die Kurzbezeichnung des Betons kennzeichnet die Druckfestigkeit. Ein häufig verwendeter Beton ist C25/30, der eine Druckfestigkeit von 25 N/cm<sup>2</sup> aufweist. (C = engl. concret = Beton).

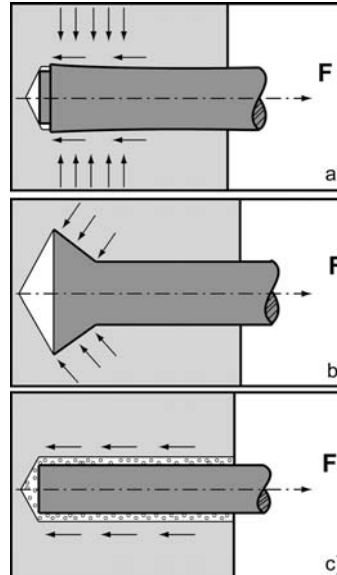
**Mauerwerk** ist ein Verbundwerkstoff aus Steinen und Mörtel. Die Druckfestigkeit der Mauersteine ist meistens höher als die des Mörtels. Die Verankerung sollte deshalb immer im Stein erfolgen und nicht in der Fuge.

**Plattenelemente** sind dünnwandige Baustoffe, die oft eine geringe Festigkeit aufweisen. Hier wählt man Dübel, die Kräfte formschlüssig einleiten. Diese Dübel verankern sich an der Plattenrückwand im Hohlraum (s.g. Hohlraumdübel)

**Dübelauswahl** wie wir gesehen haben, ist der Ankergrund wichtig für die Auswahl des geeigneten Dübels. Gleichzeitig muss aber auch die Last beachtet werden, die der Dübel auf den Ankergrund abgeben soll. Die Herstellerangaben dazu müssen unbedingt beachtet werden. Rand- und Achsabstand sind dem jeweiligen Dübeltyp entsprechend nach der Montageangabe einzuhalten.

Wirkungsweise der Dübelverbindung:

Um die am Dübel auftretenden Kräfte sicher in den Baustoff zu leiten unterscheiden wir drei Grundprinzipien (Abb. 10.175a – c):



**Bild 10.175** Wirkungsweise von Dübeln  
a) Reibschluss  
b) Formschluss  
c) Stoffschluss



**Reibschluss:** entsteht durch das Aufspreizen des Dübels beim Eindrehen der Schraube. Dadurch wird der Dübel an die Bohrwand gepresst; die dabei entstehende Reibkraft hält den Dübel im Baustoff. Die Beschaffenheit des Baustoffs und das Spreizvermögen sind wesentlich für die erreichbaren Haltekräfte. Weiche Baustoffe (z.B. Porenbeton) benötigen eine größere Aufspreizung als harte Werkstoffe (z.B. Beton). Kunststoffdübel spreizen sich durch das Eindrehen einer Schraube. Für hohe Belastungen verwendet man an Stelle der üblichen Kunststoffdübel Metalldübel, s.g. Schwerlastdübel. Eine Gewindeschraube spannt einen Konus, der den Dübel spreizt. Wegen der hohen Spreizkräfte im Baustoff sind bei Spreizdübel große Rand- und Achsabstände erforderlich.

**Formschluss:**

Der Dübel passt sich der Form des Bohrlochs bzw. des Untergrundes an. Wir wählen dieses Prinzip bei geringer Materialstärke, Hohlwänden, Lochsteinen oder wenn Spreizkräfte vermieden werden müssen (geringer Rand- oder Achsabstand)

**Stoffschluss:**

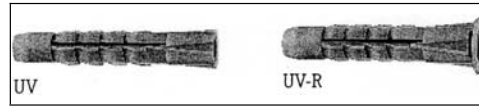
Mineralischer Mörtel oder Kunstharz verbindet sich mit dem Dübel und dem Ankergrund und bilden eine Brücke. Dabei entstehen keine Spreizkräfte, Rand- und Achsabstände können geringer gewählt werden.



**Bild 10.176** Standarddübel in Nylon  
a) Normallänge  
b) mit verlängertem Schaft (für Isolierwände, dicker Putz, Verkleidungen)

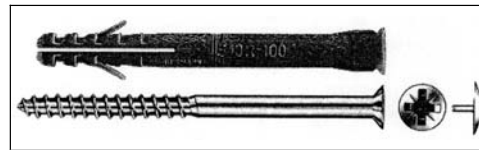
**Dübel für Reibschluss**

Die Standarddübel aus Nylon sind die am häufigsten eingesetzten Dübel, Durch Reibschluss entsteht eine kraftschlüssige Verbindung zum Ankergrund. Das Bohrloch muss immer tiefer als die Dübellelänge sein, da die Schraube beim Eindrehen um ca. einen Schraubendurchmesser übersteht. (Abb. 10.176) Mehrzweckdübel sind geeignet für Beton und



**Bild 10.177** Mehrzweckdübel für leichte und mittelschwere Befestigung, geeignet für alle Baustoffe

Vollziegel (Abb. 10.177) Rahmendübel besitzen einen langen Schaft mit einem Spreizteil. Die große Spreizzone erzeugt eine günstige Druckverteilung in Vollbaustoffen und ermöglicht in Lochsteinen die Verankerung in mehreren Steinsteigen. Sie eignen sich für das Befestigen von Profilen, Latten und Kanthölzern (Abb. 10.178)



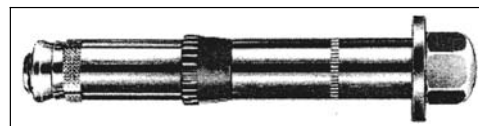
**Bild 10.178** Rahmendübel mit Lochschraube und Abdeckkappe.

Nageldübel eignen sich für die rationelle Schlagmontage von Rahmen, Latten und Sockelleisten. (Abb. 10.179)



**Bild 10.179** Nageldübel für rationelle Schlagmontage von Rahmen, Latten, Sockelleisten usw.

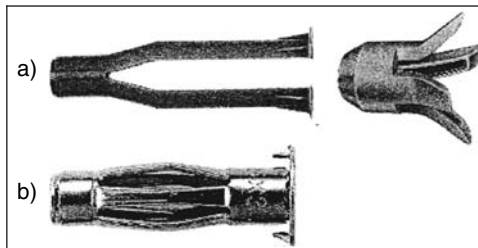
Schwerlastanker sind aus Stahl gefertigt und dienen für Verankerung schwerer Lasten in Beton sowohl in der Druck- als auch in der Zugzone. Beim Anziehen der Schraube spreizt sich die Metallhülse und bewirkt einen sicheren Kraftschluss. (Abb. 10.180)



**Bild 10.180** Schwerlastanker aus Metall

### Dübel und Anker für Formschluss

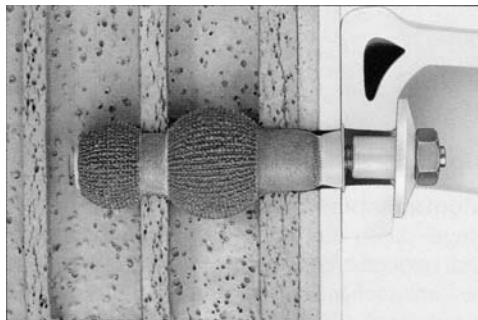
Diese Dübel dienen vor allem der spreizdruckfreien Befestigung in massiven und porösen Baustoffen. Sie passen sich durch Formveränderung beim Anziehen der Schraube dem Ankergrund an. Rand- und Achsabstände können gering gewählt werden. Hohlraumdübel sind für formschlüssige Verbindungen an Faserplatten, GK-Platten u.a. Platten geeignet. (Abb. 10.181)



**Bild 10.181** Hohlraumdübel, geeignet für Plattenbaustoffe  
a) Nylon  
b) Metalldübel mit metrischen Gewinde

### Dübel und Anker für Stoffschluss

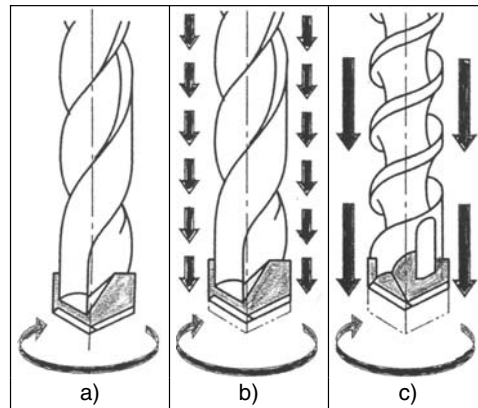
Diese Befestigungsmittel eignen sich insbesondere für die Befestigung schwerer Lasten an porösen Baustoffen oder Hohlbausteinen. Injektionsanker sind zum Befestigen von Bauelementen mit Durchsteckmontage geeignet. Die Befestigung erfolgt durch Auspressen des Ankerlochs mit einem hohlraumfüllenden Material (Mörtel, Kleber) Verbund wird über den eingegebenen Stoff hergestellt -es entsteht Stoffschluss (Abb. 10.182)



**Bild 10.182** Injektionssystem in Lochstein mit 2 K-Kunststoffmörtel

### Herstellen der Bohrung

In Abhängigkeit von der Beschaffenheit und Festigkeit des Baustoffs kommen drei unterschiedliche Bohrverfahren zum Einsatz (Abb. 10.183a – c):



**Bild 10.183** Bohrverfahren  
a) Drehbohrer b) Schlagbohrer  
c) Hammerbohrer

### Drehbohren

Bei diesem Bohrverfahren wird das Bohrloch ohne Schlagenergie hergestellt. Es wird bei leichten und porösen Baustoffen (Porenbeton) angewandt.

### Schlagbohren:

Das Bohrloch wird mit vielen kurzen Schlägen und hoher Umdrehung des Bohrers hergestellt. Das Verfahren ist für Vollbaustoffe mit dichtem Gefüge geeignet.

### Hammerbohren:

Der Bohrer arbeitet mit wenigen Schlägen und Umdrehungen je Zeiteinheit, dafür aber mit hoher Schlagenergie. Es dient für Bohren in Beton. Die Bohrlochtiefe muss bis auf wenige Ausnahmen größer als die Verankerungstiefe sein. Dadurch bleibt Platz für die eventuell austretende Schraube.

Bei wenig druckfesten Baustoffen und Baustoffen mit Hohlräumen wird in der Regel ohne Schlag gebohrt. Für einige Dübelverbindungen bestimmen Zulassungsvorschriften auch das Bohrverfahren.

**Montage:**

Wir unterscheiden folgende 3 Montagearten (Abb. 10.184a, b, c):

*Vorsteckmontage:*

Nach dem Herstellen der Bohrung wird der Dübel flächenbündig eingesetzt, anschließend erfolgt die Montage des Bauteils. Das Bohrloch im Verankerungsgrund ist größer als das Montageloch im anzuschließenden Bauteil. Angewendet bei Einzelmontage.

*Durchsteckmontage:*

Die Dübellöcher werden durch das Montage- teil in den Verankerungsgrund gebohrt.

Anschließend wird der Dübel mit seinem verlängerten Schaft durch das Montage- teil in das Bohrloch gesteckt und durch das Eindrehen der Schraube gespreizt.

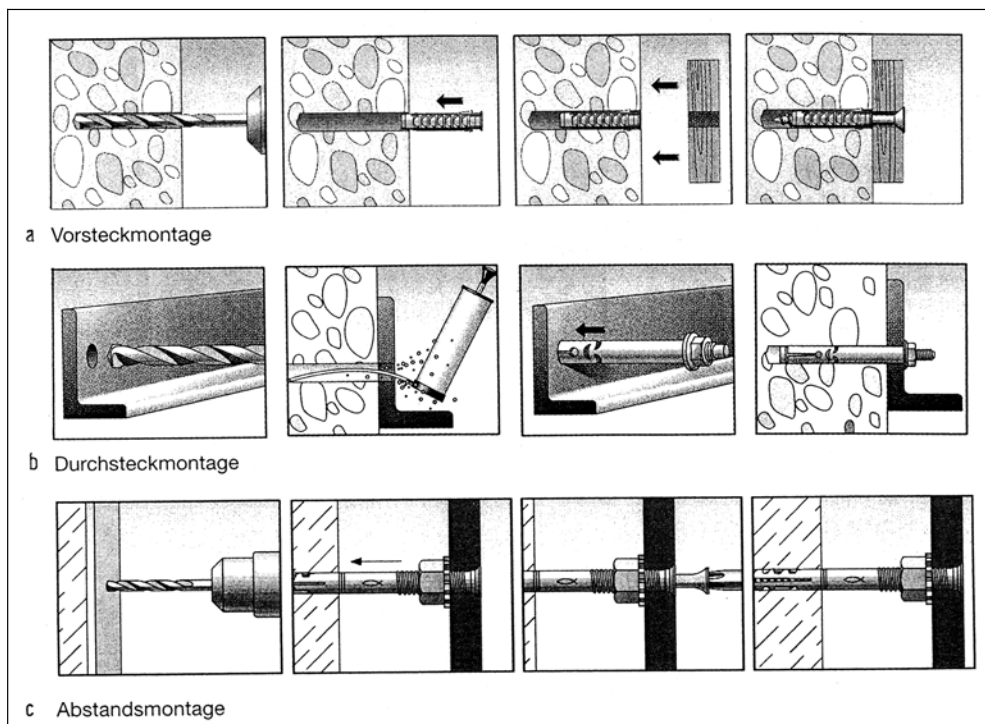
Angewendet bei Reihen- oder Flächenmontage

*Abstandsmontage:*

Das anzuschließende Bauteil soll mit einem bestimmten Abstand vor dem Verankerungs- grund montiert werden. Wir wenden diese Montage an, wenn Unterkonstruktion exakt zu justieren ist oder für Fassadenelemente. Die Abstandsmontage kann als Vorsteck- oder Durchsteckmontage ausgeführt werden.

*Montagehinweise:*

Die Technischen Merkblätter der Hersteller enthalten Angaben über Rand- und Achs- abstand der Dübel. Diese Angaben sind un- bedingt einzuhalten, um Abplatzen und Riss- bildung zu vermeiden und eine gute Tragfä- higkeit zu erreichen. Entscheidend für die Tragfä- higkeit eines Dübels ist außerdem die exakte Ausführung des Bohrlochs. Die Bohrung muss immer rechtwinklig zum Anbauteil sein, eine Richtungsänderung während des Bohrvorgangs



**Bild 10.184** Montageverfahren  
 a) Vorsteckmontage  
 b) Durchsteckmontage  
 c) Abstandsmontage





- Funktion** – Platzbedarf, Größenverhältnisse, Variabilität
- Technik** – Fertigungsprinzipien, Aufbau, Konstruktion
- Ästhetik** – Optik, Proportion, Farbe, gestalterische Besonderheiten
- Ökonomie** – finanzieller Aufwand, Fertigungstechnik
- Ökologie** – Material, Umweltverträglichkeit, Recycling

- Präsentieren Sie Ihre Arbeitsergebnisse der Klasse (Auftraggeber). Teilen Sie die Präsentationsbeiträge gruppenanteilig auf. Die gezeigte Teamfähigkeit hat für Ihren Auftraggeber einen hohen Stellenwert bei der Auftragsvergabe.

Die Geschichte des Messebaus lässt sich wie folgt kurz skizzieren. Am Anfang war der Messestand gleich zu setzen mit einem Marktstand, d.h. der Erlös für die verkauften Produkte füllte die Kasse und war beim Standabbau zählbar. Bis in die sechziger Jahre standen auf den Messen die Produkte selber im Vordergrund, Sie waren die eigentliche Sensation. In den folgenden Jahren bis hinein in die achtziger Jahre wurde der Messestand immer aufwendiger. Die Bemühungen richteten sich zunehmend darauf, die Produkte an einem möglichst aufwendigen und attraktiven Messestand anzubieten. Somit bekam der Messebau ein immer größeres Gewicht und wurde immer umfangreicher. Seit den Neunziger werden die Messestände durch attraktive Models, Animatoren und digitale Medienevents zusätzlich unterstützt, um die Neugierde der Besucher zu wecken. Somit stehen heute die Events im Mittelpunkt der Präsentation. Ziel ist es, die Produkte mit dem Messebau erlebnisorientiert zu vermitteln. Alle Sinne sollen durch den Messestand angesprochen werden. Hauptziel für den Messebau sollte aber das Prinzip sein, einen Ort für Kommunikation zu schaffen. Wichtig

bleibt dabei, dass der Messestand im großen Getümmel nicht übersehen wird, d.h. der Messebauer und Standgestalter brauchen Phantasie und können, langweilige Messestände zur Produktpräsentationen werden vom Messebauer nicht mehr verlangt. Gefragt wird eine gefühlsbetonte Kommunikationsvermittlung.

Wichtige Grundsätze sind für den Messebauer sind das Auffallen durch Farbe, Form und Material. Der Messebauplaner sollte folgende Planungskriterien berücksichtigen:

- Platz für Infomaterial,
- Stellfläche für Kühlschrank, Getränkelager,
- Spülbecken bei Bedarf,
- Zonen für Beratungsgespräche,
- Bedarfsfläche für die Anfertigung von kalten Platten, Kaffee, Tee,
- Anbringung von effektvoller Beleuchtung, Unterbringung Kabelstrang, etc.

Der Leitfaden für den Messebauer bedeutet einen Raum für Kommunikation und Information zu schaffen, welcher zeitlich begrenzt ist und auf beengter Fläche stattfindet.

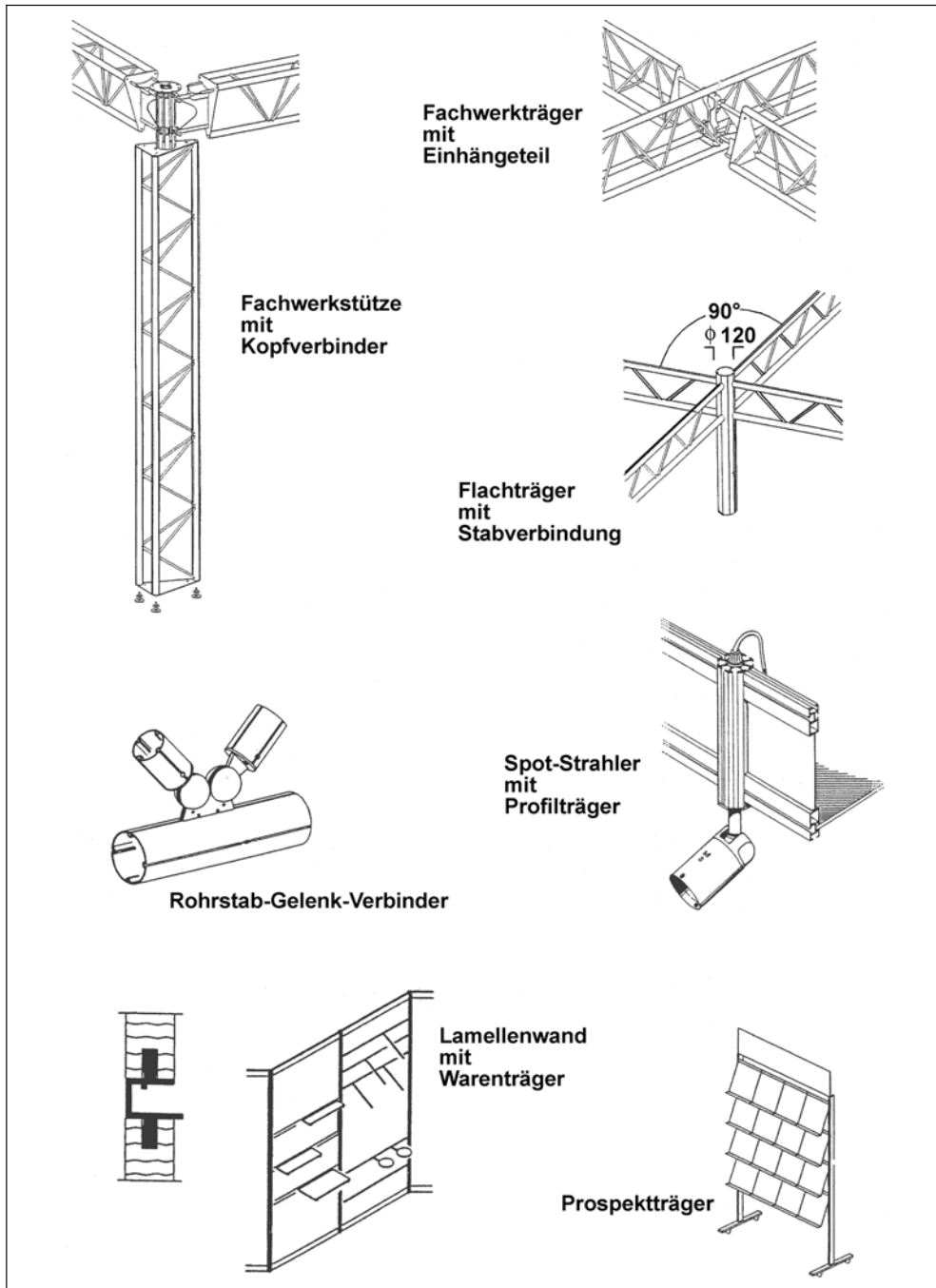


Bild 10.186 Ausstellungssysteme

Für den fachkundigen Messebauer bedeutet dies, dass er folgende fachliche Schwerpunkte beherrschen muss:

- Gefahrenlehre, ins. die Unfallverhütungsvorschriften,
- Geräte- und Werkstoffkunde, Systemkunde für standardisierte Messebausysteme,
- Farbenlehre und Gestaltung,
- Grundkenntnisse in Standsicherheit und Statik,
- Prüfung des Messestandes und Übergabe.

Heute gibt es große Anbieter von Ausstellungssystemen siehe Bild 10.186 welche durchdachte Fertigprodukte anbieten z.B.:

- räumliches Fachwerk bzw. Gitterträgerstrukturen, Trägerroste,
- Profilsysteme mit Stab- und Knotenverbindungen, d.h. großer Raumgewinn bei minimaler Belastung,
- Designbaukastensysteme für ansprechende Konstruktionslösungen,
- Leichtbauwandelemente, Lamellenwände zur Aufnahme von Warenträgern,
- durchdachte Waren- und Prospektträger etc.

Der Messestand sollte schnell auf- und abgebaut werden können. Die Stellwände, Fußbodenplatten usw. sollten für die Handlichkeit bzw. Beweglichkeit das Prinzip der „Ein-Mann-Tafel“ berücksichtigen, d.h. alleiniger Transport ist leicht möglich. Der Messebau ist in Roll-on/Roll-off-Qualität zu entwickeln, d.h. er lässt sich im Handumdrehen von der Werkstatt auf einen Laster laden und zum Messestand bringen, vorzugsweise in Rollcontainern. Die Ergonomie und die Ökonomie sind zu berücksichtigen. Der Messebauer sollte sparsam, aber doch wirkungskräftig mit dem Einsatz von Ressourcen auskommen. Das Prinzip der Nachhaltigkeit ist zu berücksichtigen. Die Messestandfläche sollte sich von der umgebenden Fläche abgrenzen. Der Messestand ist visuell reizvoll zu gestalten, aber auch ein haptisches (greifbares) Erleben des Materials ist zu ermöglichen und Verbindungen zwischen Messestand und Besucher zu schaffen.

Oberstes Ziel bei allen Ausstellungskonzepten sollte für den Messebauer die Sicherheit sein.

## 11 Betriebstechnik

### Arbeitsauftrag Nr. 103 Lernfeld LF 6,12

- Planen Sie Ihre Wunschwerkstatt. Die Abmessungen der zur Verfügung stehenden Halle betragen 40 m × 30 m. Orientieren Sie sich an Abbildung 11.11. Berücksichtigen Sie bei der Planung den Werkstatt- und den Kundenbereich, die Transportwege für An- und Abfahrt, Wirtschaftlichkeit sowie die nachhaltige Rohstoffverarbeitung.
- Planen Sie die Objekte (z.B. Maschinen) einzeln in entsprechendem Maßstab auf farbigem Papier/Karton um flexibel auf Änderungen im Grundriss reagieren zu können.
- Vervollständigen Sie mit den folgenden Fragen Ihre Lernkartei.
  1. Welche Bereiche gehören zur Betriebsanlage?
  2. Nach welchen Gesichtspunkten sind die Bereiche angeordnet?
  3. Welche Bedingungen sollen Lagerräume erfüllen?
  4. Was ist bei der Anlage des Schnittholzlagens zu beachten?
  5. Wonach wird ein Arbeitsplatz beurteilt?
  6. Nennen Sie einige Vorschriften, die bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes beachtet werden müssen.
  7. Wie werden moderne Fördermittel angetrieben?
  8. Welchen Vorteil bietet der Hängeförderer gegenüber dem Flurkettenförderer?
  9. Nennen Sie die hydraulisch betriebenen Fördermittel.
  10. Welche Möglichkeiten der Späneabsaugung gibt es?
  11. Warum hat die Frage des innerbetrieblichen Transports eine so große Bedeutung?
  12. Welche Möglichkeiten des Fertigungsablaufs gibt es?
  13. Was versteht man unter Mechanisierung und Automatisierung?
  14. Worin bestehen die Unterschiede im Fertigungsablauf zwischen einem spezialisierten und einem nicht spezialisierten Tischlerbetrieb?
  15. Schildern Sie den Arbeitsablauf im eigenen Ausbildungsbetrieb und vergleichen Sie ihn mit dem Ihrer Mitschüler.
  16. Welche Vorteile bietet die Teilspezialisierung?
  17. Erläutern Sie den Austauschbau und seine Vorzüge.
  18. Welche Vor- und Nachteile hat die spezialisierte Produktion?

Von alters her ist der Tischler ein „Handwerker“. Mit Hilfe seiner Werkzeuge verarbeitete er viele Jahrhunderte hindurch Holz auf Bestellung zu Einzeilmöbeln und Innenausstattungen. Erst die sprunghafte Bevölkerungszunahme im 19. Jahrhundert steigerte den Bedarf an preiswerten Einzeilmöbeln, der nur durch Einsatz von Maschinen zu decken war. Aus

der Einzelanfertigung wurde eine industrielle Massenproduktion, aus der Werkstatt eine Fabrik. Neue Werkstoffe wie die Furnier-, Span- und Faserplatten (Holzwerkstoffe) förderten diese Entwicklung. Heute kommt selbst eine kleinere Schreinerei nicht mehr ohne Maschinen aus, weil sie rationell (schnell und preisgünstig) arbeiten muss.

### 11.1 Betriebsanlage

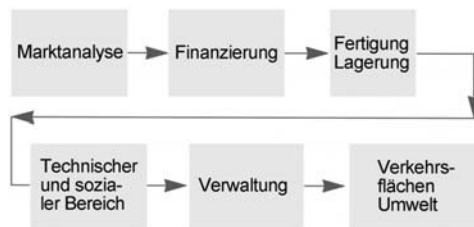
Die Anlage eines holzverarbeitenden Betriebs wird durch den rationellen Arbeitsablauf bestimmt. Lange Wege zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen sind unwirtschaftlich und stören den gesamten Arbeitsablauf. Vor jeder Betriebsgründung steht deshalb die Planung.

**Betriebsplanung** bedeutet die Berücksichtigung aller Informationen, die für das Errichten eines Betriebs nötig sind. Die Informationen bestehen aus *Vorgaben* (z.B. Grundstücksgröße, Verkehrsnetz) und aus *Annahmen*, die nur geschätzt werden können (z.B. Produktauswahl, Absatzmöglichkeiten, Verkaufspreise).

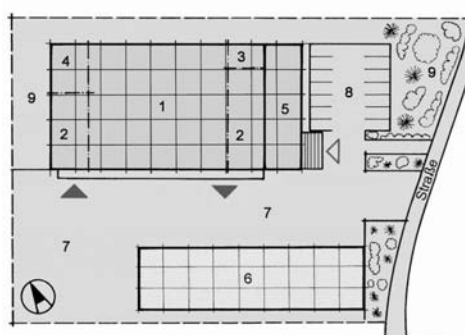


Alle Entscheidungen (z.B. welche Grundstücksfläche wie hoch überbaut wird) müssen aufeinander abgestimmt und in sich ausgewogen sein. Es wäre Unsinn, eine dreigeschossige Halle mit einer Grundfläche von 100 m × 50 m zu erstellen, um nachher mit 10 Mitarbeitern individuellen Möbelbau zu betreiben. Diese Erzeugnisse könnte sicher kein Mensch bezahlen.

**Planungsstufen.** Geplant wird in einer bestimmten Reihenfolge. Es wäre unlogisch, sich über das Fertigungsprogramm und den Fertigungsablauf Gedanken zu machen, wenn Absatzmarkt und Finanzierung noch nicht geklärt sind.



**Durch Marktanalyse** wird festgestellt, welche und wie viele Produkte absatzfähig sind, d. h. sich direkt oder über den Fachhandel verkaufen lassen. Durch Analyse des Arbeitsmarkts ist zu ermitteln, welche und wie viel Arbeitskräfte am Ort verfügbar sind.



**Bild 11.1** Betriebsanlage (M 1:500)

- 1 Fertigungsbereich
- 2 Lagerräume
- 3 technischer Bereich
- 4 sozialer Bereich
- 5 Verwaltung
- 6 Schnittholzlager
- 7 Verkehrsbereich
- 8 Parkflächen
- 9 Grünflächen

**Der Finanzierungsplan** sagt aus, wie viel Eigenkapital vorhanden ist und welches Fremdkapital zu welchem Zinssatz in welchem Zeitraum zurückgezahlt werden muss.

Nun erst geht es an die Planung der Betriebsanlage.

**Der Fertigungsbereich** ist Mittelpunkt der Anlage, das Herz des Betriebs. Hier wird an Bänken und Maschinen produziert. Das Material wird zugeschnitten, gelangt in die Maschinen- und Bank-Werkstatt und nach der Oberflächenbehandlung ins Fertiglager bzw. zur Montage. Der *Maschinenaufstellungsplan* richtet sich nach dem Fertigungsablauf. Er muss die unterschiedlichen Stückzahlen der verschiedenen Produkte und ihre Bearbeitungszeiten berücksichtigen. Die Maschinen sollen möglichst ausgelastet, die Transportwege dazwischen kurz sein. Bild 11.1 zeigt die sinnvolle Anordnung einer Betriebsanlage.

**Die Lagerräume** sind den Fertigungsräumen zugeordnet, so dass keine langen Wege nötig sind. Die Lagergüter sind übersichtlich und geordnet aufzubewahren. An- und Auslieferung sollen reibungslos vor sich gehen. Verkehrs- und Fluchtwege sind freizuhalten, Fluchtwege deutlich zu kennzeichnen. Je nach Art des Lagerguts stellt der Gesetzgeber besondere Anforderungen an die Bauausführung, Installations- und Klimatechnik.

#### Beispiel

Das Furnierlager sollte klimatisiert sein.

In der industriellen Fertigung setzt man Hochregallager ein, wo das Lagergut über elektronisch gesteuerte Anlagen ein- und ausgestapelt wird. Nach den Lagergütern unterscheiden wir

- das Rohstofflager (Platten und Schnittholz),
- das Fertigteillager (Halbfabrikate, Beschläge und Schrauben)
- das Endlager (Fertigprodukte).

**Das Schnittholzlager** im Freien wird in Hauptwindrichtung und in geschützter Lage errichtet. Es sollte Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz (Straße, Bahn) haben. Für Stapler oder Kräne sind entsprechende Fahrstraßen einzuplanen. Die Hölzer lagert man nach Art und Dicke getrennt. Der Unterbau des Lagerplatzes soll trocken (Regenwasserab-

fluss), sauber und in den Verkehrsbereichen möglichst befestigt sein.

**Der technische Bereich** umfasst die Räume mit den technischen Anlagen (Heizung, Absaugung und Späneverwertung, Luft- und Wasserver- und -entsorgung).

**Zum sozialen Bereich** gehören Aufenthalts-, Wasch- und Duschräume, evtl. auch ein Sanitätsraum sowie Toiletten. Zahl und Größe dieser Räume richten sich nach der Anzahl der Mitarbeiter. Für Frauen und Männer sind getrennte Waschräume und Toiletten vorzusehen.

**Zu den Verkehrsflächen** gehören neben den Lagerplatz-Erschließungsstraßen alle innerbe-

trieblichen und fertigungsbedingten Wege und Flächen (z.B. zum Beladen und Abtransport durch Lkw oder Container). Für Kunden und Mitarbeiter sind Parkflächen einzuplanen.

**Grünflächen** in der Betriebsanlage erfreuen nicht nur Kunden und Mitarbeiter, sondern auch die Nachbarn. Oft erfüllt die Bepflanzung um die Fertigungshalle auch Lärmschutzaufgaben. Verwahrloste Grünflächen sind jedoch keine gute Werbung!

Eine sinnvoll geplante Betriebsanlage spart Wege und Zeit.

Ein richtig angelegtes, ordentliches Lager spart Verluste.

## 11.2 Arbeitsplatz

Zum Wohl und Schutz des Arbeitnehmers gelten Gesetze und Vorschriften für die Gestaltung und Einrichtung der Arbeitsplätze. Dazu gehören:

- das Betriebsverfassungsgesetz,
- die Arbeitsstättenverordnung,
- das Arbeitssicherheitsgesetz,
- die Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe,
- das Gesetz über gesundheitsschädliche oder feuergefährliche Arbeitsstoffe,
- das Jugendarbeitsschutzgesetz,
- die Unfallverhütungsvorschriften.

**Betriebsverfassungsgesetz.** Bei der Planung von Neu-, Um- oder Erweiterungsbauten, technischen Anlagen, Arbeitsverfahren und -abläufen sowie Arbeitsplätzen muss nach § 90 des Betriebsverfassungsgesetzes der Betriebsrat unterrichtet und zu Rate gezogen werden. Die Qualität des Arbeitsplatzes wird nach drei Gesichtspunkten beurteilt (11.2).

Mit der optimalen Gestaltung des Arbeitsplatzes versucht man zwei Ziele zu erreichen:

- Wirtschaftliches Ziel. Der Arbeitnehmer soll möglichst zweckmäßig mit Werkzeugen, Werkstoffen und Hilfsmitteln umgehen, d.h. in einer vorgegebenen Zeit eine große Menge von Erzeugnissen mit den geforderten Eigenschaften herstellen.
- Humanitäres Ziel (menschensfreundliches Ziel). Der Arbeitnehmer soll dieses Ziel möglichst kraftsparend, ohne Überbelastung erreichen und dafür eine angemessene Vergütung erhalten.

**Arbeitsstätten Verordnung.** Damit diese Ziele nicht zu einseitig unter wirtschaftlichem Gesichtspunkt betrachtet und ausgelegt werden, enthält z.B. die Arbeitsstättenverordnung klare Aussagen:

- In den Arbeitsräumen muss ausreichend gesundheitlich zuträglich *Atemluft* vorhanden sein.
- Die *Raumtemperatur* muss gesundheitlich zuträglich sein.

**Tabelle 11.2** Qualität des Arbeitsplatzes

Umgebung	Betriebsmittel (Maschinen, Werkzeuge)	Innerbetriebliche Arbeitsorganisation
Beleuchtung, Lärm, Klima, Vibration, Staub, Dämpfe, Gase	Anpassung an Körpermaße Lage im Seh- und Griffbereich Sicherheit	Arbeitszeitregelung Arbeitsablauf (Fertigungsweise) Leistungsvorgabe und -erfassung

- Türen mit Glaseinsätzen müssen *Schutzvorkehrungen* haben.
- Fußböden dürfen keine *Stolperstellen* haben.
- Je nach Betriebsart sind höchstzulässige Schallpegelwerte (*Lärmschutz*) festgelegt.
- Arbeitsräume müssen eine *Mindesthöhe* haben (bei einer Grundfläche von 10 m<sup>2</sup> mindestens 2,75 m).

### Die Arbeitsplatzgestaltung

- hat ein wirtschaftliches und ein humanitäres Ziel.
- unterliegt Auflagen der Arbeitsstättenverordnung.

## 11.3 Förder- und Transportvorrichtungen, Spänebeseitigung

Bei jedem Arbeitsgang im Betrieb, ob an der Hobelbank oder an der Maschine, muss das Werkstück nicht nur bearbeitet, sondern auch aufgenommen, abgelegt und weggetragen werden. Diese Tätigkeiten gehören nicht unmittelbar zur Werkstückbearbeitung und sind daher nach REFA (Reichsverband für Arbeitszeitstudien) *Nebentätigkeiten*. Der Kosten aufwand für diese „unproduktiven“ innerbetrieblichen Transporte macht bis zu 50 % der Gesamtlohnkosten aus! Deshalb ist jeder Betrieb bestrebt, die Transportzeiten durch einen rationalen Arbeitsablauf von Maschine zu Maschine zu verringern.

**Welche Transportmittel für welchen Zweck?** Die Antwort richtet sich nach den betrieblichen Gegebenheiten: nach dem Fabrikationsprogramm, der Fördermenge (Stückzahlen), den Räumlichkeiten, Wegen und Gebäudehöhen. Der Antrieb geschieht durch Muskelkraft, elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch. Die 4 Kernfragen zum Werkstücktransport lauten:

1. **Was** soll transportiert werden? (Material)
2. **Wohin** soll es transportiert werden? (Wege, Raumverhältnisse)
3. **Wann** soll es transportiert werden? (Lagerhaltung, Zwischenlager)
4. **Womit** soll es transportiert werden? (Fördermittel)

Zu unterscheiden sind:

<b>Flurförderer</b>	<b>Stetigförderer</b>
– Transportwagen	– Hängeförderer
– Plattenroller	– Rollen- und
– Etagenwagen	– Röllchenförderer
– Hubwagen	– Flurkettenförderer
– Gabelstapler	– Plattenbandförderer
	– Fließbänder

### Hebezeuge

- Hebebühnen
- Hubtische
- Kräne

### Rutschen

### Vorschubapparate und Beschickungseinrichtungen

Vor allem werden in den Betrieben des handwerklichen und industriellen Möbelbaus Flurfördermittel eingesetzt.

Transportwagen sind sehr flexibel und auf kleinstem Raum einsetzbar, wenn sie mit vier Lenkummirollen ausgestattet sind (11.3). Anordnung und Größe (Durchmesser) der Räder

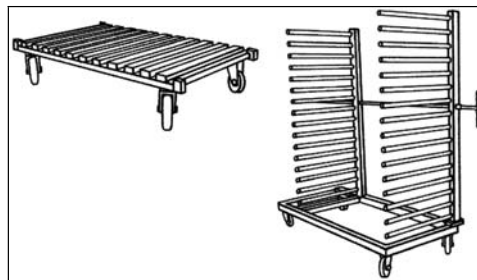


Bild 11.3 Transportwagen

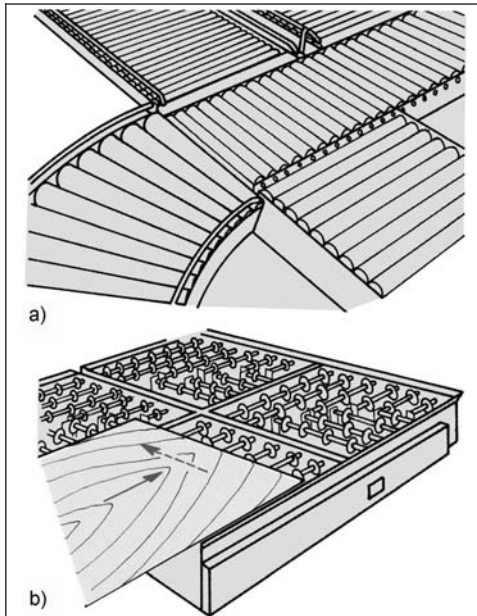
sind wichtig, denn sie werden am stärksten belastet. Jeder Arbeitnehmer sollte einen vollbeladenen Wagen noch allein transportieren können.

**Plattenroller und Etagenwagen.** Der zwei-rädrige Plattenroller dient zum Transport einzelner Platten. Den Etagenwagen setzt man häufig zur Aufnahme und zum Transport frischlackierter Korpusteile in der Serienfertigung ein.

**Der Hubwagen** arbeitet hydraulisch. Er hebt Lasten bis zu mehreren Tonnen auf Paletten und transportiert sie.

**Den Gabelstapler** verwendet man besonders im Plattenlager und auf dem Schnittholzplatz zum Be- und Entladen. Es gibt Front- und Seitenstapler; beide arbeiten hydraulisch.

**Hängeförderer** finden wir vorwiegend in der Großserienfertigung. Ihr Vorteil besteht darin, dass sie mit einer umlaufenden Kette *über dem* teuren Arbeitsraum fördern, also keine Flurwege brauchen. Sie werden in der Lackierung eingesetzt und zum Transport von einer Fertigungshalle zur anderen.

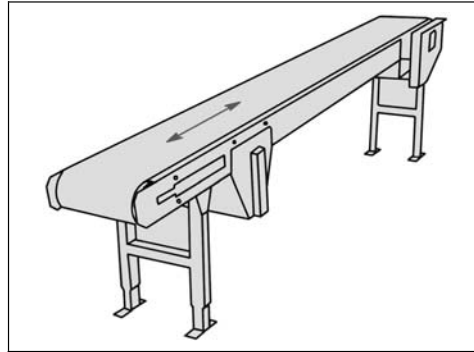


**Bild 11.4** a) Rollenbahnen,  
b) Röllchenbahn (180°-Umlenkung)

**Auf Rollen- und Röllchenbahnen** lassen sich einzelne Werkstücke oder ganze Stapel manuell schieben oder sie fördern die Last durch Schwerkraft selbst. Über querverfahrbare Gleiswagen können die Bahnen gewechselt und die Wagen zur nächsten Bearbeitungsstelle transportiert werden (11.4). Rollen- oder Röllchenbahnen brauchen eine Auslaufsperr. (*Warum?*)

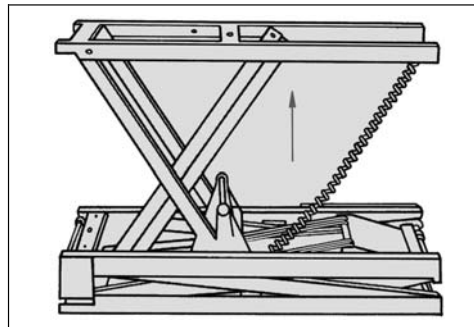
**Bei Flurkettenförderern** ist die Transportkette im Flurboden eingelassen. Einzelne Rollwagen werden über Mitnehmerbolzen transportiert und über Weichen selbsttätig zum nächsten Arbeitsplatz gebracht.

**Plattenbandförderer und Fließbänder** werden elektrisch betrieben und vor allem bei der Fertigungskontrolle, Nacharbeit, Endmontage und Sortierung eingesetzt (11.5).



**Bild 11.5** Bandförderer

**Hebebühnen und Hubtische** werden in Laderampen eingebaut (Be- und Entladen) oder in der Fertigung eingesetzt (Heben und Senken z.B. von Plattenstapeln bei vollautomatischer Beschickung und Abnahme, 11.6).



**Bild 11.6** Hebebühne

**Der fahrbare Hängekran** wird beim Platten- und Vollholzzuschnitt eingesetzt. Eine elektrisch betriebene *Laufkatze* mit Haken, Plattengreifer oder Vakuumsaugheber kann quer und längs verfahren werden.

**Rutschen** erleichtern den manuellen Transport z.B. von Schränken. Voraussetzung ist, dass die Rutschen oberflächenbehandelt sind. (*Warum?*) Vorschubapparate und Beschickungseinrichtungen sind selbstständige Geräte, die vorsortierte einzelne Werkstücke in meist

regulierbaren Geschwindigkeiten den Bearbeitungsstellen zuführen.

**Spänebeseitigung.** Der Fachausschuss Holz der Holz-Berufsgenossenschaft hat in einer Sicherheitsregel die sicherheitstechnischen Anforderungen an Absaug- und Abscheideanlagen für Holzstaub und Holzspäne festgelegt. Von Holzstaub und Holzspänen gehen drei Gefahren aus:

- Brand- und Explosionsgefahr,
- Verletzungsgefahr (Augen),
- Gesundheitsgefahr (z.B. Allergien, Geschwulstbildung in den Atmungsorganen).

Nach der Einstufung von Eichen- und Buchenholzstaub in die Gruppe III/A1 der MAK-Werte-Liste (**maximale Arbeitsplatz-Konzentration**) darf die Staubkonzentration der Atemluft am Arbeitsplatz beim Verarbeiten von Buchen- und Eichenholz den Wert von  $2 \text{ mg/m}^3$  bzw.  $5 \text{ mg/m}^3$  im Gesamtstaubgemisch nicht überschreiten.

In der Regel sind die Maschinen bereits mit wirksamen Späneabsauganschlüssen ausgestattet (11.7). Für Neuanlagen geben die Sicherheitsregeln Mindestabsaug-Geschwindigkeiten für die Anschlussstelle und die folgende Förderleistung vor.

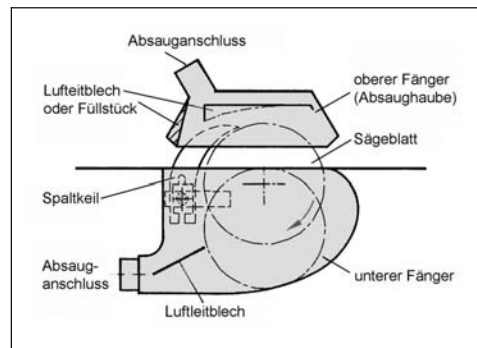
#### Beispiel

20 m/s für Holzstaub, Hobel- und Feinspäne

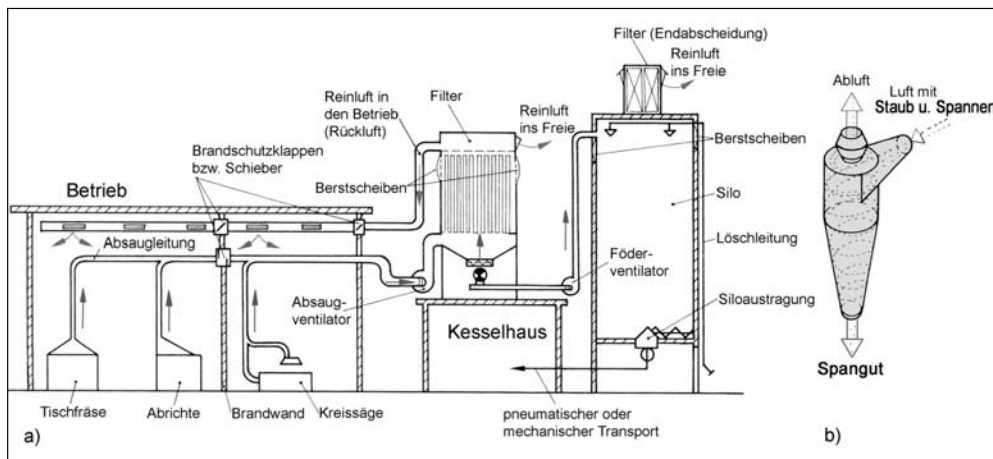
Bei **Abscheidern (Zyklonen)** wird der Staub über Flieh- und Schwerkraft von der Luft

getrennt (11.8b). Die Späne fallen nach unten und sammeln sich im Bunker (Silo). Zyklone eignen sich nur bei geringem Staubanteil im Abfallgemisch. Wirksamere Abscheider arbeiten mit hintereinander geschalteten Filtern aus Baumwoll- und Kunststoffgeweben (Teflon), durch die die Staubluft hindurchströmt (11.8a). Der feine Staub bleibt im Gewebe hängen und wird später durch Rütteln herausgelöst, in Kunststoffsäcken gesammelt und beseitigt. Moderne Filteranlagen reinigen die Gewebbahnen selbsttätig.

**Bei festen Sammel- und Lagereinrichtungen (Silos)** für Staub und Späne ist der Brandschutz besonders zu beachten. Es wird empfohlen, die Anlagen nachzurüsten bzw. bei Neuanlagen mit



**Bild 11.7** Späneabsauganschlüsse einer Tisch- und Formatkreissäge



**Bild 11.8** a) Absauganlage mit Filter und Silo, b) Fliehkraftwirkung beim Zyklonenabscheider

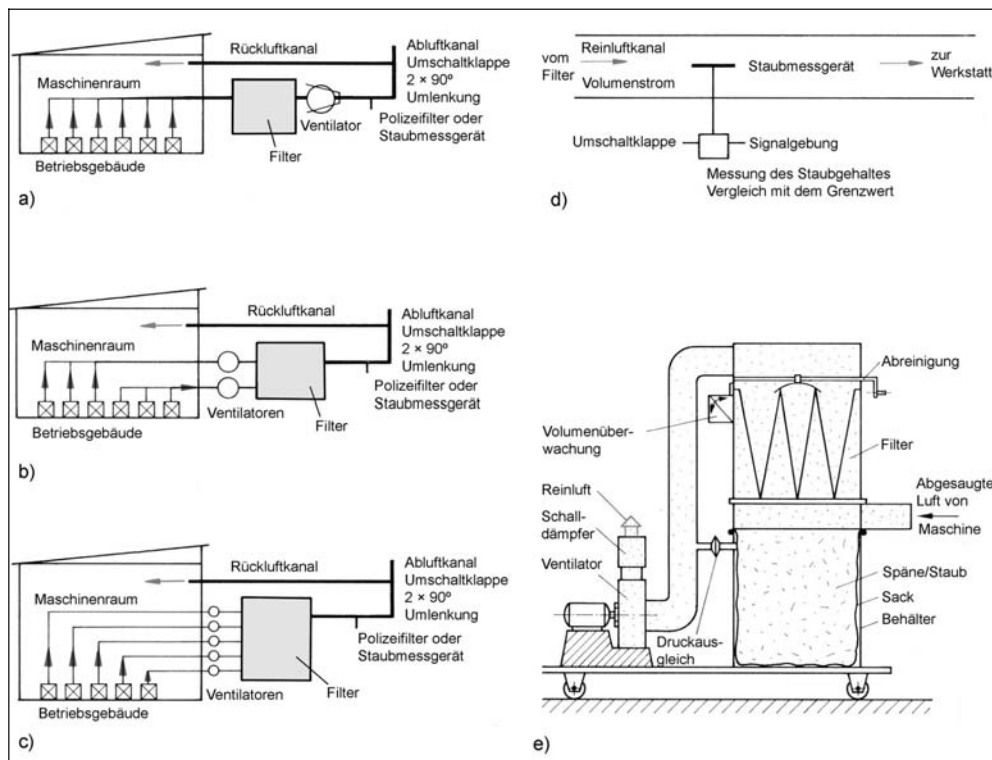
Druckentlastungs- (Berstscheiben) und Feuerlöscheinrichtungen (Wasser und Schaum) zu versehen. Sind im Kleinbetrieb keine Silos vorhanden, sondern werden Staub und Späne in den Arbeitsräumen gesammelt und gelagert, müssen die Vorschriften der Holzberufsgenossenschaft über Art und Volumen der Behältnisse beachtet werden (11.9e). Aus Gründen der Energieersparnis wird die gefilterte Luft in die Arbeitsräume zurückgeführt. Der Reststaubgehalt der zurückgeführten Umluft darf  $0,2 \text{ mg/m}^3$  (nach BG-H1/H3) nicht überschreiten. Bei Abluft ins Freie darf ein Reststaubgehalt von  $20 \text{ mg/m}^3$  nicht überschritten werden.

**Absauganlagen** im Tischlerbetrieb arbeiten als Zentral-, Einzel- oder Gruppenabsaugung (11.9). Sie erfüllen folgende Aufgaben:

- Absaugen, Fördern, Hacken,
- Bunkern, Filtern, Lufrückführung,
- Späneaustragen, Heizen,
- Rauchgasreinigung (Umweltschutz).

Abgesaugte und gelagerte Späne kann man zur Energiegewinnung verheizen. Dabei sind die Vorgaben der TA Luft (= Technische Anweisung) hinsichtlich der Emissionswerte zu beachten. Die gewonnene Wärmeenergie lässt sich für das Betriebsgebäude oder eine Trockenkammer nutzen.

*Brikettierpressen* bieten eine weitere Möglichkeit, den Abfall umweltfreundlich zu nutzen. Sie pressen die trockenen Späne unter hohem Druck zu Strängen. Grobholzabfälle müssen dazu erst in Restholzerkleinern zerspant werden.



**Bild 11.9** Späne- und Staubabsaugung mit Lufrückführung  
a) Zentralabsaugung mit Lufrückführung, b) Gruppenabsaugung mit Lufrückführung  
c) Einzelabsaugung mit Lufrückführung, d) Staubmessgerät im Reinluftkanal  
e) Ortsbewegliche Einzelabsaugung (schematisch)

**Mobile Druckluft- Kompressoren** werden heute in vielen Betrieben für das Arbeiten mit Kartuschenpistolen, Bohrmaschinen, Farbspritzpistolen, Kombiaglern, Schlagschraubern, Klammergeräten etc. eingesetzt. Diese Geräte benötigen wenig Platz und können leicht transportiert werden. Für den Betrieb kleiner Kompressoren (z.B. eines Klammergerätes) reicht eine Füllleistung ab 50 l/min. Werkzeuge mit größerem Druckluftbedarf (z.B. Lackierpistolen, Meißel) benötigen Kompressoren mit mindestens 155 l/min Füllmenge. Die meisten Druckluftwerkzeuge müssen mit Pneumatiköl geschmiert werden und bedürfen der ständigen Wartung. Die Wartung mit Filterdruckminderer und Nebelöler stellt die ideale Lösung dar.

**Vorteile:**

- keine Explosionsgefahr, da Luft nicht brennbar ist
- keine Funkenbildung im Antrieb
- universell einsetzbar für zahlreiche Geräte
- Arbeitsdruck und Arbeitsgeschwindigkeit sind stufenlos regulierbar
- Überbelastung führt nicht zu Schäden an Werkzeugen und Drucklufterteilen
- Einfach speicher- und transportierbar (in Druckluftbehältern)
- keine Rückleitungen erforderlich

- nicht gesundheitsschädlich
- nicht umweltschädlich

**Nachteile:**

- teurerer Energieträger, da Strom für die Druckluftherstellung benötigt wird und Energie als Wärme- und Reibungsverlust verloren geht
- ungleichmäßige Leistung druckluftbetriebener Werkzeuge und Anlagen
- nicht für sehr langsame Antriebe geeignet
- aufwendige Wartung ( Die Luft muss gereinigt, Kondenswasser entzogen und evtl. mit Ölnebel versetzt werden)
- evtl. Belästigung durch ausströmende kalte Luft mit verbundener Geräuschbelästigung
- Betriebsgeräusch des Kompressors

Der TÜV überwacht die Kompressoren entsprechend der Druckbehälterverordnung. Das Druckinhaltsprodukt (DIP) errechnet sich aus dem Behältervolumen (in Litern) multipliziert mit dem Wert für den max. Druck. Kompressoren bis 200 l DIP unterliegen keiner Prüfung. Kompressoren Größer als 200 l DIP bis 1000 l DIP unterliegen der TÜV- Abnahme. Ab 1000 l DIP muss die Aufstellung der stationären Anlage bei der Installation durch einen Sachverständigen erfolgen. Dieser führt auch nachfolgende Prüfungen in festgelegten Abständen durch.

## 11.4 Fertigungsablauf

Die Fertigung ist nach Art des Betriebs und der Produktion in einzelne Aufgaben- und Verantwortungsbereiche geteilt. Wir unterscheiden:

**nach der Produktion**

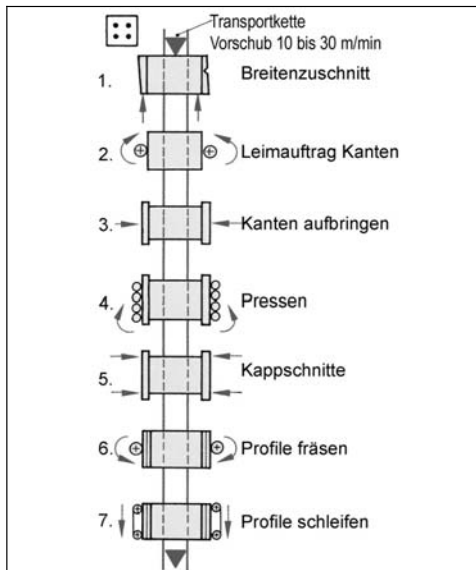
- Fertigung auf Bestellung
- lagerorientierte Fertigung
- Ein- und Mehrproduktfertigung

**nach dem Fertigungsablauf**

- Bandfertigung (große Betriebe mit kleinem Sortiment)
- Werkstattfertigung (mittlere und kleinere Betriebe mit großem Sortiment)
- Objektfertigung

**Mechanisierung und Automatisierung.** Bei unspezialisierten mittleren und kleineren Betrieben findet man meist die mechanisierte Fertigungsweise. Hier stellt der Tischler die Spanabnahme und den Vorschub an der Dickenhobelmaschine ein, legt das Werkstück auf und nimmt es nach der Bearbeitung wieder ab. Bei spezialisierten Großbetrieben ist die Fertigung automatisiert. Hier werden die Maschinen computergesteuert und vom Arbeitnehmer nur noch kontrolliert. Das Werkstück wird automatisch von einer Bearbeitungsstation zur nächsten transportiert, vom Breitenzuschnitt über die Verleimung und Profilierung bis zum Endschliff. Werden in einem Maschinendurchlauf bis zu 10 verschiedene Arbeitsgänge auf beiden Seiten zusammengefasst, spricht man von einer

„Fertigungsstraße“ (11.10). Viel Zeit und größte Genauigkeit werden auf das Rüsten und Einstellen der Maschinen auf die bestimmten Werkstücke verwendet.



**Bild 11.10** Fertigungsstraße

Wenn der Schreiner ein Werkstück falsch bearbeitet, ist nur dieses Stück unbrauchbar. Wenn jedoch ein vollautomatisierter Betrieb einige Arbeitsstunden mit falsch eingestellten Maschinen läuft, ist der Schaden sehr groß. Das Rüsten der Maschine und die Endkontrolle der Werkstücke können nur Fachkräfte durchführen!

Der Handwerksbetrieb (Schreinerei) ist nach Mitarbeiterzahl und Umsatz (Jahresleistung) ein Kleinbetrieb, der jedoch durch entsprechenden Maschineneinsatz und durchdachte Arbeitsplatzgestaltung oft industrielle Arbeitsmethoden übernimmt. Konkurrenzdruck und Rationalisierungszwang führen auch handwerkliche Betriebe immer stärker zur Spezialisierung. Wenn sich ein Betrieb auf die Fertigung bestimmter Produkte beschränkt (spezialisiert), kann er größere, schnellere Spezialmaschinen einsetzen und damit die Herstellungskosten je Stück niedrig halten. Solche Maschinen sind teuer, lohnen sich aber, wenn sie ausgelastet werden. Nicht zu vergessen ist jedoch, dass ein spezialisierter Betrieb stärker vom Markt abhängt als ein nicht spezialisierter. Viele Handwerksbetriebe haben sich deshalb teilspezialisiert (11.11).

### Beispiel

Eine Schreinerei fertigt zu 60 bis 80 % ihrer Kapazität (Leistung) Türumrahmungen (Futter, Zargen, Blockrahmen) und kauft das Türblattmaterial ein. Die Restkapazität von 20 bis 40 % setzt sie im individuellen Innenausbau ein.

Dieser Betrieb arbeitet wirtschaftlich, denn er deckt durch seine Teilspezialisierung die gesamten Maschinenkosten und kann die Maschinen außerdem Gewinn bringend für Einzelaufträge einsetzen. Andere Schreinereien sind schon wie Großbetriebe industrialisiert.

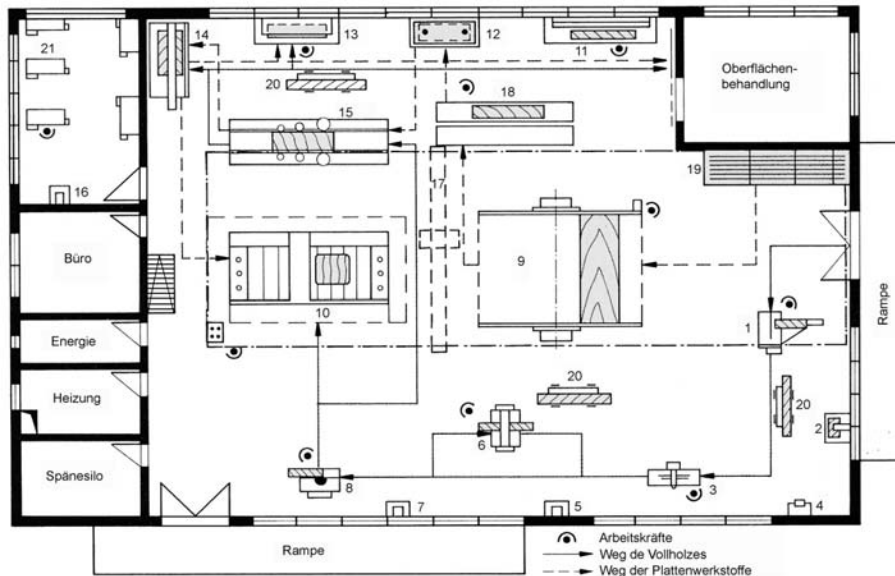
### Beispiel

Ein moderner Fensterbaubetrieb stellt Holzfenster her und führt Verglasungen durch. Im Fertigungsablauf dieses ursprünglich handwerklichen Betriebes erzeugen Doppelendprofiler (Kehlautomaten) computergesteuert in einem Durchlauf aus rohen Kanthölzern fertig gefälzte und profilierte Fensterrahmen, die anschließend auf der doppelseitigen Schlitz- und Zapfenschneidmaschine abgelängt, Schlitz und Zapfen angefräst werden. Die Mitarbeiter müssen die Hölzer nur noch verleimen und die Scheiben einsetzen. Die verschiedenen Profile erzielt man durch stärkere Kanthölzer und Umrüsten des Verbundwerkzeugs.

**Der Industriebetrieb** (z.B. Möbelfabrik) ist häufig aus kleinen Schreinereien hervorgegangen. Durch immer strengere Beschränkung auf bestimmte Produkte konnte er Spezialmaschinen einsetzen, Förder- und Transportmittel wie Rollenbahn, Förderband und Hängeförderer zu Fertigungsstraßen verknüpfen. Die Arbeitnehmer legen die Werkstücke auf und nehmen sie am Ende der Straße wieder ab – eine sehr einseitige Tätigkeit, für die angelernte Kräfte genügen (11.12). Kontroll-, Nach- und Sonderarbeiten dagegen setzen auch hier noch handwerkliches Geschick voraus und bleiben daher Aufgabe des Facharbeiters, des Schreiners/Holzmechanikers oder Fensterbauers.

**Austauschbau.** Die Produktpalette einer Möbelfabrik besteht meist aus einigen von Innenarchitekten entworfenen Wohn-, Schlaf- oder Kinderzimmer-Anbauprogrammen, die über Möbelhäuser verkauft werden. Häufig werden sie im Austauschbau entworfen, so dass z.B. Böden, Schubkästen oder Türen einzelner Programme ausgetauscht und daher preisgünstig hergestellt werden können. Sie unterscheiden sich oft nur in Form und Farbe (Holzart,

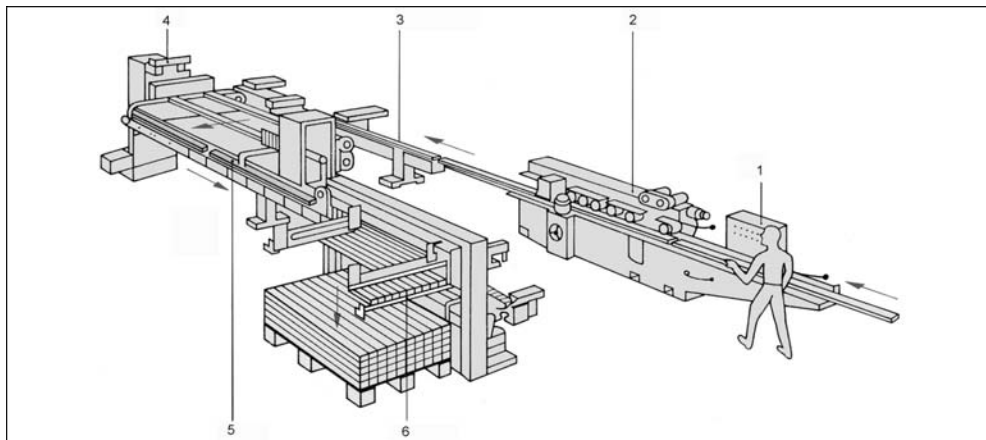




**Bild 11.11** Handwerklicher Fertigungsablauf (8 bis 12 Beschäftigte)

- |                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1 Formatkreissäge                 | 12 Furnierpresse          |
| 2 Tischbandsäge                   | 13 Reihenlochbohrmaschine |
| 3 Abrichthobelmaschine            | 14 Bandschleifmaschine    |
| 4 Kettenfräse                     | 15 Kantenanleimmaschine   |
| 5 Oberfräse                       | 16 Ständerbohrmaschine    |
| 6 Dickenhobelmaschine             | 17 Brückenkran            |
| 7 Astlochbohrmaschine             | 18 Leimauftrag            |
| 8 Tischfräse                      | 19 Plattenlager           |
| 9 Plattenaufteilsäge (horizontal) | 20 Transportwagen         |
| 10 CNC-Bearbeitungszentrum        | 21 Werkbank               |
| 11 Furnierschere                  |                           |

11



**Bild 11.12** Industrialisierte Fertigung (Teil-Fertigungsstraße/Rahmenhölzer, Einmannbedienung)  
 1 Steuerpult 2 Kehlmaschine 3 Übergabevorrichtung 4 Doppelseitige Abkürz-  
 Zapfenschneid- und Schlitzmaschine 5 Transportband 6 Stapelautomat

Oberflächenbehandlung). Auch die Beschläge und Verbindungen haben gleiche Abstände (Schablonen). Durch die höheren Stückzahlen verbilligt sich die Fertigung erheblich.

**Arbeitsvorbereitung.** Komplizierte Fertigungsanlagen wie Alleskönner oder Doppelendprofiler- Straßen erfordern viel Zeit zum Umrüsten (Umbauen) der Werkzeuge, Anschläge und Vorschubeinrichtungen auf andere Werkstücke. Ziel ist es deshalb, die Maschinenlaufzeit voll auszunutzen und so die Maschinenkosten je Stück niedrig zu halten. Dazu sind Planung und Kontrollen nötig. Zur Arbeitsvorbereitung eines Industriebetriebs gehören aber auch Terminplanung, Abstimmen von

Lagerhaltung, Fertigung, Ein- und Verkauf. Diese Arbeiten werden in den Verwaltungsbüros vorgenommen. Nicht selten bietet diese Arbeitsteilung tüchtigen Facharbeitern Gelegenheit zu beruflichem Aufstieg.

#### **Spezialisierte Produktion**

- ermöglicht rationelle Serienfertigung mit Austauschbau,
- erfordert bei automatisierter Fertigung genaue Arbeitsvorbereitung,
- ist marktabhängiger als nicht- oder teilspezialisierte Produktion.

## 12 Service im Handwerk

### Arbeitsauftrag Nr. 104 Lernfeld LF 11,12

- Ihre Firma hat den Auftrag erhalten fünf Fenster des Typs IV68 herzustellen, zu liefern und einzubauen. Die alten Fenster sollen ausgebaut und entsorgt werden.

Die Besitzer des an einer engen Straße gelegenen Einfamilienhauses, ein älteres Ehepaar, macht sich Sorgen, ob die Mitarbeiter der Firma pünktlich zum vereinbarten Termin um 8<sup>00</sup> Uhr eintreffen und der Einbau ohne viel Schmutz erledigt wird. Auch hoffen sie, dass die Arbeiten bis 17<sup>00</sup> Uhr erledigt sind, da sie noch einen Krankenbesuch machen möchten.

Erarbeiten Sie in vierer – Gruppen unter Berücksichtigung des folgenden Kapitels ein mögliches Kunden-/Begrüßungsgespräch zu dieser Ausgangssituation. Verteilen Sie die Rollen. Machen sie sich Stichpunkte auf Ihrer Rollenkarte. Tragen Sie Ihr Kundengespräch den Mitschülern in einem Rollenspiel vor.

- Die Gruppen führen nacheinander die Rollenspiele vor. Die Kundengespräche werden mit einer Video- Kamera Abwechselnd von den Mitschülern gefilmt. Die nicht am Rollenspiel beteiligten Schüler bewerten die Vorführungen mit einem Beobachtungsbogen (siehe Arbeitsmethoden). Nachdem alle Gruppen die Gespräche geführt haben, werden die einzelnen Videosequenzen vorgeführt und unter Einbeziehung der Beobachtungsbögen diskutiert bzw. ausgewertet.

### **Kundenwerbung**

Bevor sich der Kunde für die Auftragserteilung zur Herstellung eines Möbels, Fensters Büroeinrichtung etc. entscheidet oder einen Instandsetzungsauftrag erteilt, wird er sich über das Internet und /oder andere Kunden Auskünfte über die Tischler/Schreinerfirma einholen und dann in telefonischen Kontakt treten. Um neue Kunden zu werben, ist von Bedeutung wie sich der Betrieb im Internet präsentiert, welchen Eindruck er bei bisherigen Kunden hinterlassen hat und wie er sich im Verlauf des Telefongesprächs verhält um einen persönlichen Gesprächstermin beim Kunden oder in der Firma zu erhalten.

Bei der Präsentation der Mitarbeiter im Internet und im direkten Kontakt erwartet der Kunde, dass der oder die Handwerker angemessene, professionelle Berufskleidung tragen und einen sauberen und gepflegten Eindruck machen. Dies vermittelt den Eindruck von Zuverlässigkeit und bestärkt ihn in seiner richtigen Kaufentscheidung.

Das Betriebsfahrzeug sollte sauber und aufgeräumt präsentiert werden, da es als Werbefläche dient. Während der Fahrt zum Kunden und der Montagezeit ist darauf zu achten, das andere

Verkehrsteilnehmer nicht gefährdet werden. Ein Unternehmen kann nur überleben und somit Arbeitsplätze sichern, wenn es ihm gelingt zukünftige Kunden im positiven Sinne auf die Firma aufmerksam zu machen und derzeitige Kunden mit seinen Leistungen zu Frieden zu stellen. Der Kauf/Wiederkauf seiner Produkte bzw. die Inanspruchnahme seiner Dienstleistungen muss das Ziel aller Firmenmitarbeiter sein.

Im Idealfall empfehlen Kunden die Firma Freunden oder Bekannten und werden somit zu positiven Botschaftern des Unternehmens. Zufriedene Kunden kommen wieder, verlorene Auftraggeber zu gewinnen ist teuer und aufwendig.

### **Das Telefongespräch**

Oft ist das erste Telefongespräch mit einem Kunden von entscheidender Bedeutung für den weiteren Verlauf der Beziehung zwischen Kunde und Betrieb, einer Auftragserteilung, einer neuen Kundenempfehlung.

Stimme und Gesprächsverlauf entscheiden über Sympathie oder Antipathie gegenüber dem Gesprächspartner. Bereits ein Lächeln ist „zu hören“.

Zu Beginn des Telefongesprächs sollte sich der Firmenmitarbeiter mit deutlicher Nennung des Betriebsnamens und eigenen Namens melden. Auf vorgefertigten Gesprächsblättern können der Name des Anrufers, Adresse, Datum und Uhrzeit des Gesprächs, Grund des Anrufs und gegebenenfalls ein neuer Gesprächstermin bzw. Kundenbesuchstermin notiert werden. Die sorgfältige Ablage der Gesprächsblätter bietet den schnellen Zugriff und als „kleine Datenbank“ gute Vorbereitungsmöglichkeiten für ein neues Gespräch oder Kundenbesuch.

Beim Telefonieren und in persönlichen Gesprächen mit dem Kunden ist insbesondere auf die eigene Fragetechnik zu achten. Es sind öffnende mit „W“ beginnende Fragen zu stellen. Der Kunde kann nicht nur mit „ja“ oder „nein“ antworten. Die Firma erhält mehr Auskünfte. Das Gespräch verläuft positiver. Der Kunde ist zufriedener.

### **Persönlicher Kontakt**

Der persönliche Kontakt mit dem Kunden kann bereits bei Gesprächen vor Auftragserteilung zu Stande kommen. Hier entscheiden oft die ersten Sekunden der Begrüßung über den weiteren Verlauf der Begegnung. Das ordentliche, freundliche eigene Vorstellen mit eigenem Namen und Firmennamen sowie der Namen der Kollegen ist als selbstverständlich anzusehen. Im Gespräch sollten folgende Regeln beachtet werden:

- der Sprechstil sollte langsam, betont, im wechselnden Sprechtempo mit gezielter Pausentechnik erfolgen
- abgehacktes Sprechen mit Verlegenheitslauten wie Ä, Eeh und -E, Dass-E sind zu vermeiden
- die Endlaute müssen deutlich gesprochen werden

Auch das folgende kleine „ABC der Körpersprache“ bietet möglicherweise Rückschlüsse auf die momentane Gefühlswelt des Gesprächspartners und sollte in das eigene Gesprächsverhalten einbezogen werden (12.1).

Sind die Gespräche positiv verlaufen und hat die Firma den Auftrag erhalten, gilt es für die Mitarbeiter des Betriebes sich bei der Ausführung des Auftrages entsprechend zu verhalten bzw. den Auftrag zur Zufriedenheit des Kunden auszuführen. Hierbei sollten die folgenden Regeln eingehalten werden:

- pünktliches Erscheinen beim Montage-termin
- ordentliches Auftreten der Mitarbeiter
- gepflegtes Werkzeug und Firmenfahrzeug
- die Privatsphäre des Kunden gilt es zu respektieren
- die Dauer der Arbeitszeit ist dem Kunden mitzuteilen
- Sauberkeit am Kundenarbeitsplatz ist unbedingt zu gewährleisten ( Abdeckfolien, Decken, Absauger etc.)
- verursachter Schmutz ist gegebenenfalls auch gegen Kundeneinwände zu beseitigen
- nicht rauchen
- die Pausen sind im Werkstattfahrzeug bzw. nicht im Kundenbereich zu verbringen
- Konflikte mit den Mitarbeitern sind nicht in Gegenwart des Kunden auszutragen der Standort des Firmenfahrzeugs ist zu klären
- bei evtl. Abwesenheit des Kunden muss die zwischenzeitliche Erreichbarkeit des Kunden und eigenes Verhalten beim Verlassen des Auftragsortes geklärt sein
- vor Verlassen des Kunden ist dieser mit der Funktion der Einbauten (z.B. Fenster) und evtl. Pflegehinweisen vertraut zu machen

Körperteil	Signal	mögliche Bedeutung
<b>Augen</b>	Pupillen weiten sich, Pupillen normal geöffnet Pupillen verengt	Bereitschaft, Interesse, Aufgeschlossenheit Ablehnung, Desinteresse
<b>Arme</b>	verschränkt, ausgebreitet	Ablehnung, Reserviertheit, Offenheit
<b>Hände</b>	an der Stirn, Nägel kauen, am Tisch/ Stuhl etc. fest halten, auf dem Rücken reiben	Nachdenklichkeit, Unsicherheit Haltsuche bei sich selbst, Erwartung, Schadenfreude
<b>Händedruck</b>	zu stark, feucht	Unsicherheit, Angst
<b>Füße</b>	um Stuhlbein/e gelegt wippend	Schutzbedürfnis, Ungeduld
<b>Nase</b>	an die Nase fassen	Unentschlossenheit
<b>Kopf</b>	leicht geneigt, kratzen	Interesse, Unsicherheit

## 12.1 ABC der Körpersprache

### Nachhaltige Kundenbindung

Eine gute Möglichkeit die Zufriedenheit/ Nichtzufriedenheit des Kunden zu erkunden und ihn nachhaltig an den Betrieb zu binden bietet die Kundenzufriedenheitsabfrage in Form eines Fragebogens. Hier kann mit ansprechender Gestaltung das Unternehmen (Firmenlogo etc.) präsentiert und die Kundenzufriedenheit erforscht werden. Der Kunde fühlt sich mit seinen Wünschen und Ängsten ernstgenommen. Reklamationen können umgehend beseitigt werden. Der Fragebogen

(DIN A4) sollte mit einem kurzen Begleitbrief oder auf der Vorderseite mit folgendem Einleitungstext versehen sein: „Sehr geehrte Kundin, sehr geehrter Kunde (evtl. persönlichen Namen nennen), wie sind sehr interessiert zu erfahren, wie Sie unsere Arbeit bewerten. Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen und senden Sie uns den Fragebogen im beiliegenden frankierten Freiumschlag zurück. Für Ihre Mitarbeit bedanken wir uns im Voraus.“

**Der Fragebogen könnte wie folgt aussehen:**

Bitte vergeben Sie die Noten durch ankreuzen und beantworten Sie die folgenden Fragen!

	Note	1	2	3	4	5	6
<b>Beratung</b>							
Wie kompetent war die Beratung?							
<b>Angebot</b>							
Wie waren Sie mit der Angebotserstellung zufrieden?							
<b>Planung</b>							
Wie gefielen Ihnen Planung und Präsentation?							
<b>Betreuung</b>							
Wie gut sind wir auf Ihre Wünsche eingegangen?							
<b>Terminreue</b>							
Wurden alle Termine zu ihrer Zufriedenheit eingehalten?							
<b>Ausführung der Montage</b>							
Waren Sie mit der Montage zufrieden?							
<b>Harmonie</b>							
Wie freundlich waren unsere Mitarbeiter?							
<b>Produkte</b>							
Wie zufrieden sind Sie mit den von uns gelieferten Produkten?							
<b>Preis</b>							
Ist unsere Leistung dem Preis angemessen?							
<b>Wie sind Sie auf uns aufmerksam geworden?</b> _____							
<b>Was hat Ihnen besonders gut gefallen?</b> _____							
<b>Was hat Ihnen nicht gefallen?</b> _____							
<b>Warum haben Sie unsere Firma gewählt?</b> _____							
<b>Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie für uns?</b> _____							
<b>Haben Sie noch Wünsche, Fragen, Anmerkungen?</b> _____							
<b>Sollen wir Sie noch einmal an rufen?</b> _____ <b>Wenn ja, wann?</b> _____							
<b>Ihr Kundennahme</b> _____							
<b>Ort</b> _____		<b>Anschrift</b> _____			<b>Datum</b> _____		
<b>E mail Adresse</b> _____							
<b>Herzlichen Dank!</b>							

**12.2 Kundenzufriedenheitsabfrage**

Das Schulnotensystem zeigt dem Kunden ein vertrautes System und bietet bei der Auswertung durch übersichtliche Gestaltung einer Excel- Tabelle Vorteile. Dem Kunden sollte nach Beendigung der Arbeiten genügend Zeit für die Beantwortung des Fragebogens eingeräumt werden um eine geringe Rücklaufquote zu vermeiden.

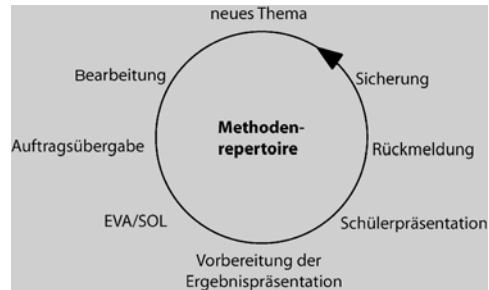
Sollten sich bei der Auswertung negative Antworten herausstellen, kann die Firma reagieren und die Versäumnisse umgehend beheben. Der Kunde fühlt sich anerkannt. Dies führt wiederum zu größerer Kundenzufriedenheit.

## 13 Arbeitsmethoden im Unterricht

Der Unterricht soll auf das lebenslange Lernen vorbereiten und die berufliche Handlungskompetenz der Schüler fördern. Die Schüler müssen die Möglichkeit erhalten Aufgaben selbständig und zielgerichtet zu lösen und das Erlernte nachhaltig zu sichern. Sie müssen reflektieren können, welche der bewusst erlernten Methoden zur Lösung bestimmter Aufgaben- und Problemstellungen geeignet sind.

Methodenkompetenz ist integraler Bestandteil der Fach-, Sozial- und Personalkompetenz. Sie erleichtert die Informationssuche und -verarbeitung von (Fach-)wissen, die effektive Arbeit, einschließlich der Lösung von Konflikten, in einem Team und fördert die Selbstwahr-

nehmung sowie die persönliche Weiterentwicklung der Schüler und Lehrer.



**Bild 13.1** Kreislauf des handlungsorientierten Lernens

### 13.1 Methodenrepertoire

Der Unterricht orientiert sich an dem Modell der vollständigen Handlung. Um die Methodenkompetenz zu fördern benötigen die Schülerinnen und Schüler ein Methodenrepertoire.

#### Methodenkompetenzen für die Informationsaufnahme und -verarbeitung

- Lese-/Zuhörtechniken
- Umgang mit Stichwortverzeichnis und Stichwortregister
- Techniken des Mitschreibens, Notierens, Protokollierens
- Markieren von Texten, herausfiltern von Kernaussagen
- Lern- und Gedächtnistechniken
- Vorbereitung auf Prüfungen

#### für die Informationswiedergabe

- Präsentationstechniken
- Gestaltung von Kurzvorträgen und Referaten
- Kooperationstechniken

#### Methodenrepertoire für die Anwendung der neuen Lernkultur, „Selbstorganisiertes Lernen(SOL), „Eigenverantwortliches Arbeiten (EVA). zur Informationsaufnahme und -verarbeitung

- Arbeitsablaufplan
  - 1, 2, 3 Manager - Team - writing - Methode
  - Karteikarten erstellen
  - Kartenabfrage
  - Konfetti - Methode (long/short)
  - Kopf - Stand - Methode
  - Lese - fix - Methode
  - Mind - Map
  - Puzzle - Methode
  - Prioritätenspiel
  - Stationenlernen
  - Thematische Landkarte
  - Zehn - Wörter - Methode, fünf - Wörter - Methode
  - Zwei - Schritt - Methode
- #### zur Informationswiedergabe
- Plakat erstellen/Schaukasten/Collage
  - Präsentationsmappe/Beratungsmappe/Projektmappe
  - Präsentation
  - Kurzvortrag
  - Kundengespräch

**Für die Bewertung von Arbeitsprozessen und Arbeitsergebnissen** können folgende Faktoren mit herangezogen werden:

- Regeln, die durch die Schüler für die Zusammenarbeit im Team erarbeitet werden
- Bewertungskriterien der Schüler
- Schülerprotokolle
- Präsentationen der Schüler
- Beobachtungsbögen der Schüler für das Arbeits- und Sozialverhalten
- Beurteilungsbögen der Schüler für das Team bzw. alle Teams
- Reflexionsbögen der Schüler für die Auswertung der eigenen Arbeitsleistung und Teamarbeit
- Beobachtungs- und Beurteilungsbögen der Lehrer

## 13.2 Methodenbeschreibung

### Arbeitsablaufplan

#### Ziel

Planerisches Handeln unter Einbeziehung von Kenntnissen und Erfahrungen und aufzeigen der Ursachen

#### Verlauf

- Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit wählen
- Arbeitsschritte zum Erreichen eines Endprodukts festlegen
- Fehlplanungen und falsche Reihenfolge der Arbeitsschritte führen nicht zum Ziel

### 1,2,3 Manager- Team- writing- Methode

#### Ziel

Stille Eigenleistung, visuelle Kommunikation, gemeinsames erarbeiten einer Problemstellung, Förderung der Konzentrationsfähigkeit

#### Verlauf

- Formblatt Thema bezogen entwerfen
- Gruppen bilden
- Jeder Teilnehmer wählt eine Skizze, Merkmal oder Namen etc. und ergänzt das entsprechende Feld des Formblattes
- Bearbeitungszeit 3 – 5 Min.
- weiter reichen des Formblattes
- nach Vollständiger Bearbeitung Präsentation durch die Gruppen

### Karteikarten erstellen

#### Ziel

Zielgerichtetes Sammeln und Beantworten von Prüfungsfragen für Abschlussarbeiten, immanente Wiederholung und nachhaltige Sicherung des Lernstoffs

#### Verlauf

- Größe und Farbe der Karteikarten wählen
- Grundregeln der Beschriftung beachten
- Visualisierung der Frage und Problemstellung auf der Vorderseite
- Beantwortung auf der Rückseite
- Überprüfen und sichern der Antworten im Klassenverband

### Kartenabfrage

#### Ziel

Eigenständiges erarbeiten, zuordnen, beantworten, diskutieren und sichern von Fragen/Antworten.

#### Verlauf

- Thema vorgeben
- Fragen selbständig erarbeiten und Karteikarten beschriften
- Karten an Tafel/Pinnwand sichern
- Karten nach Themenbereichen ordnen
- Fragen auswählen, beantworten und diskutieren
- Karteikarten mit Fragen und Antworten beschriften, in Karteiordner sichern



### Konfetti- Methode (long/short)

#### Ziel

Spielerischen Lernzielkontrolle und Sicherung von Lerninhalten, Sichtbarmachung von Gesamtzusammenhängen, Vorbereitung von Vorträgen und Förderung der Teamentwicklung

#### Verlauf

Fragen zum Thema (vorgegeben oder selbst erarbeitet) werden im Losverfahren an die Schülerinnen und Schüler verteilt die Fragen werden auf Papier- oder Pappstreifen (long) geschrieben die Antworten werden in Stichworten (short) ebenfalls Fragen und Antworten werden, inhaltlich strukturiert, gemeinsam zu einem oder mehreren Gesamtbildern (Pinnwand) zusammengefügt

### Kopf- Stand- Methode

#### Ziel

Auseinandersetzen mit konträren Ideen und Problemstellungen, entwickeln neuer Sichtweisen

#### Verlauf

verschiedene, vorgegebene oder von den Schülern selbst entwickelte Fragen werden einzeln, in Teams oder Gruppen auf Karteikarten gesichert. die Fragen werden von den Teilnehmern beantwortet, in das Gegenteil verkehrt und auf der Rückseite gesichert, ausgewählte, in das Gegenteil verkehrte Fragen sind nun im Klassenverband von den Mitschülern zu beantworten und wieder „auf die Beine zu stellen“.

### Lese- fix- Methode

#### Ziel

Erarbeitung und Erfassen schwieriger, umfangreicher Fachtexte

#### Verlauf

- der Text wird überflogen
- behaltene Stichwörter werden auf Karten notiert
- die Karten werden an der Tafel/Pinnwand gesammelt
- neue Überschriften werden gebildet und die Karten zugeordnet
- der Inhalt der neuen Abschnitte wird in Gruppen oder im Klassenverband diskutiert und bewertet

### Mind- Map

#### Ziel

Sammeln von Ideen und deren Systematisierung, unter Einbeziehung von Vorkenntnissen und Erfahrungen. Es wird mit einer Kombination aus Schrift, Symbol und Bild gearbeitet.

Die Kommunikation wird gefördert.

#### Verlauf

- Einteilung in Gruppen
- Nennung des Hauptthemas und Darstellung mit Namen oder Bild, Symbol in der Mitte des Blattes (empfohlen DIN A 1)
- Gedanken, Ideen zu diesem Thema werden in Form einer Gedankenlandkarte aufgezeichnet
- Hauptäste und Nebenäste werden den Ober- bzw. unterpunkten entsprechend angelegt
- Präsentation der Arbeiten

### Puzzle- Methode

#### Ziel

Methode zur Visualisierung von Vorkenntnissen, Auswertung von abgeschlossenen Lernfeldern und Vorbereitung von Arbeitsabläufen.

#### Verlauf

- vorstrukturierte Bilder, Symbole, Piktogramme werden verteilt
- zugehörige Schriften, Benennungen, Überschriften werden zugeordnet
- durch selbständige Schülerarbeit gefertigte Arbeiten werden im Klassenverband zur nachhaltigen Sicherung des Lernstoffs ausgewertet

### Prioritätenspiel

#### Ziel

Erfassen und strukturieren von Fachtexten.

#### Verlauf

- Ziel/Schwerpunkt der Erarbeitung festlegen
- Text zielgerichtet in Einzel/-partnerarbeit erarbeiten und markieren
- persönliche Rangfolge der Schwerpunkte erstellen
- Arbeitsergebnisse in Kleingruppen vorstellen, diskutieren und neue gemeinsame Rangfolge festlegen
- die Gruppen stellen Ihre Arbeitsergebnisse im Klassenverband vor und begründen ihre Entscheidungen

### Stationenlernen

#### Ziel

Selbständige Kenntniserarbeitung unter Einbeziehung von Vorwissen. Individuelle Auseinandersetzung mit dem Lernfeld mit selbstbestimmtem Arbeitstempo.

#### Verlauf

- Themenbereiche bestimmen
- Standorte und Anzahl der Lernstationen festlegen
- Stationen mit Materialien ausstatten
- Fachteams im Losverfahren zusammenstellen
- Erarbeitung der Lerninhalte an den Stationen durch die Teams, Qualifizierung zu Fachberatern
- ein Fachberater verbleibt an seiner Station, die anderen wechseln im Uhrzeigersinn zu den anderen Stationen und lassen sich dort ca. 3-5Min. beraten
- die Fachberater wechseln sich bei der Betreuung ihres „Informationsstandes“ ab
- nach Durchlauf aller Stationen werden Verlauf und Inhalte im Klassenverband diskutiert und gesichert

### Thematische Landkarte

#### Ziel

Aufzeigen von Arbeitsgebieten zu einem Thema, Übersicht über Planungsschwerpunkte

#### Verlauf

- Text erarbeiten
- Sammeln von Schwerpunkten zum Thema (Einzel, Partner oder Gruppenarbeit)
- Schwerpunkte unter Berücksichtigung der Strukturhilfe und Leitfragen festlegen
- Reihenfolge festlegen
- Arbeitsblatt, Plakat erstellen
- Ergebnisse diskutieren und auswerten

### Zehn - Wörter - Methode, fünf - Wörter - Methode

#### Ziel

Anbahnung und feststellen von Meinungen unter Einbeziehung von Vorwissen

#### Verlauf

- fünf oder zehn Wörter zum Thema auf einzelne Karteikarten schreiben
- Sammeln der Karten (Begriffe) im Klassenverband oder Gruppen an Tafel / Pinnwand
- ordnen der Karten, Sammelbegriffe bilden
- Erklärung, Begründung und Ausdifferenzierung der einzelnen Wörter/Begriffe

### Zwei- Schritt- Methode, drei- Schritt- Methode

#### Ziel

Erarbeiten von umfangreichen Fragenkatalogen und Sachtexten

#### Verlauf

- Fragen oder Textabschnitte werden bearbeitet, indem in Zweier- oder Dreier-teams jeweils die 1., 2., 3. usw. Frage/ Textabschnitt beantwortet wird
- Fragen und Antworten werden auf Karteikarten gesichert
- Austausch der Fragen und Lösungen

### Plakat erstellen/Schaukasten/Collage

#### Ziel

Visualisierung verschiedener Themenbereiche, sammeln von Informationen, selbständige Informationserarbeitung, präsentieren von Arbeitsergebnissen

#### Verlauf

- Thema vorgeben
- Gruppen auslösen
- Arbeitsregeln besprechen (Schriftgröße, farbige Gestaltung etc.)
- Schwerpunkte herausarbeiten
- Arbeitsergebnisse präsentieren und diskutieren

### Präsentationsmappe/Beratungsmappe/Projektmappe

#### Ziel

Selbständige Kenntniserarbeitung und Entscheidungsfindung, Visualisierung eines Kundenauftrags, Präsentation und Kundengespräch, Annahme von Kritik

#### Verlauf

- Thema vorgeben bzw. wählen
- Umfang besprechen
- Deckblatt Thema bezogen erstellen
- Inhaltsverzeichnis
- Hauptzeichnung M 1:10
- Teilschnittzeichnungen M 1:1
- Arbeitsablaufplan
- Materialliste
- Preiskalkulation
- Alternative Vorschläge
- Ergebnisse im Kundengespräch präsentieren
- Bewertung der Arbeitsergebnisse

### Präsentation

#### Ziel

Präsentation von selbständig erarbeiteten Lerninhalten, lebendiges Lernen, Förderung der Kommunikationstechnik und Steigerung des Selbstwertgefühls

#### Verlauf

- Vorbereitung der Präsentation (Aufbau, Flip-Chart, Powerpoint etc.)
- Begrüßung
- Überblick geben
- normales Sprechtempo, Betonung, Pausen und Lautstärke beachten
- angemessene Gestik
- wichtige Inhalte visualisieren
- Zusammenfassung
- Dank an die Zuhörer

### Kurzvortrag

#### Ziel

Eigenverantwortliches, selbstbestimmtes kooperatives Lernen, Förderung der Kommunikationstechnik und Steigerung des Selbstwertgefühls

#### Verlauf

- Thema erarbeiten
- über Vortragsform und Medien entscheiden (Tafel, Projektor, Powerpoint etc.)
- Vortrag unter Beachtung von verständlicher Sprache, Lebendigkeit des Vortrags, Einbeziehung der Mitschüler und Sicherung der Lernergebnisse halten

### Kundengespräch

#### Ziel

Kommunikation trainieren, Einfühlungsvermögen und Eigenverantwortung im Rollenspiel entwickeln, Sprachhemmungen abbauen

#### Verlauf

- Situationsbeschreibung (z.B. Demontage alter und Montage neuer Fenster)
- Rollen verteilen
- Rollen erarbeiten
- Rollenspiel/Gespräch durchführen
- Gespräch beobachten
- Gespräch analysieren

### 13.3 Arbeitsbogen/Bewertungsbogen/Beobachtungsbogen

<i>Bewertungsbogen</i>		Team bewertet Team			Team: _____	
<b>Thema:</b> _____						
<b>Datum:</b> _____						
<b>Teilnehmer:</b> _____						
<b>Bewertungskriterien</b>						
Im Team haben alle ... mitgearbeitet	... immer und sehr gut	... fast immer und gut	... unterschiedlich gut	... ein wenig	... nicht	
Unsere Zusammenarbeit war ...	... sehr gut	... gut	... zufriedenstellend	... verbesserungsbedürftig	... nicht vorhanden	
Wir haben ... Informationen beschafft und verarbeitet	... sehr viele	... viele	... einige	... wenige	... gar keine	
Wir haben im Team ... zielgerichtet und konzentriert gearbeitet.	... immer	... fast immer	... meistens	... selten	... gar nicht	
Unser Umgangston im Team war ...	... immer gut	... fast immer gut	... meistens gut	... manchmal nicht gut	... oft nicht gut	
Gut gefallen hat uns allen an der Arbeit in unserem Team: _____						
_____						
_____						
_____						
Gestört hat uns alle an der Arbeit in unserem Team: _____						
_____						
_____						
Bei der nächsten Teamarbeit möchten wir Folgendes besser machen (bitte begründen): _____						
_____						
_____						



<i>Bewertungsbogen</i>	<i>Gruppenarbeit</i>	<b>Gruppe:</b> _____				
<b>Thema:</b> _____						
<b>Datum:</b> _____						
<b>Teilnehmer:</b> _____			<b>Endnote:</b> _____			
<b>Bewertung der Planung</b>	<b>10 %</b>	--	-	0	+	++
Arbeits- und Zeitplan						
Beschaffung des Informationsmaterials						
Gemeinsame Note						
<b>Bewertung der Arbeit in der Gruppe</b>	<b>30 %</b>					
Selbstständigkeit						
Zweckmäßige Arbeitsteilung						
Kommunikationsfähigkeit der Gruppenmitglieder						
Konfliktfähigkeit der Gruppenmitglieder						
Kooperationsfähigkeit der Gruppenmitglieder						
Gemeinsame Note						
<b>Bewertung der Präsentation</b>	<b>30 %</b>					
Originalität der Präsentation						
Verständlichkeit der Darstellungen						
Einhaltung von Visualisierungsregeln						
Auftreten der Vortragenden						
Verständlichkeit der Sprache						
Sauberkeit der Darstellungen						
Gemeinsame Note						
<b>Bewertung des erstellten Informationsmaterials</b>	<b>30 %</b>					
Vollständigkeit der Inhalte						
Sachliche Richtigkeit						
Verständlichkeit						
Gemeinsame Note						

<i>Arbeitsbogen</i>		<b>Erkundung</b>		<b>Betrieb/Einrichtung:</b> _____	
<b>Thema:</b> _____					
<b>Datum:</b> _____					
<b>Konkrete Frage</b>	<b>Antwort</b>	<b>Beobachtung</b>			
1					
2					
3					
4					
5					

<b>Beobachtungsbogen</b>	<b>Kundengespräch</b>	<b>Gruppe:</b> _____
<b>Thema:</b> _____		
<b>Datum:</b> _____	<b>Teilnehmer:</b> _____	<b>Rolle:</b> _____
	<b>Teilnehmer:</b> _____	<b>Rolle:</b> _____

**Name:** \_\_\_\_\_

Bewertungskriterien	Bewertungsskala					Bemerkungen
	--	-	0	+	++	
Erscheinungsbild						
Körpersprache						
Mimik						
Gestik						
Gesprächsaufbau						
Argumentation						
Beantwortung von Fragen						
Fachkompetenz						
Informationsgehalt						
Verständlichkeit						
Beratung						
Verbesserungsvorschläge						

**Name:** \_\_\_\_\_

Bewertungskriterien	Bewertungsskala					Bemerkungen
	--	-	0	+	++	
Erscheinungsbild						
Körpersprache						
Mimik						
Gestik						
Gesprächsaufbau						
Argumentation						
Beantwortung von Fragen						
Fachkompetenz						
Informationsgehalt						
Verständlichkeit						
Beratung						
Verbesserungsvorschläge						



## 14 Lernfelder

Die Länder übernehmen die Rahmenlehrpläne der ständigen Konferenz der Kultusminister und Senatoren der Länder (KMK) unmittelbar oder setzen sie in eigene Lehrpläne um.

Die Lernfelder 1–12 für die Berufsgruppe Tischler/Tischlerin sind im Folgenden dargestellt.

Die Lernfelder 1–8 der Berufsgruppe Holzmechaniker/Holzmechanikerin entsprechen den Lernfeldern der Tischler.

Die von diesem Plan abweichenden Lernfelder 9–12 der Holzmechaniker sind im Anschluss zu finden.

### Auszug aus dem Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf

Tischler/Tischlerin (Lernfelder 1–12)

<b>Lernfeld 1: Einfache Produkte aus Holz herstellen</b>	<b>1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler planen und fertigen auftragsbezogen einfache Produkte aus Holz. Sie wählen geeignete Holzarten entsprechend ihrer Eigenschaften und unter Berücksichtigung ästhetischer, ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte aus. Die Schülerinnen und Schüler skizzieren und zeichnen konstruktive Lösungen und wenden geeignete Darstellungsformen normgerecht an. Sie erstellen, auch rechnergestützt, Fertigungsunterlagen und führen materialbezogene Berechnungen durch. Die Schülerinnen und Schüler organisieren gemeinsam ihren Lernprozess. Sie richten ihren Arbeitsplatz nach betrieblichen und ergonomischen Vorgaben ein. Sie fertigen mit geeigneten Werkzeugen Produkte unter Berücksichtigung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes. Die Schülerinnen und Schüler beurteilen und bewerten ihre Arbeitsergebnisse nach vorgegebenen Qualitätskriterien.	
<b>Inhalte:</b> Werkstoff Holz Proportionen Zeichnungsnormen Handwerkzeuge Handgeführte Maschinen Anreiß-, Mess- und Prüfwerkzeuge Technische Informationsquellen Betriebliche Kommunikation Betriebsstrukturen Arbeitsmethoden und Lerntechniken	

<b>Lernfeld 2: Zusammengesetzte Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen herstellen</b>	<b>1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler planen und fertigen auftragsbezogen zusammengesetzte Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen. Sie definieren die Anforderungen an die Produkte und deren Qualitätsmerkmale. Bei der Auswahl der Materialien berücksichtigen sie deren Eigenschaften. Die Schülerinnen und Schüler wählen geeignete Verbindungen aus und bestimmen Mess- und Prüfverfahren zur Qualitätssicherung. Sie erstellen Fertigungsunterlagen und führen produkt- und werkstoffbezogene Berechnungen durch. Die Schülerinnen und Schüler fertigen die Produkte mit Handwerkzeugen und Maschinen. Sie prüfen und reflektieren gemeinsam ihren Arbeitsprozess und präsentieren die Arbeitsergebnisse. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten auch rechnergestützt.</p>	
<p><b>Inhalte:</b> Holzwerkstoffe Furniere Materialbedarf Verbindungen Dreitafelprojektion Schnittzeichnungen Einführung in die Verwendung stationärer Maschinen Vorrichtungen Arbeitsorganisation Teambildung Regeln der Kommunikation Präsentationstechniken</p>	

<b>Lernfeld 3: Produkte aus unterschiedlichen Werkstoffen herstellen</b> <b>Zeitrichtwert:</b>	<b>1. Ausbildungsjahr</b> <b>80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler stellen Produkte aus unterschiedlichen Werkstoffen her. Sie erfassen Arbeitsaufträge zur Anfertigung von Produkten. Sie nutzen Informationen aus technischen Unterlagen und anderen Medien zu den unterschiedlichen Werkstoffen und bewerten deren Eigenschaften im Vergleich zu Holz und Holzwerkstoffen. Die Schülerinnen und Schüler fertigen auftragsbezogen Entwurfszeichnungen an. Daraus wählen sie unter Berücksichtigung ökologischer, wirtschaftlicher und fertigungstechnischer Kriterien eine konstruktive Lösung aus und erstellen Fertigungsunterlagen. Sie rüsten die erforderlichen Maschinen und fertigen die Teile. Die Schülerinnen und Schüler bewerten ihre Arbeitsergebnisse, begründen ihre Entscheidungen, reagieren sachbezogen auf Kritik und optimieren den Planungs- und Herstellungsprozess.</p>	
<p><b>Inhalte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Schnittdarstellungen</li><li>Metall, Glas, Kunststoffe und sonstige Werkstoffe</li><li>Werkzeuge und Maschinen für unterschiedliche Werkstoffe</li><li>Grundlagen der Elektrotechnik</li><li>Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz</li><li>Klebstoffe</li><li>Materialkosten</li><li>Maßgenauigkeit</li><li>Oberflächengüte</li><li>Arbeitsablaufplan</li></ul>	

<b>Lernfeld 4: Kleinmöbel herstellen</b>	<b>1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler entwerfen, planen und fertigen Kleinmöbel unter Berücksichtigung auftragspezifischer Vorgaben. Sie entwickeln, auch im Team, das Werkstück und wählen geeignete Materialien und Verbindungen aus. Hierbei bringen sie die ästhetischen und funktionalen Anforderungen mit den technisch-konstruktiven Erfordernissen in Einklang. Die Schülerinnen und Schüler legen gemeinsam Qualitätskriterien fest und erstellen auch rechnergestützt die notwendigen Fertigungsunterlagen. Sie stellen das Produkt maschinell her und überprüfen die jeweiligen Arbeitsergebnisse unter Berücksichtigung der festgelegten Qualitätskriterien. Die Schülerinnen und Schüler reflektieren und präsentieren auch im Team den gesamten Planungs- und Fertigungsprozess. Sie bewerten das fertige Produkt.	
<b>Inhalte:</b> Entwurfsskizzen Teilschnittzeichnungen Oberflächenvorbereitung Verschnitt Einführung in den Qualitätsregelkreis Einführung in rechnergestützte Technik	

<b>Lernfeld 5: Einzeilmöbel herstellen</b>	<b>2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler gestalten, planen und fertigen Einzeilmöbel. Sie entwickeln Gestaltungsvarianten anhand von Kundenaufträgen. Sie erarbeiten Lösungen auf der Grundlage ästhetischer, funktionaler und konstruktiver Aspekte. Die Schülerinnen und Schüler erstellen Zeichnungen und technische Unterlagen und wählen Beschläge für bewegliche Möbelteile auch rechnergestützt aus. Sie stellen Einzelteile her, behandeln die Oberfläche und bauen das Möbel zusammen. Für die Qualitätssicherung nutzen sie geeignete Mess- und Prüfverfahren und überprüfen die Fertigungsergebnisse. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren das fertige Produkt, beurteilen den Entwurfs-, Planungs- und Herstellungsprozess und analysieren Probleme in der Teamarbeit.	
<b>Inhalte:</b> Gestaltung Möbelbauarten Anschlagarten Schubkastensysteme Schmal- und Breitflächenbeschichtung Furnierverarbeitung Klebertechnik Schleiftechnik Reststoffentsorgung Farbgebung von Oberflächen Oberflächenschutz	

<b>Lernfeld 6: Systemmöbel herstellen</b>	<b>2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler planen, fertigen und montieren Systemmöbel. Dabei berücksichtigen sie die Besonderheiten der rationellen Fertigung. Unter Beachtung der Kombinierbarkeit der Elemente, der Rastermaße und der Wirtschaftlichkeit wählen sie geeignete Werkstoffe, Halbzeuge und System-Beschläge aus. Sie planen die Fertigung und bestimmen geeignete Werkzeuge, Maschinen und Transportmittel. Sie stellen deren Funktionsfähigkeit sicher. Sie sichern die Qualität des Fertigungsprozesses durch die Wahl geeigneter spanungstechnischer Parameter. Die Schülerinnen und Schüler produzieren die Elemente und überprüfen die Arbeitsergebnisse nach vorgegebenen Qualitätskriterien. Sie bereiten die Elemente für den Transport und die Endmontage vor.</p>	
<p><b>Inhalte:</b> Fertigungsplanung Arbeitsteilung Rüsten der Maschinen Fertigen mit rechnergestützten Techniken Vorrichtungsbau Spanntechniken Hebe- und Transportgeräte Wartung und Instandhaltung von Maschinen und Werkzeugen Verschnittoptimierung Einzelteilzeichnungen Toleranzen</p>	

<b>Lernfeld 7: Einbaumöbel herstellen und montieren</b>	<b>2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler gestalten, planen, fertigen und montieren nach Kundenauftrag Einbaumöbel. Sie entwerfen raumbezogene Ansichten unter Einbeziehung unterschiedlicher Konstruktionsprinzipien. Sie zeichnen und präsentieren ihre Entwürfe auch rechnergestützt. Sie entwickeln technische Unterlagen unter Beachtung der baulichen Gegebenheiten und stimmen sich mit anderen Gewerken ab.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen für die rationelle Fertigung auch programmierbare Maschinen, konzipieren Vorrichtungen und wenden Kenntnisse der Steuer- und Regeltechnik an.</p> <p>Sie organisieren den Transport, richten die Baustelle ein und montieren die Produkte unter Verwendung geeigneter Befestigungsmittel und unter Beachtung der Bedingungen vor Ort.</p>	
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Maßnahmen am Bau Schnittzeichnungen CAD, Anwenderprogramme Wand- und Deckenanschlüsse Baufeuchte, Hinterlüftung Montagehilfen Vorbereitung zum Einbau von Elektrogeräten, Objekten und Armaturen</p>	
<b>Lernfeld 8: Raumbegrenzende Elemente des Innenausbaus herstellen und montieren</b>	<b>2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler erfassen Kundenaufträge, gestalten, planen und fertigen Verkleidungen, Trennwände und Fußböden für den Innenausbau und montieren sie. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der Kundenerwartungen sowie der bauphysikalischen Anforderungen entwickeln sie konstruktive Lösungen entsprechend der Bauvorschriften und wählen geeignete Oberflächen aus. Sie präsentieren ihre Ergebnisse und entscheiden sich gemeinsam für eine angemessene Variante. Sie erarbeiten Unterlagen für die Fertigung und führen diese aus. Die Schülerinnen und Schüler planen die Baustelleneinrichtung, Baustellensicherung und montieren die Bauteile. Dabei benutzen sie montagetypische Hilfsmittel, Werkzeuge und Maschinen. Sie trennen die Reststoffe und führen diese den Sammelstellen zu. Die Schülerinnen und Schüler übergeben die fertig gestellten Arbeiten an den Kunden.</p>	
<p><b>Inhalte:</b></p> <p>Schall-, Feuchte-, Wärme- und Brandschutz Unterkonstruktionen Bauwerksanschlüsse Raumwirkung und Farbe Detailzeichnungen Produktinformationen Montagepläne Werkstoffkreislauf</p>	

<b>Lernfeld 9: Bauelemente des Innenausbau herstellen und montieren</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Stunden</b>
<b>Ziel:</b>	
<p>Die Schülerinnen und Schüler planen, fertigen und montieren auf der Grundlage eines Kundenauftrages Innentüren und Treppen.</p> <p>Sie überprüfen die baulichen Gegebenheiten, beraten den Kunden und gestalten die Erzeugnisse. Die Schülerinnen und Schüler planen die Fertigung sowie Montage der Bauelemente und berücksichtigen hierbei die sicherheitstechnischen Erfordernisse. Sie setzen ihre Planung um, stimmen sich mit anderen Gewerken ab und sichern die Erzeugnisse. Sie informieren den Kunden über das Serviceangebot des Betriebes.</p>	
<b>Inhalte:</b>	
<p>Maßordnung im Hochbau          Regelwerke          Konstruktionsbedingte Berechnungen          Oberflächenbeanspruchung          Sicherung und Transport von Bauteilen          Bauwerksanschlüsse          Kundenorientierung</p>	
<b>Lernfeld 10: Baukörper abschließende Bauelemente herstellen und montieren</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 100 Stunden</b>
<b>Ziel:</b>	
<p>Die Schülerinnen und Schüler erfassen einen Kundenauftrag, gestalten, planen, fertigen und montieren Baukörper abschließende Bauelemente.</p> <p>Sie entwickeln mit dem Kunden das Anforderungsprofil für Fenster und Außentüren. Auf dieser Grundlage bestimmen sie die Konstruktion, Formgebung, Materialien und Oberflächengüte. Sie erstellen Unterlagen für die betriebliche Fertigung sowie den Einbau auf der Baustelle. Die Schülerinnen und Schüler fertigen Bauelemente mit speziellen Maschinen und Werkzeugen. Sie demontieren die zu ersetzenden Elemente bauwerkschonend. Bei der Arbeit auf der Baustelle beachten sie die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz. Sie stellen die Bauanschlüsse nach den bauphysikalischen Erfordernissen her. Anfallende Reststoffe werden dem Werkstoffkreislauf zugeführt.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler beraten den Kunden über Bedienungs-, Wartungs- sowie Pflegemaßnahmen und nehmen mögliche Reklamationen entgegen.</p>	
<b>Inhalte:</b>	
<p>Bauphysikalische Zusammenhänge          Öffnungs- und Bauarten          Dicht- und Dämmstoffe          Beschlagtechnik          Sicherheitstechnik          Befestigungssysteme          Glasarten und Verglasungssysteme          Konstruktiver und chemischer Holzschutz</p>	

<b>Lernfeld 11: Erzeugnisse warten und instand halten</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 40 Stunden</b>
<b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler führen Wartungsarbeiten durch, planen und realisieren Instandsetzungsarbeiten. Sie untersuchen und dokumentieren Schäden sowie Fehlfunktionen an Erzeugnissen und ermitteln mögliche Ursachen. Unter Berücksichtigung des Bearbeitungsaufwandes entscheiden sie sich für Maßnahmen zur Schadensbegrenzung bzw. Schadensbehebung und legen die Art sowie den Umfang der Instandhaltung fest. Die Schülerinnen und Schüler unterbreiten dem Kunden Lösungen, die für den Werterhalt notwendig und sinnvoll sind. Sie führen die erforderlichen Arbeiten durch und protokollieren die Arbeitsschritte.	
<b>Inhalte:</b> Schadensanalyse Gestaltungsmerkmale von Bau- und Möbelstilen Pflege- und Wartungsanleitungen Konservierungstechniken Instandhaltungstechniken	

<b>Lernfeld 12: Einen Arbeitsauftrag aus dem Tätigkeitsfeld ausführen</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten selbständig einen vollständigen Kundenauftrag. Sie informieren sich eingehend über den Auftrag und entwerfen einen Plan für die Auftragsabwicklung. Sie konzipieren verschiedene Lösungsansätze. Dabei achten sie auf die Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten zwischen Kundenforderungen, ästhetischen, technologischen, ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Die Schülerinnen und Schüler bereiten ein Kundengespräch mit Präsentation der verschiedenen Varianten vor. Die Beurteilung der vorgestellten Ausführungsalternativen erfolgt aus Sicht des Kunden und des Herstellers. Dabei entwickeln sie eine Lösung. Für diese erstellen die Schülerinnen und Schüler alle erforderlichen Unterlagen sowohl für den Kunden als auch für den Fertigungsprozess, den sie anschließend ausführen. Sie nehmen gemeinsam mit dem Kunden den Auftrag ab. Die Schülerinnen und Schüler stellen ihre Arbeitsergebnisse vor und sind in der Lage, ihre während des Planungs- und Fertigungsprozesses getroffenen Entscheidungen zu begründen.	
<b>Inhalte:</b> Gestaltungskriterien Kalkulation Modell, Prototyp oder Muster Angebot, Auftragsbestätigung, Rechnung Fertigungszeichnung Materialdisposition Qualitätssicherung Abnahme Branchenspezifische rechnergestützte Technik	



**Auszug aus dem Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf****Holzmechaniker/Holzmechanikerin (Lernfeld 9–12)****Lernfeld 9: Holz und Holzwerkstoffe beschichten****3. Ausbildungsjahr****Zeitrichtwert: 80 Stunden****Ziel:**

Die Schülerinnen und Schüler beschichten Holz, Holzwerkstoffe, Rahmen und Profile. Unter ökonomischen, ökologischen und sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten organisieren sie die Lagerung der verschiedenen Beschichtungsmaterialien.

Sie wählen geeignete Stoffe für Flächen- und Schmalflächenbeschichtung unter Berücksichtigung der späteren Verwendung aus. Dazu nutzen sie technische Informationen. Sie ermitteln Materialbedarf, Materialkosten und Verschnitt. Das Trägermaterial wird geprüft und vorbereitet. Unter Nutzung maschineller Auftragsverfahren führen die Schülerinnen und Schüler die Oberflächenbeschichtung durch. Dabei berücksichtigen sie die ökologischen Folgen und den persönlichen und allgemeinen Gesundheitsschutz. Die Schülerinnen und Schüler analysieren Fehler und Schäden an den Beschichtungsstoffen und bei der Produktion. Sie wirken regelnd auf den Fertigungsprozess ein und führen geeignete Maßnahmen zur Fehlerbehebung durch. Sie überprüfen die Oberflächenqualität und dokumentieren das Ergebnis auch im Team.

**Inhalte:**

Oberflächenbearbeitungstechniken

Zuschnittpläne

Presstechnik

Mischungsverhältnis

Gefahrstoffverordnung

Prüfmethoden

<b>Lernfeld 10: Bauelemente des Innenausbau auftragsgerecht herstellen</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler erfassen den Auftrag, entwerfen und konstruieren Bauelemente des Innenausbau und beschreiben den Arbeitsablauf. Dabei berücksichtigen sie, dass die Bauelemente auch modular verwendbar sein müssen. Sie entscheiden sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für geeignete Materialien, Halbzeuge und Zulieferteile. Sie erarbeiten, auch in Gruppenarbeit, verschiedene Lösungen und Produktionsverfahren, diskutieren diese und entscheiden sich für eine geeignete Variante. Die Schülerinnen und Schüler erstellen Fertigungsunterlagen, beachten spezifische Qualitätsstandards des Innenausbau und legen Toleranzen und Prüfverfahren fest. Sie setzen die erstellten Planungsunterlagen praktisch um und präsentieren die Ergebnisse.</p>	
<p><b>Inhalte:</b> Maßordnung im Hochbau Innentüren Treppen Rahmen Beschlüge Einzelteilzeichnungen rechnergestützte Techniken Informationsquellen Lagerhaltung</p>	
<b>Lernfeld 11: Fenster und Außentüren herstellen</b>	<b>3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 80 Stunden</b>
<p><b>Ziel:</b> Die Schülerinnen und Schüler planen und fertigen nach Auftrag Fenster und Außentüren. Sie analysieren die Planungsunterlagen auch im Team und leiten daraus Anforderungen an die Bauelemente ab. Auf dieser Grundlage erstellen sie Fertigungsunterlagen, aus denen die Bauart, die Material- und Profiwahl, die Konstruktions- und Beschlagwahl, der Oberflächenschutz und der erforderliche Materialbedarf hervorgehen. Für die Herstellung rüsten sie Maschinen, kontrollieren die Arbeitsergebnisse und ergreifen notwendige Schritte zur Fehlerbeseitigung. Abschließend beschreiben sie die komplexe Fertigung und ziehen Verbesserungsvorschläge in Betracht.</p>	
<p><b>Inhalte:</b> Bauphysikalische Anforderungen Holzschutz Technische Holz Trocknung Schnittzeichnungen Stückliste Arbeitsplan Innerbetrieblicher Transport Werkstoffkreislauf Branchensoftware</p>	

**Lernfeld 12: Packmittel herstellen****3. Ausbildungsjahr  
Zeitrichtwert: 40 Stunden****Ziel:**

Die Schülerinnen und Schüler planen und fertigen auftragsbezogen Verpackungen. Sie erfassen die Anforderungen bezüglich der Belastbarkeit und Verwendung und wählen geeignete Materialien und Verbindungen für die Packmittel aus. Sie führen produkt- und werkstoffbezogene Berechnungen durch und erstellen Fertigungsunterlagen. Dabei berücksichtigen sie die besonderen Vorschriften für Packmittel. Sie produzieren das Packmittel rationell. Dabei führen sie Holzschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Verwendung des Packmittels und des Gesundheits- und Umweltschutzes durch. Reststoffe werden der Entsorgung zugeführt. Die Schülerinnen und Schüler stellen einen angemessenen Schutz des Packgutes im Packmittel sicher. Sie überprüfen ihr Produktionsverfahren auch im Team hinsichtlich der Effizienz und Materialökonomie.

**Inhalte:**

Packmittelarten  
Konstruktion  
Kennzeichnung  
Internationale Standards  
Stabilität  
Berechnungen von Masse und Volumen  
rechnergestützte Technik

## Bildquellenverzeichnis

- AEG, Frankfurt/Main:  
Bild 5.13
- Arbeitskreis Deutsche Stil-  
möbel, Detmold:  
Bild 8.95, 8.101b bis d
- Baubeschlag Taschenbuch,  
Wohlfarth Verlag, Duis-  
burg: Bild 10.106
- Bäuerle, Böblingen:  
Bild 5.33 bis 5.35, 5.80
- Bessey, Bietigheim-  
Bissingen: Bild 4.65  
bis 4.71
- R. Bürkle GmbH & Co,  
Maschinenfabrik, Freu-  
denstadt: Bild 5.103
- Gebr. Bütfering, Beckum:  
Bild 5.91, 5.93
- Centrale Marketingges. der  
dt. Agrarwirtschaft,  
Bonn: Titelbild
- K. Danzer Furnierwerke,  
Reutlingen: Bild 3.18a, b,  
3.115 bis 3.119
- Desowag-Bayer Holzschutz  
GmbH, Düsseldorf:  
Bild 3.72 bis 3.76,  
3.80 bis 3.83
- Deutsche Rockwool, Glad-  
beck: Bild 10.35
- DIN Deutsches Institut für  
Normung e.V., Berlin:  
Bild 1.3
- Festo Maschinenfabrik  
Gottlieb Stoll, Esslingen:  
Bild 5.94
- Flachglas AG, Gelsenkir-  
chen: Bild 10.51, 10.149,  
10.158
- Frick/Knöll/Neumann/  
Weinbrenner, Bau-  
konstruk. -lehre 2:  
Bild 10.137, 10.152
- GLOBUS-Kartendienst,  
Hamburg: Bild 3.2
- Gußglas-Werbung, Köln:  
Bild 6.66c
- J. Gypmel, Geschichte der  
Architektur, Könemann-  
Verl. Köln: Bild 8.86,  
8.94, 8.102b
- Gyproc GmbH, Düsseldorf:  
Bild 10.47, 10.50
- Häfele KG, Nagold:  
Bild 8.29, 8.30
- Hahn + Kolb, Stuttgart:  
Bild 4.3 bis 4.7, 4.13,  
6.19, 6.20
- Hauptberatungsstelle für  
Elektrizitätsanwendung,  
Frankfurt/Main:  
Bild 5.10a, 5.12
- Henselmann GmbH, Walds-  
hut- Tiengen:  
Bild 10.46a, b
- Hercynia, Harmonikatüren-  
Fabrik, Hambühren:  
Bild 10.53
- Hettich, Vlotho, Kirchlen-  
gern: Bild 8.27, 8.28,  
8.53
- R. Hildebrand Maschinen-  
bau GmbH, Oberboihin-  
gen: Bild 3.52, 3.54b,  
3.61
- Holzberufsgenossenschaft,  
München: Bild 1.4 bis  
1.8, 10.20
- Holz-Her, K. M. Reich,  
Maschinenfabrik, Nürtin-  
gen: Bild 4.84, 5.47 bis  
5.50, 5.62, 5.81, 5.87,  
5.88, 5.95 bis 5.99, 7.4,  
7.5b
- Hörnitex-Werke Gebr.  
Künne-meyer, Horn-Bad  
Meinberg: Bild 10.27
- Huga, H. Gaisendrees,  
Gütersloh: Bild 10.86
- Ibega Glasverkauf GmbH,  
Köln: Bild 6.66d
- Illbruck, Leverkusen:  
Bild 10.157, 10.162c
- Informationsdienst Holz,  
Düsseldorf: Bild 10.108  
oben
- Informationsdienst Holz,  
München: Bild 10.25,  
10.39, 10.42
- Interpane, Lauenförde: Bild  
6.65
- Isolar-Glasberatung, Kirch-  
berg: Bild 6.64, 6.68
- Isover, Grünzweig + Hart-  
mann und Glasfaser AG,  
Ludwigshafen:  
Bild 10.35 G.
- Joos Maschinenfabrik  
GmbH & Co, Pfalzgra-  
fenweiler: Bild 3.129
- Knauf Bauprodukte, Ipho-  
fen: Bild 10.36
- Koch Maschinenfabrik,  
Tauberbischofsheim:  
Bild 10.135
- Kölle, Esslingen: Bild 5.35,  
5.45, 5.56 bis 5.60, 5.63,  
5.86 Chem. Fabriken  
Kömmerling KG, Pirma-  
sens: Bild 10.162a
- Leitz, Oberkochen: Bild  
5.67 bis 5.69, 5.71, 5.75
- Maier, Fellbach: Bild 4.76
- Metzeier Schaum GmbH,  
Memmingen:  
Bild 6.39, 6.41
- R. Montenegro, Möbel,  
Orbis-Verlag, München:  
Bild 8.103 bis 8.105
- Oni-Metallwarenfabriken  
Günter & Co, Vlotho:  
Bild 8.21 bis 8.23,  
8.25, 8.29
- Parador, Coesfeld:  
Bild 10.45
- Perenator, Alfred Hagen  
GmbH, Wiesbaden:  
Bild 10.50b
- Reichenbacher Maschinen-  
fabrik, Dörfles Esbach:  
Bild 5.123, 5.142, 5.144,  
5.145
- E. Rettelbusch, Stilhand-  
buch. Julius Hoffmann

- Verlag, Stuttgart:  
Bild **8.78, 8.80, 8.82a, b, 8.87a, d, 8.89, 8.91, 8.93, 8.96, 8.97a, b**
- Röthlisberger, CH-Gümligen/ Bern:  
Bild: **8.103, b, c**
- Sata-Farbspritztechnik GmbH, Ludwigsburg:  
Bild **9.12, 9.14, 9.15**
- C. F. Scheer&CieGmbH, Stuttgart: Bild **5.85**
- B. Schweitzer: Bild **3.53, 3.54, 3.124, 3.125**
- H. Seling, Jugendstil. Key-sersche  
Verlagsbuchhandlung,  
Die übrigen Bilder wurden dem Verlagsarchiv entnommen.
- handlung, München: Bild **8.101a, e**
- Tesa, S. A., Reningen (Schweiz): Bild **4.5**
- Gebrüder Thonet GmbH, Frankenberg: Bild **8.99**
- Tischler-Kolleg. Karl Kopp Verlag, Freiburg:  
Bild **8.82c, 8.97b**
- Ulmia, G. Ott, Ulm:  
Bild **4.14, 4.15, 4.30 bis 4.32, 4.34, 4.38 bis 4.45, 4.49, 4.58, 4.61 bis 4.64, 4.72**
- Vekaplast, Sendenhorst:  
Bild **10.146**
- Verkehrsverein der Freien Hansestadt Bremen:  
Bild **8.88**
- Vollmer, Biberach:  
Bild **5.44**
- B. Wittchen, Berlin:  
Bild **7.68, 8.3 bis 8.6, 8.100b, 8.106a, 10.108 unten**
- E. Zeiß und Robert E. Luedtke, Gießen:  
Bild **3.8, 3.9, 3.11 bis 3.16, 3.19 bis 3.48, 3.63 bis 3.71, 3.77, 3.78, 3.114, 9.2 bis 9.4**

## Sachwortverzeichnis

(f. = und folgende Seite, ff. = und folgende Seiten)

- Abachi 74  
Abbeizen 392  
Abbeizfluid 392  
Abbinden 273  
Abbindezeit 272  
Abdichtung 416  
abgehängte Decke 128  
Abholzigkeit 47  
Abkanten 264  
Abmaß 125  
Abnormität 50  
Abricht- und Dickenhobelma-  
schine 187  
Abrichten 187  
Abscheider 528  
Absetzsäge 139  
Absolutbemaßung 235  
absolute Luftfeuchtigkeit 61  
Absperffurnier 107  
Abstandsklotz 499  
Abwicklungsmethode 511  
Abziehen 145  
Aceton 274  
Acetylen 257  
Achtelmeter 414  
Acryl-Mineral Werkstoff 106  
Adhäsion 268  
Afromosia 74, 448  
Afzelia 75, 448  
Ägypten 104  
Aggregatzustand 17  
Ahorn 66  
Airless-Spritzverfahren 336  
Akustik/brett 90  
– platte 437  
Alarmglas 286  
Alkohol 258  
Alkydharzlack 399  
Altertum 282  
Aluminium 246  
– fenster 493  
– – Holz-Fenster 417  
Ampere 164  
Analyse 20  
angriffshemmende Verglasung  
251  
Anhangskraft 24  
Anobien 86  
Anomalie des Wassers 21, 416  
Anreißen 125, 243  
Anreißwerkzeug 125, 243  
Anschlussfuge 415  
Antike 331  
– Farbeffekte 398  
APTK-Profil 503  
Aqualack 332  
Arabeske 314  
Arbeit 418  
Arbeiten des Holzes 60  
Arbeits/maschine 155  
– platzgestaltung 526  
– Sicherheit 15  
– Stättenverordnung 526  
– unfall 15  
– vorbereitung 487  
Arkansasstein 155  
Art Nouveau 260  
Arve 70  
Asbestzementplatte 106  
Assimilation 41  
Ast 52  
– fäule 81  
– flickautomat 206  
– lochbohrmaschine 206  
Asymmetrie 330  
Asynchronmotor 161  
Äthylen 257  
Atom 20  
aufgedoppelte Tür 451  
aufgesattelte Treppe 507  
Aufmaß 97, 487  
Aufreiben 264  
Aufsatzband 292  
aufschlagende Tür 342  
Aufschraub/band 463  
– schloss 346  
Aufsteckversenker 148  
Auftragserteilung 394  
Auftrennen 175  
– am Anschlag 179  
Ausbildungsverordnung 14  
Ausformen 96  
ausgefälzte Eckverbindung  
271  
Auskitten 391  
Auslauf-Viskosimeter 270  
Ausreiber 232  
Ausschreibung 16, 487  
Außen/furnier, 107, 108  
– maß 342  
– tur 383  
außereuropäische Hölzer 65  
Automatisierung,  
**Bänder** 305  
Bahnsteuerung 224  
Bajonettwuchs 47  
Balken 95  
– brett 90  
– decke 437  
– schnitt 87  
Balsa 75  
Band/maß 123  
– Sägeblatt 178  
– Schleifmaschine 210  
Bank/knecht, 155  
– räum 12  
Barock 380  
Barometer 217  
Base 32  
Bastschicht 41  
Bau/dübel 293  
– furniersperrholz 99  
– haus 387  
– holz 57  
– laser 123  
– richtmaß 342  
– schnittholz 101  
– sperrholz 99  
– stahl 245  
– stoffklassen 93  
baulicher Holzschutz 76  
Baum/alter 38  
– arten 36  
– gestalt 78  
– krebs 80  
–, Stoffwechsel 34  
–, Wachstum 34  
Begasung 93  
Beizauftrag 397  
– bild negativ 328  
Beizen 394  
Bekleidungsplatte 102  
Belgischer Brocken 157  
Berglahorn 62  
– ulme 62  
Berührungsspannung 168  
Berufs/ausbildung 11  
– feld Holztechnik, 12, 14  
– genossenschaft 12

- Besäumen 175  
 Besäumkreissägemaschine, 177  
 besäumtes Schnittholz 100  
 beschichtetes Sperrholz 100  
 Beschichtungssystem 325, 335  
 Beschickungseinrichtung 421  
 Bestellung 462  
 Bete 76  
 Betrieb 12  
 Betriebsanlage 523  
 – anweisung 15  
 – planung 419  
 – Verfassungsgesetz 420  
 bewegliche Trennwand 367  
 Biedermeier 384  
 Biegefestigkeit 58, 281  
 Biegen 247  
 Bienenwachs 412  
 Bioleim 238  
 biologischer Holzschutz 82  
 Birke 60  
 Birnbaum 68  
 Blätter 60, 272  
 Blättlinge 83  
 Bläue 70  
 Bleichen 393  
 Bleichmittel 393  
 Blendrahmen 413 415, 445  
 Blindfurnier 107  
 Block/bandsäge, 105  
 – rahmen 450  
 – Stapel 65  
 – treppe 510  
 – ware, 98, 101  
 Blüten und Früchte 79  
 Bohle 101  
 Bohlschnitt 87  
 Bohren 150  
 Bohrerarten 149  
 Bohrlochverfahren 93  
 – maschine 220  
 – und Montageautomat 220  
 Bommerband 458  
 Borke 44  
 Borkenkäfer 85  
 Boule, Andre 315  
 Brand/schutz 87  
 – schutzglas 249  
 – schutzplatte 354  
 – verhalten des Holzes, 428  
 Brasilkiefer 74  
 Braunfäule 81  
 Breitbandschleifmaschine 175  
 Breiten/messzeug 108  
 – Verbindung 298  
 Brennen 394  
 Brett 103  
 – bau 327  
 – Schichtholz 103  
 – täfelung 376  
 Bretter/decke 437  
 – schnitt 87  
 – tür 451  
 – Verkleidung 297  
 Breuer, Marcel 322  
 Brikettierpresse 424  
 Brinell 56  
 Bronze 246  
 Buchdrucker, 85  
 Buche 68  
 Bugholz 385  
 Buntbartschlüssel 333  
 Bürsten 394  
 Casein 278  
 Chemie 21, 26  
 chemische Beize 396  
 – Holzschutzmaßnahmen 88  
 – Korrosion 216  
 – Reaktion 21  
 – Trocknung 332  
 – Verbindung 21  
 – Zusammensetzung des  
 Holzes 34  
 chemischer Feuerschutz 81,  
 354  
 Chippendale, Thomas 318, 318  
 Chlorlauge Chlorophyll 34,  
 327  
 CNC-gesteuerte Werkzeugma-  
 schine 241  
 – – Oberfräseautomat 241  
 Cuvillies, Francois 315  
 Dachlatte 88  
 Dämmstoff 263  
 Dampf/bremse 434  
 – sperre 432  
 Dark Red Meranti 91, 492  
 Darrprobe 59  
 Dauerhaftigkeit 41, 76  
 Deckenverkleidung 431, 437  
 Deckfurnier 104  
 Dendrochronologie 46  
 Destruktionsfäule 81  
 Dezibel 424  
 Dichte 20  
 Dichtstoff 485, 494  
 Dichtungs/ebene 409  
 – profil 465  
 – streifen 501  
 Dicken/hobelmaschine 184  
 – messzeug 108  
 – Wachstum 43  
 Diele 112  
 Dielenfußboden 447  
 Diffusion 20  
 digitale Holzfeuchtemessung  
 54  
 Dimensionsware 101  
 direkte Wegemessung 202  
 Dispersion 94  
 Dispersionsleim 262, 273  
 Distanzklotz 407  
 Doppel/abkürz-Kreissäge-  
 maschine 177  
 – endprofiler 175  
 – kern 48  
 – verglasung 480, 481  
 Dormmaß 347  
 Douglasfichte, -tanne 70  
 Douglasie 69  
 Drahtstift 58  
 Dreh/beschläge 340  
 – festigkeit 58  
 – kippbeschlag 490  
 – kreuztür, 451  
 – moment 133  
 – stangenschloss 346  
 – strom 161  
 – tür 342, 344  
 – wuchs 47  
 Druckfestigkeit 57  
 – holz 42  
 – kesselpistole 336  
 Druckluft/anlage 408  
 – betriebene Handmaschine,  
 219  
 – nagler 291  
 – Spritzpistole 335  
 – ventil 197  
 – – Volumen-Gasgesetz 191  
 Dübel 229  
 – lochbohrer 206  
 – lochbohrmaschine 206  
 Durchfallast 53  
 Duroplast 261  
 Eau de Javelle 325  
 Ebenholz 75  
 Echter Hausschwamm 83  
 Echt-Quartier-Messern 106  
 Edelstahl 245  
 Egalisieren des Saugvermö-  
 gens 394  
 Eiche 66  
 – gekalkt 398  
 Eigenlast 23

- Einbau/möbel 326  
 – schrank 368  
 Einblattkreissägemaschine 159  
 Einbohrband 338, 341  
 Einfachfenster 479, 480  
 – verglasung 391  
 eingefärbte Grundierung 330  
 – Lacke 330  
 eingeschobene Treppe 510  
 eingestemte Treppe 510  
 Einkammersystem 403  
 Einlassschloss 346  
 Einscheibensicherheitsglas 280  
 Einschlag 96  
 einschlagende Tür 341  
 Einsteckschloss 346  
 Einstell/lehre 189  
 – messlehre 189  
 Einster/mmband 381  
 Einweg-Hobelmesser 121  
 Einzelfuß 334  
 Eisen 290  
 elastische Dichtungsmasse 409  
 Elastizität 54  
 Elastomer 272  
 elektrische Anlage 13  
 – Arbeit und Leistung 142  
 – Leitfähigkeit 161  
 – Schnellmessverfahren 63  
 – Spannung 161  
 – Steuerung 220  
 – Widerstände 420  
 Elektrizität 161  
 elektrochemische Korrosion 216  
 – Spannungsreihe 141  
 elektromagnetisches Feld 143  
 Elektro/motor 136  
 – technik 161  
 Elektron 28  
 elektronische Steuerung 225  
 elektrostatisches Spritzverfahren 378  
 Element 20  
 – wand 528  
 Eloxieren 247  
 Emaillieren 247  
 Emissionswert/E-Klasse 103  
 Empire-Stil 384  
 Emulsion 26  
 Endloswand 365  
 Energie 418  
 englischer Zug 302, 303  
 Entharzen 391  
 Epoxidharzkleber 273  
 Erdstamm 98
- Erle 72  
 Erosion 40  
 Erste Hilfe 19  
 Esche 66  
 Espagnolettenschloss 347  
 Espe 73  
 Essigsäure 254  
 Ester 400  
 Etagenwagen 526  
 europäische Hölzer 54  
 explosionsgefährdete Werkstoffe 15  
 extraharte Holzfaserplatte 105  
 exzentrisch Schälern 93  
 exzentrischer Wuchs 47
- Fachboden 302  
 Fällern 82  
 Falttür 450  
 Falzhobel 144  
 Farbe 41  
 Farb/mittel 277  
 – stoffbeize 328  
 Fase/brett 299  
 – profil 299  
 Faserplatte 98  
 – Sättigung 62  
 verlauf 47  
 Faux-Quartier-Messern 106  
 Feder 226  
 – stahl 221  
 Feilen 243  
 – arten 243  
 – hieb 265  
 feinjähriges Holz 40  
 Feinsäge 136  
 Feld/ahorn 44  
 – ulme 71  
 Fenster 288  
 – arten 479  
 – band 298  
 –, Beanspruchungsgruppe 275  
 – beschlag 398  
 –, Bezeichnungen 358  
 – einbau 470  
 – flügel 476  
 – glas 284  
 – konstruktion 476  
 – profil 197  
 – rahmen 496  
 – verglasung 498  
 – verschluss 398  
 – Werkstoffe 416  
 Fertigparkett 447  
 Fertigungs/ablauf 523  
 – bereich 524
- planung 552  
 Festigkeit 56  
 feststehende Trennwand 441  
 Fettfleck 325  
 Feuchteschutz 88  
 feuer/feste Verglasung, 429  
 – gefährdete Werkstoffe 22  
 – löscher 356  
 – schütz 353  
 – schutzsalze 81  
 – schutztür 380  
 – Widerstandsklasse 477  
 Fichte 63  
 Filmbildner 399  
 Finanzierungsplan 524  
 Finelinefurnier 49  
 Finger/zapfen 320  
 – zinken 320  
 Fitschen 338, 462  
 Flächenhobel 143  
 Flach/messern 106  
 – pressplatte 112  
 – riemen 170  
 – rundschraube 249  
 Fladerschnitt 55  
 Flächenhobel 145  
 Flatterulme 62  
 Fliehkraft 162, 197  
 Fließ/band 425  
 – becherpistole 406  
 Floatglas 280, 282  
 Flügel/ast 53  
 – rahmen 496  
 flüssiges Holz 326  
 Flur(ketten)förderer 421  
 Föhre 69  
 Fördermittel 526  
 Form/änderung 59  
 – barer Dichtstoff 409  
 – feder 297  
 – hobel 143  
 – Sperrholz 116  
 Formaldehyd 118  
 Formatkreissägemaschine 180  
 Forstnerbohrer 151  
 Forstschädling 73  
 Fortbildung 14  
 Fotosynthese 36  
 Framire 75  
 Fräser 195  
 – radiuskorrektur 237  
 Fräsmaschine 195  
 Französischer Keilverschluss 263  
 Freilufttrocknung 65  
 Freiwinkel 137



- Frequenz 422  
 Frostleiste 47  
 Früchte und Blüten 79  
 Früh/holz 43  
 – linde 73  
 Fuchsschwanz 139  
 Fuge 297, 298  
 Füge- und Feinschnittmaschine 186  
 Fügen 109  
 Füllmittel 276  
 Fugendurchlasszahl 390  
 Fungizid 80  
 Funktionstabelle 228  
 Furnier 107  
 – fehler 109  
 – herstellung 105  
 – leim 278  
 – platte 316  
 – säge 109  
 – sperrholz 112  
 Furnieren 105  
 Fußboden/leiste 90  
 – verlegeplatte 102  
 Futterahmen 450
- G**  
 Gabelstapler 527  
 Gabelung 48  
 Gabun (Okoume) 67  
 galvanisches Element 247  
 Galvanisieren 216  
 Gatterschnitt 86  
 gedübelte Eckverbindung 278  
 – Fuge 297  
 Gefährdungsklassen 89  
 Gefahrstoffe 17  
 Gefahrstoffsymbole 15, 82  
 – Verordnung 17  
 gefederte Eckverbindung 321  
 Gefüge 155  
 gegratete Eckverbindung 271  
 Gehörschutz 177  
 Gehrungs/kappsäge 185  
 – kappsäge 120  
 – maß 158  
 – schneidlade 158  
 – stoßlade 155, 158  
 – zinkung 319  
 – zwinge 136  
 gemasert 55  
 Gemeine Esche 71  
 Gemenge 20  
 genagelte Eckverbindung 270  
 Geräusch 423  
 geriegelt 55  
 Gerippewand 442
- Geruch 54, 79  
 Geschwindigkeit 169  
 gespundete Eckverbindung 321  
 – Fuge 297  
 gespundetes Brett 103  
 Gestell/säge 138  
 – Verbindung 323  
 Gewichtskraft 134  
 Gewindeschneiden 251  
 gewöhnlicher Nagelkäfer 75  
 gezinkte Eckverbindung 237  
 giftige Werkstoffe 15  
 Giftklasse 81  
 Gips/faserplatte 436  
 – kartonplatte 436  
 – spritzer 326  
 Glanz 54  
 Glas 246  
 – ätzen 247  
 – bearbeitung 247  
 – dicke 282, 496  
 – eigenschaften 245  
 – erzeugnisse 284  
 – falz, 480, 496, 500, 501  
 – herstellung 280  
 – lagerung, transport 251  
 – schiebetür 354  
 – schneiden 253  
 – tür 451  
 Gleichgewicht 162  
 Gleichstrom 164  
 – motor 144  
 Gleitreibung 134  
 Gliedermaßstab 126  
 Glutinleim 278  
 Glykolether 400  
 Goldener Schnitt 331  
 Gotik 376  
 Grat 283  
 – hobel 144  
 – leiste 454  
 – nut 313  
 – säge 139  
 Grauguss 244  
 Gravitation 16  
 Griechenland 374  
 grobjähriges Holz 40  
 Gropius, Walter 322  
 Gründerzeit 385  
 Grünerle 72  
 Grundhobel 144  
 Grundieren 392  
 Gusseisen 246  
 Güteklasse 96, 97  
 – Sortierung 97  
 Guimard, H. 321
- Gusseisen 246  
 – glas 246  
 – legierung 244
- H**  
 Hänge/förderer 523  
 – kran 527  
 Härte 56  
 – grad 139  
 Härter 270  
 Haftreibung 134  
 Hagebuche 72  
 Hainbuche 44  
 Halb/rundholzschraube 293  
 – hohlkehlenprofil 90  
 – rundholzschraube 255  
 – rundschalen 106  
 Hallimasch 81  
 Hand/bandschleifer 213  
 – bohrmaschine 149  
 – fräsmaschine 205  
 – hobelmaschine 188  
 – kreissägemaschine 175  
 – nutfräsmaschine 205  
 – oberfräse 194  
 – Schlagbohrmaschine 209  
 – Schleifmaschine 210  
 – vorspannsäge 119  
 – werksbetrieb 135, 531  
 Handelsformen 95  
 Harmonikatür 451  
 Harnstoffharzleim 120, 278  
 harte Holzfaserplatte (HFH) 104  
 Hart/metall 252  
 – schaumplatte 106  
 Harze 412  
 Harz/fluss 66  
 – gänge 79  
 – galle 43  
 – leiste 340  
 Haus/bock 80  
 – faule 72  
 – schwamm 83  
 – tür 465  
 Hebelbühne 422  
 – fenster 307  
 – tür 399  
 – zeug 421  
 Hebel(gesetz) 114  
 Heilbronner Sortierung 97  
 Heißluftverfahren 93  
 Hemlock, Schierlingstanne 74  
 Hepplewhite 383  
 Hertz 423  
 Hilfsspannstock 156  
 Hinterlüftung 431  
 Hirnholz/feder 258

- hobel 123
- schnitt 101
- Historismus 385
- Hobel/arten 142
  - bank 146
  - eisen 145
  - fehler 145
  - maschine 194
  - messer 171
  - winkel 142
- Hobeln 142
- Hochdruckspritzen 402
- hochlegierter Stahl 245
- Hochleistungstrockner 67
- Höchstdruckverfahren 407
- Höhenmaß 343
- Hörschwelle 423
- Hohl/beitel 147
  - kehlprofil 90
  - räumplatte 105
- Holz 33
  - arten 60
  - aufbau 56
  - auswahl 64
  - bearbeitung mit Geräten und Maschinen 139
  - bearbeitungsmaschine, numerisch gesteuerte 195
  - bestimmung 69
  - , Programmierung 223
  - brüter 85
  - , chemische Zusammensetzung 35
  - eigenschaften 47, 69
  - farbe 433
  - faser-Dämmplatte 119
  - – – Hartplatte 122
  - fehler 46
  - fenster 473, 482
  - feuchtemessung 59
  - feuchte(gleichgewicht) 52, 53
  - feuchtigkeit 56
  - fußboden 447
  - gütebedingungen 401
  - , Handelsformen 96
  - lagerung 56
  - inhaltsstoffe 41
  - merkmale 46
  - mit Werkzeug 195
  - pflaster 447
  - platte 350
  - profil 393
  - Schädling 85
  - schliff 390
  - schraube 290
  - Schutzmaßnahmen 86, 428
  - Schutzmittel 88
  - spiralbohrer 150
  - Spanplatte 120
  - trocknung 64
  - Verbindung 256, 264, 309
  - Werkstoffe 113
  - wespe 80
  - wolle-Leichtbauplatte 117
  - wuchsfehler 39
  - zerstörende Insekten 80
  - Zeichnung 79
  - Pilze 79
- Horizontalgatter 86
- Hornbaum 72
- Hub/stangenschloss 296
  - tisch 422
  - wagen 526
- Hydraulik 215
- hydraulische Geräte 187
  - , Steuerung 220
  - Presse 216
- hydrostatischer Druck 187
- hygroskopisch 60
- Iloba 66
- Imprägnierlasur 442
- indirekte Wegemessung 231
- Industrie/betrieb 531
  - holz 95
- Infraschall 423
- Injektionsverfahren 93
- Inkrementalbeaßung 224
- inkrementale Wegemessung 202
- Innen/schubkasten 356
  - tür 451
- Insekt 86
- Intarsie 328
- Internationales Einheiten-system 17
- Iroko (Kambala) 66
- Isolier/fenster 391
  - glas 280
- Jahr(es)ring 38
- Joule 418
- Jugend/arbeitsschutzgesetz 19
  - stil 385
- kalter Fluss 503
- Kambala (Iroko) 66
- Kambiumschicht 41
- Kanten/fräse 204
  - lemmaschine 108
  - Schleifmaschine 211
  - zwinge 156
- Kant/holz 95
  - schnitt 101
- Kapillarität 25
- Karniesprofil 90
- Kaseinleim 274
- Kassette 240
- Kassetten/decke 437
  - tür 466
- Kasten/eckverbindung 298
  - fenster 479
  - Stapel 66
- Kehlautomat 188
- Keil 135
  - riemen 170
  - winkel 131
  - zinken 324
- Kellerschwamm 83
- Kelvin 417
- Kern/holz 43
  - holzbaum 40
  - reifholzbaum 44
  - riss 45
- Kesseldruckverfahren 93
- Ketone 400
- Ketten/bemaßung 235
  - fräsmaschine 195
- Kiefer 63, 413
- Kiefernspinner 85
- Kirschbaum 73
- Kitt 204, 501
  - fräse, 204
- Klammer 432
- Klang 423
- Klappe 351
- Klarlack 401
- klassische Schubkastenführung 360
- Klassizismus 383
- Klavierband 294
- Kleben 250, 279
- Kleber 277, 278
- Klebstoff 264
  - arten 271
  - , Beanspruchungsgruppe 466
  - , Normung 245
- Klebzeit 236
- Kleinhempfl, E. 321
- Klemmenzwinge 135
- Klima 45
- Klopfkäfer 75
- Kluppen 98
- Knall 423
- Kneifzange 290
- Knickfestigkeit 58
- Körper 18
  - schall 424

- Kohäsion 268  
 Kohlen/stoff 245  
   – Wasserstoff 256  
 Kombinations/beize 329  
   – zange 292  
 Kommode 381  
 Kompressor 402  
 Kondensations/leim 273  
   – trocknung 67  
 Konsoltischchen 382  
 konstruktive Feuerschutzmaß-  
   nahmen 353  
 Kontakt/kleber 262  
   – korrosion 243  
 Konterlattung 431  
 Kontrastwirkung 331  
 Koordinate 230  
 Koordinatensystem 230  
 Korkeiche 71  
 Korngrößen 392  
 Korrosion 93  
 Korrosions/fäule 80  
   – schützt 216  
 Koto 75  
 Kraft 132  
 Kräfteparallelogramm 132  
   – moment 133  
 Kran 422  
 Kranz 333  
 Kredenz 378  
 Kreissägeblatt 182, 183  
 Kreuz/hieb 152  
   – überblattung 305  
 Kronenfuge, 302, 303  
 Kropfstück 508  
 Kronenfuge 302  
 Kröpfung 462  
 Krummschäftigkeit 47  
 Krümmung 511  
 künstliche Trocknung 58  
 Kunst/bohrer 179  
   – harz-Pressholz 115  
 Kunststoff 254, 255  
   – arten 259  
   – bearbeitung 263  
   – beschichtete dekorative  
     Flachpressplatte 117  
   – beschichtung 372  
   – bestimmung 255  
   – eigenschaften 229  
   – – Fenster 413  
   – herstellung 225  
 Kupfer 247  
 Kürschner 111  
 Kurzschluss 161
- Lack** 392  
   – arten 399  
   – lasur 399  
   – mus 32  
   – trocknung 400  
 Lackieren 396, 399  
 Lackier/fehler 400  
   – schaden 402  
   – technik 399  
   – verfahren 405  
 Längen/messzeug 109  
   – Wachstum 45  
 Längsholzfeder, 297  
   – Verbindung 298  
 Lärche 70  
 Lärm 15  
   – schaden 416  
 Lager 15  
   – fäule 71  
   – platz 65  
 Lamellendecke 437  
 Lamellofeder 268  
 Lang/band, 462  
   – holz 96  
   – lochbohrmaschine 206  
 Lappenband 292  
 Larve 86  
 Laser 128  
 Lattentür 451  
 Laubfärbung 39  
   – hölzer 67, 68  
 Laufkatze 527  
 Lauge 32  
 Lautstärke 424  
 Le Corbusier 388  
 legierter Stahl 243  
 Legierung 244  
 Leicht/holz 75  
   – metall 248  
 Leim/durchschlag 391  
   – kitt 392  
   – wulst 391  
   – Zusatzstoffe 276  
 Leinöl 412  
 Leistung 135f.  
 Leistungs/schild 165  
   – verzeichnis 484  
 Leiter 161  
 Leit/fähigkeit 59  
   – zelle 41  
 Leitungsschutzschalter, 167,  
   168  
 liches Maß 464  
 Lignin 42  
 Limba 76
- Linde 68  
 Linsenkholzschraube 293  
 Listenware 101  
 Lochbeitel 148  
 Lösung 26  
 Lösungsmittel 278f., 505  
   – kleber 277  
 logische Signalverknüpfung  
   198  
 Lüftung 473  
 Luft 29  
   – druck 279  
   – feuchtigkeit 61, 67, 418  
   – riss 64  
   – schall 424  
   – temperatur 60f.  
   – verschmutzung 30
- magnesitgebundene Spanplatte**  
   120  
 Magnetfeld 165  
 Mahagoni 77  
 Makassar 75  
 Makore 76  
 Makromolekül 254  
 Mansonia 76  
 Mark(röhre) 43  
   – strahl 43  
 Marketerie 400  
 Marktanalyse 524  
 Maschinen/aufstellungsplan 524  
   – bohrer 205f.  
   – nullpunkt 232  
   – raum 12  
 Maser/furnier 107  
   – wuchs 49  
 Masse 20  
 Maßordnung im Hochbau 413  
 Mattieren 403  
 Maueranschlag 504  
   – dübel 290  
   – tasche 459  
 maximale Luftfeuchtigkeit 61  
 mechanische Schubkastenfüh-  
   rung 307  
   – Steuerung 220  
 Mechanisierung 530  
 Mehr/kammersystem 503  
   – scheibenisoliertes 284  
   – Seitenhobelmaschine 193  
   – zweckmaschine 209  
 Melaminharzleim 277  
 Meranti 76  
 Messen 125  
 Messer/befestigung 198

- furnier 106
- welle 193
- Messern 106
- Messing 246
- Mess/latte 126
  - lehre, 126
  - Schieber 126
- Metall 243
  - bad 247
  - bearbeitung 247
  - spiralbohrer 150
- Meter 127
  - riss 414
- Mineralfaser-Dämmstoffe 123
- Mischverfahren 408
- Mittel/alter 376
  - dichte Holzfaserplatte (MDF) 120
  - gatter 98
  - harte Holzfaserplatte (HFM) 120
  - stamm 98
- Mittenstärkesortierung 97
- Modern Style 381
- Modul 446
- Möbel/arten 326
  - bau 120
  - korpus 329
  - maße 326
  - – Oberteil 203
  - – Schlösser 345
  - stillkunde 375
  - teile 229
  - unterbau 332
- Molekül 27
- Mondring 51
- Montage/leim 278
  - wand 528
- Motorschutz 167
- Msambu 75
- M-Schraube 295
- Multiplexplatte 124
- Mutterarten 295
- Mycel 81
  
- Nadelhölzer 70, 86
- Nagekäfer 86
- Nagel 290
- Nass/abscheidung 409
  - schliff 211
  - verglasung 503
- Natriumsulfid 387
- natürliche Leime 273
  - Trocknung 67
- Naturharzöl 404
- NC-Lack 399
  
- – Schaltung 164
- Neigung 508
- Nennmaß 125
- Neue Sachlichkeit 322
- Neutralisation 34
- Newtonmeter 418
- Niangon 492
- Nichteisenmetall 243
  - leiter 166
- Nichteigen
- Nicht-Schaltung 228
- Niederdruckspritzen 405
- niedriglegierter Stahl 242
  - temperaturtrocknung 68
- Nieten 244
- Nitrozelluloselack 392
- Nonius 126
- Nonne 85
- Normaltemperaturtrocknung 65
- Normung 245
- Nullpunktverschiebung 232
- Nullung 494
- numerisch gesteuerte Holzbearbeitungsmaschine 269
- numerische Steuerung 274
- Nussbaum 79
- Nutenbartschlüssel 347
- Nut/hobel 144
  - leistenführung 360
- Nutzholzarten 38
  
- Oberboden 445**
- Oberflächenbehandlung 390**
- Oder-Schaltung 228**
- Öffnungsmaß 413**
- Öl/emulsion 95**
  - fleck 390
- ölige Holzschutzmittel 79**
- Ohm 164**
- Ohmsches Gesetz 164**
- Okoume, Gabun 80**
- Olbricht, J.M. 390**
- Oregon Pine, Douglasie 61, 400**
- OSB-Platte 118**
- Osmose 26**
- Oxalsäure 393**
- Oxidation 31**
- Oxidationsfleck 396**
- oxidative Trocknung 400**
  
- Padouk 76**
- Palisander 76**
- Paneel 117**
  - platte 116
- Panzerglas 286**
- Pappel 73**
- Parallelschraubstock 156**
- Parana Pine 74**
- Parenchymzelle 36**
- Parkett/boden 425**
  - käfer 86
- Patinieren 398**
- Pendel/kreissäge 185**
  - tür 451
  - türbeschlag 423
- Penduloband 423**
- Periodensystem 28**
- Pflanzenwachse 412**
- Phenolharzleim 276**
- pH-Wert 21**
- Physik 21**
- physikalische Trocknung 401**
- Pilze 81**
- Pitch Pine 74, 492**
- Plaste 254**
- plastischer Kitt 503**
- Plastomer 272, 278**
- Platten/bandförderer 526**
  - bau 327
  - decke 440
  - format-Kreissägemaschine 185
  - roller 526
  - täfelung 435
  - werkstoffe 112
- Pneumatik 215**
- pneumatische Steuerung 219**
- Pockholz 77**
- Polieren 401**
- Poly/addition, -addukt 226**
  - amid 258
  - chloropren 503
  - esterlack 399
  - kondensat(ion) 226, 240
  - merisat(ion) 225
  - propylen 264
  - styrol 257
  - sulfidmasse 410
  - urethankleber 251
  - urethanlack 333
  - urethanmasse 410
  - vinylacetatleim 278
  - vinylchlorid(PVC) 226, 411
- Posthornwuchs 85**
- poröse Bitumen-Holzfasersplatte 113**
  - Holzfasersplatte 113
- Posthornwuchs 48**
- Press/schweißen 224**
- vorrichtung 351**

- zeit 272
- Profil/fräsaautomat 170
- blatt 99
- maschine 170
- Programm 224
- nullpunkt 232
- programmierbare Steuerung 223
- Programmieren von Holzbearbeitungsmaschinen 224
- eines Werkstücks 227
- Proportion 520
- Proportionalteilung 511
- Proton 28
- Prozessregelung 224
- Prüfprädikate 92
- Punktsteuerung 232
- Putzhobel 143
- Pyramiden/furnier 105
- pappel 74
  
- Quellen** 60
- Querschnitt 45
  
- Radialfurnier** 108
- schnitt 101
- Radiokarbonmethode 46
- Räuchern 395
- Rahmen 298
- bau 157
- ecke 455
- eckverbindung 323
- täfelung 434
- tür 450
- Ramin 77
- Raspelhiebs 152
- Raspeln 153
- Rastermaß 447
- Rauhbank 109
- Raumleiter 368
- Wirkung 390
- Raupe 85
- Reaktionsholz 50
- Rechte-Hand-Regel 230
- Recycling 254
- Red Cedar Western 74
- Red Pine 74
- Redoxvorgang 31
- Reduktion 31
- Redwood Sequoia 75
- Referenzpunkt 232
- Reformputzhobel 143
- Regelkreis 225
- Regeln 153
- Reibungskraft, -zahl 115
- Reifholz 43
- baum 44
- Reihenlochbohrmaschine 206, 208
- Reißnadel 130
- relative Luftfeuchtigkeit 61
- Renaissance 378
- Resitzolzzustand 275
- Resitzzustand 275
- Resolzzustand 275
- Resorcinharzleim 276
- Richtschnur 127
- Richtungsmesszeug 129
- Riegel 345
- locheisen 148
- Riemen 170
- Scheibe 171
- Riemerschmid, R. 320
- Rietveld, G. 321
- Riftschnitt 87
- Rillendübel 257
- Rinde 43, 81
- Rindenbrüter 85
- Ring/riss 55
- schäle 52
- Ritzen 283
- Röllchenbahn 527
- Römer 375
- Roentgen, David 315, 318
- Roh/bau-Richtmaß 413
- dichte 60, 116
- holzsortierung 96
- Rohe, Mies van der 323
- Rokoko 382
- Rolladen 14
- Roll/bahn 422
- bandmaß 123
- reibung 134
- Romanik 376
- Rosenheimer Tabelle 498
- Rost 31
- Rot/buche 70
- eiche 72
- erle 73
- fäule 54
- fichte 69
- streifigkeit 54
- Rückensäge 139
- Rück/schlagsicherung 184
- wand 445
- Rüster 71
- Rund/ast 53
- Endlosschalen 108
- holz 105
- schälen Blatt für Blatt 106
- Rustikalbeize 330
- Rutsche 423
- Säbelwuchs 48
- Säge 138
- arten 138
- blatt 139
- furnier 105
- maschine 175
- maß 99
- raspel, 152
- zahn 136
- Sägen 136
- Säurerest 34
- Saftverdrängungsverfahren 94
- Salz 34
- Sandeln, Sandstrahlen 247, 327
- Sapeli 77
- Satz(format) 205
- Sauerstoff 27
- Saugbecherpistole 406
- saurer Regen 36
- Schäftung 303
- Schäl-furnier 115
- Schall 416
- arten 422
- dämmende Tür 461
- dämmung 280, 284f.
- geschwindigkeit 423
- pegel 424
- schluckende Maßnahmen 424
- schluckgrad 424
- schütz 350, 364, 388
- schutzglas 249
- Scharnier 344
- Schattenfugensäge 161
- schaumbildende Feuerschutzmittel 250, 354
- Scheibenschleifmaschine 211, 213
- Scheinbalken 436
- Scherfestigkeit 58
- Schicht/holz 96, 121
- pressstoffplatte (HPL) 121
- Schiebetür 354, 450
- Schieblehre 126
- schiefe Ebene 135
- Schierlingstanne 75
- Schiffshobel 144
- Schlagzwinde 148
- Schlangenbohrer 141
- Schlauchwasserwaage 127
- Schleifen 392
- Schleif/igel 213
- maschine 210
- mittel 390
- papier 142

- regeln 393
- Schlichthobel 143
- Schließblech 346
- Schlitz- und Zapfenverbindung 306
- Schlossschraube 293
- Schlüssel 345
  - schraube 293
- Schmelz/kleber 279
  - schweißen 264
- Schmerzschwelle 422
- Schmiege 129
- Schnäpper 344
- Schneckenbohrer 128
- Schnellarbeitsstahl 214
- Schnittarten 99
  - bewegung 220
  - geschwindigkeit 251
  - güte 250
  - holz 95f., 99
  - –, besäumtes 101
  - – lager 418
  - klassen Bauholz 99
  - Winkel 127, 251
- Schrägzinken 320
- Schrankwand 445
- Schraube 293
- Schraubendreher 294
- Schraub/knecht 134
  - Verbindung 249
  - zwinge 135
- Schreinerhammer 127
  - klüpfel 149
- Schrittmaßformel 512
- Schropp-, Schrupphobel 122
- Schubkasten 367
- Schubkasten 361
  - arten 356
  - eckverbindung 321
  - führung 359
  - schloss 346
- Schutz/ausrüstung 14
  - erdung 166
  - funktionen 33
  - haube 148
  - isolierung, 168, 169
  - kleinspannung, 168
  - leiter(system) 166
  - Schaltung 167
  - trennung 168
- Schwartengatter 96
- Schwarz/erle 63
  - pappel 73
- Schwefelporling 81
- Sehweifarbit 154
- Schweißen 264
- Schwellenholz 97
- Schwer/kraft 23
  - metall 243
- Schwinden 62
  - axial 62
  - radial 62
  - tangential 62
- Schwindriss 55
- Schwingbeschlag 399
  - Schleifer 392
- Sechskantschraube 295
- Sehneinschnitt 77
- Seitengestell 334
- Sen 77
- Senker 150
- Senkholzschraube 293
  - schraube 293
- Sepa-Scharnier 344
- Sequoia 74
- Setzstufe 509
- Sheraton 383
- SH-Lack 401
- Sibirische Zeder 70
- Sicherheitsglas 281
- SI-Einheiten 22
- Silber/ahorn 72
  - pappel 74
  - tanne 70
- Siliconmasse 410
- Simshobel 143
- Sipo 77
- Sklerenchymfaser 46
- Sockel 329
- Solartrocknung 67
- Sommer/eiche 71
  - linde 73
- Sonder/leim 240
  - stahl 245
  - tür 380
- Sonnenschutzglas 251
- sozialer Betriebsbereich 418
- Spänebeseitigung 528
- Spätholz 45
- Spaltfestigkeit 58
  - schnitt 37
- Span/holz-Formpressstoff 123
  - platte 118
  - plattenschraube 257
  - tischlerplatte 103
  - winkel 137
- Spann/klammer 135
  - rückigkeit 47
  - säge 138
  - Vorrichtung 178
  - Werkzeuge 155
- Spannungs/arten 165
  - messer 164
- Speicherprogrammierte Steuerung 227
  - zelle 44
- Sperrholz 112ff.
  - holzformteile 100
  - tür 451
  - ventil 197
- spezifische Wärmekapazität 347
- Spiegel/glas 251
  - schnitt 99
- Spiralbohrer 150
- Spitzahorn 72
  - bohrer 111
  - zirkel 112
- Splintholz 44
  - baum 44
  - käfer 86
- Spore 79
- Spreizzange 157
- Spritzen 402
- Spritzpistole 405
  - raum 13
  - störung 407
  - technik 408
- Sprossenverbindung 309
- Sprühen 92
- Stab-, Stäbchensperrholz 99
  - profil 90
- Ständerbohrmaschine 201
- Stahl 245
  - einteilung 244
  - erzeugung 244
  - normung 245
- Stamm/fäule 70
  - teile 40, 43
- Stangenscharnier 343
  - schloss 346
  - sortierung 97
  - zirkel 112
- Stapel 66
  - leiste 340
  - unterbau 65
- stationäre Bohrmaschine 206
  - Oberfräsmaschine 194
  - Schleifmaschine 175
- Stay-Log-Schälen 107
- Stechbeitel 148
- Steigung 509
- Steigungsverhältnis 507
- Stein/eiche 72
  - linde 73
- Stemmeisen 148
- Stemmen 147
- Stern-Dreieck-Schaltung 143

- holz 114
- riss 55
- Stetigförderer, 526
- Steuerkette 224
- Steuern 224, 225
- Steuerungsarten 225, 232
- Stichsäge 173
- maschine 177
- Stickstoff 28
- Stieleiche 72
- Stift 291
- Stilkunde 374
- Stockigkeit 82
- Stockschraube 257
- Stoff 21
- Wechsel 46
- Stollen/bau 328
- fuß 334
- Strahlenschutztür 451
- Strangpressplatte 117
- – Röhrenplatte 455
- Streckensteuerung 233
- Streichen 92
- Streichmaß 124
- Streifenhobelmesser 187
- platte 114
- Strobe 75
- Strom 161
- kreis 162
- messer, 164
- stärke 162
- ventil 226
- Strukturformel 29
- Strukturieren 394
- Stülpchalungsbrett 101
- Stürzen 104
- Stützzelle 46
- Stufen/bohrer 129
- verziehung 508, 510
- stumpf aufschlagender Schubkasten 357
- eingelassene Eckverbindung 321
- stumpfe Fuge 298
- leim/fuge 262
- Substratbeize 329
- Süßkirsche 73
- Summenformel 29
- Suspension 26
- Symmetrie 330
- Synthese 27
- synthetischer Leim 272
- Systemmöbel 444
- Tablettauszug 356, 359
- Tangentialschnitt 44
- Tanne 70
- Tannenblätling 83
- Tauchverfahren 397
- Taupunkt 61
- Teak 77
- technisch-konstruktive Holzschutzmaßnahmen 88
- technische Schädlinge 83
- Trocknung 65, 68
- technischer Betriebsbereich 418
- Tellerschleifer 392
- Temperatur 411
- Terpentin 404
- Testbenzin 404
- Textur 54
- T-förmige Verbindung 322
- Thermo/meter 417
- plast 261
- Thonet, Michael 386
- Thiokol 502
- Tisch/bandsägemaschine 177
- fräsmaschine 195
- kreissägemaschine 177
- Toleranz 125
- Ton 423
- Topf/scharnier 333
- zeit 268
- Torsionsfestigkeit 58
- Tracheen 43
- Tracheide 46
- Tränken 80
- Tragklotz 499
- Transport/mittel 526
- wagen 526
- Trauben/eiche 72
- Traubenkirsche 73
- Trennen mit Laser 266
- Trennschnitte 44
- Trenn/wand 441
- , bewegliche 442
- element 441
- , feststehende 442
- Treppe 507
- Treppen/abmessungen 509
- arten 509
- auge 508
- geländer 508
- lauf 508
- podest 508
- Tritt/schall 426
- stufe 508
- Trocken/abscheidung 408
- schliff 154
- unterboden 371
- verglasung 503
- Trocknung 396
- Trocknungsschäden 68
- Tuluol 334
- Tür 451
- arten 450
- beschlag 381
- blatt 456
- blattgrößen 457
- blattkonstruktion 374
- dichtung 416
- drücker 464
- füllung 383f.
- futter 453
- futterstrebe 158
- maße 450
- Scharnier 462
- Spanner 157
- Umrahmung 451
- verschluss 382
- zarge 372
- Überblattung 303
- überfälzte Fuge 260
- Tür 342
- überfälder Schubkasten 305
- Überhitzung 184
- überschobene Schalung 298, 300
- Übersetzungsverhältnis 170, 172
- Überwallung 52
- Ulme 63
- Ultraschall 423
- Umfangsgeschwindigkeit 172
- Umleimerfräse 177
- Umschlingungswinkel 170
- Umweltschutz 268
- UND-Schaltung 228
- Unfallgefahren 161
- verhütung 13 ff., 327, 331, 339, 340\* 353, 412
- Ungarische Esche 71
- ungespannte Säge 138
- Universalmotor 167
- unlegierter Stahl 245
- Unterfurnier 104
- Unterkonstruktion 431, 432
- Untertischkappsäge 185
- unverleimte Breitenverbindung 298
- UP-Lack 401
- U-Wert 287, 420
- Utile, Sipo 91
- VDE-Schutzmaßnahmen 168
- Velde, Henry van de 320
- Verätzungsgefahr 393

- Verbindungs/programmierte Steuerung 198  
 – schraube 293  
 Verbreiterung 433  
 Verbrennung 118  
 Verbundfenster 479  
 – Sicherheitsglas 280  
 Verdünnungsmittel 393  
 Verfärbung 69, 107  
 Verfahr-/achse 200  
 – weg 233  
 Verfärbung 68, 105  
 Verglasung 496  
 Verglasungssystem 497  
 Vergütungsstahl 245  
 Verklotzen 500  
 Verleimfehler 108  
 verleimte Breitenverbindung 298  
 Verleimungsarten 271  
 Verschalung 68  
 Verstärkung 433  
 Verstockungsmittel 90  
 Vici-Scharnier 344  
 Vielblattkreissägemaschine, 177  
 Viertelstabprofil 90  
 Viskosität 400  
 VOB 413  
 Vogelaugenahorn 71  
 Voll/gatter 95  
 – holzigkeit 47  
 Volt 141  
 vorgeformter Dichtstoff 410  
 Vorlegeband 494  
 Vorratsware 101  
 Vorsatzschale 434  
 Vorschub/apparat 170  
 – arten(Fräsen) 199  
 Vorschubgeschwindigkeit 192  
 vorspringende Tür 342  
 vorspringender Schubkasten 361  
  
**Wachsfleck** 325  
**Wachskitt** 392  
**Wärme** 400  
 – ausdehnung 416  
 – dämmende Tür 451  
 – dämmstoff 419  
 – dämmung 59, 418  
 – dämmwert 419  
 – durchgang 420  
 – durchgangswiderstand 420  
 – durchgangszahl 420  
 – durchlasswiderstand 419  
 – durchlasszahl 416  
 – kapazität, spezifische 347  
 – leitfähigkeit 59  
 – leitung 418  
 – leitzahl 418  
 – menge 418  
 – quelle 432  
 – schütz 347, 360, 388  
 – Speicherfähigkeit 345  
 – Strahlung 418  
 – Strömung 417  
 – Übergang 420  
 – Übergangswiderstand 420  
 – übergangszahl 419  
 Wässern 391  
 Wald 39  
 –, Bedeutung 40  
 –, Formation 41  
 – sterben 35  
 – Verteilung 38f.  
 Walnussbaum 73  
 Walzen 397  
 Wandschrank 445  
 – Verkleidung 428  
 Wange 325  
 Wangenkrümmling 508  
 Wartezeit 271  
 Warzenschwamm 83  
 Wasser 27  
 –, Anomalie 31  
 – bedarf 30  
 – beize 397  
 – kreislauf 27  
 – lack 400  
 – lösliche Holzschutzmittel 90  
 – stoff 27  
 – Stoffperoxid 327  
 – waage 127  
 Wechselstrom 161  
 Wege/bedingung 206  
 – information 205  
 – messsystem 227  
 – ventil 221  
 Weißbirke 74  
 – buche 74  
 – eiche 72  
 – erle 73  
 – fäule 80  
 – leim 272  
 – tanne 71  
 Wendelbohrer 251  
 Wenge 77  
 Werk/holz 101  
 – stoffe 22  
 – stück programmieren 207  
 – Stücknullpunkt 232  
 – zeugkorrektur 236  
 – zeugstahl 199  
 Wertigkeit 28  
 Weymouthskiefer 75  
 Wichte 23  
 Wimmerwuchs 47, 50  
 Windlast 389  
 Winkel 125  
 – band 341  
 – dübel 296  
 – feder 297  
 – messzeug 110  
 – Schleifer 211  
 Winter/eiche, 71  
 – linde 73  
 Wirkungsgrad 161  
 Wurzelmaserfurnier 94  
 – schwamm 84  
  
**Yellow Meranti** 77  
**Yellow Pine**, 75  
  
**Zahn/formen** 136  
 – hobel 143  
 – teilung 139  
 Zapfenband 352  
 Zargen/gestell 334  
 – rahmen 454  
 Zebrano 77  
 Zeichnung 55  
 Zellarten 42  
 Zelle 42  
 Zell/kollaps 68  
 – teilung 42  
 Zellulose 41  
 zementgebundene Spanplatte, 118  
 Zementspritzer 391  
 Zentrumsbohrer 148  
 Zerreißfestigkeit 57  
 Zierzinken 320  
 Zingana 77  
 Zinken/fräsmaschine 195  
 – teilung 316  
 Zirbelkiefer 70  
 Zirkel 112  
 Zitronensäure 393  
 Zitterpappel 73  
 Zopf/stil, 382, 384  
 – stück 98  
 Zuckerahorn 49  
 Zug/festigkeit 57  
 – holz 50  
 Zunderschwamm 81  
 zurückspringende Tür 342  
 zurückspringender Schubkasten 357



Zusammenhangskraft 24	zweischalige Trennwand 441	– bandschleifmaschine 185
Zusatzfunktion 241	Zwieselung 48	– schleifwalze 213
Zustandsform 20	Zwischenschliff 398	Zysa-Scharnier 344
Zweikomponentendichtung 412	Zyklon 423	
	Zylinder 206	