EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Holz verarbeitende Berufe

# Holztechnik – Mathematik

**10. überarbeitete Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 4001X**

Bearbeiter der „Holztechnik – Mathematik“ sind:

| | | |
|---|---|---|
| Nutsch, Wolfgang | Dipl.-Ing., Studiendirektor | Stuttgart |
| Spellenberg, Bernd | Dipl.-Ing., Studiendirektor | Stuttgart |

Lektorat und Bildbearbeitung:
Wolfgang Nutsch, Stuttgart, Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten

10. Auflage 2015, korrigierter Nachdruck 2023
Druck 5 4
Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4058-9

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2015 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de
Satz & Bild: Punkt für Punkt GmbH · Mediendesign, 40549 Düsseldorf
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

## Vorwort

Das vorliegende Fachbuch „Holztechnik – Mathematik“ ist überarbeitet worden. Es ergänzt die erfolgreiche Europa-Fachbuchreihe für Berufe der Holztechnik.

Das Buch vermittelt mathematische Grund- und Fachkenntnisse für die Ausbildungsberufe zum Holzmechaniker, Tischler, Fensterbauer und Glaser. Es enthält außerdem wesentliche Ausbildungsinhalte für den Beruf der Technischen Zeichner und Zeichnerinnen mit dem Schwerpunkt Holztechnik. Die einschlägigen Normen wurden berücksichtigt.

Die Gliederung der „Holztechnik – Mathematik“ folgt im Wesentlichen dem zeitlichen Fortschreiten der Ausbildung sowie fachdidaktischen Grundsätzen. Alle zur Ausbildung notwendigen Informationen mit fachmathematischem Inhalt werden in diesem Buch dargestellt. Sie sind sachlogisch nach Leitthemen unterteilt und unter Berücksichtigung des jeweiligen Schwierigkeitsgrades geordnet. Zu jedem Teillernziel gehören Beispiele mit Lösungen und eine Vielzahl von Aufgaben, sodass der Schüler durch Üben der Rechenfertigkeiten eine unmittelbare Lernkontrolle erhält.

Das Buch ist in Text- und Bildteil sowie in lernstoffvermittelnde Abschnitte und Aufgabenblöcke klar gegliedert. Die zu den jeweiligen Abschnitten gehörenden mathematischen Formeln, Rechenregeln und Merksätze sind im Text farbig besonders hervorgehoben. Die über 600 praxisnahen Zeichnungen sind meistens zweifarbig angelegt. Sie erläutern lernstoffvermittelnden Text und Anwendungsbeispiele oder sind Bestandteil der Aufgabenstellungen. Parallel zur „Holztechnik – Mathematik“ erscheint ein Lösungsbuch, in dem sehr ausführlich die Lösungswege der gestellten Aufgaben aufgezeigt werden. Beide Fachbücher, das Mathematikbuch und das Lösungsbuch, sind für den projektorientierten Unterricht und ein erfolgreiches Selbststudium besonders geeignet.

Die „Holztechnik – Mathematik“ eignet sich als Lehr- und Übungsbuch für Auszubildende, Schüler und Schülerinnen in Berufs-, in Berufsfachschulen sowie in betrieblichen und überbetrieblichen Ausbildungsstätten. Den Schülern und Schülerinnen von Meister- und Fachschulen bietet dieses Buch Gelegenheit zur Wiederholung der fachmathematischen Grundlagen und zur Vorbereitung auf die Meisterprüfung im Schreinerhandwerk.

Herbst 2015 Wolfgang Nutsch

Hinweis:

Für die Holzarten werden vorwiegend die Kurzzeichen der in der DIN 919-1 aufgeführten Handelsnamen verwendet. Die Kurzzeichen der botanischen Namen der Holzarten sind auf Seite 137 angegeben.

# Inhaltsverzeichnis


## 1 Mathematische Grundlagen

1.1 Mathematische und physikalische Begriffe . . . 6
1.2 Genauigkeit der Rechenergebnisse . . . 8
1.3 Grundrechenarten . . . 10
1.3.1 Addition und Subtraktion . . . 10
1.3.2 Multiplikation und Division . . . 13
1.4 Rechnen mit positiven und negativen Zahlen . . . 15
1.5 Bruchrechnen . . . 17
1.5.1 Arten von Brüchen . . . 17
1.5.2 Erweitern und Kürzen von Brüchen . . . 17
1.5.3 Addieren und Subtrahieren von Brüchen . . . 18
1.5.4 Multiplizieren und Dividieren von Brüchen . . . 19
1.6 Potenzen . . . 22
1.6.1 Allgemeine Regeln des Potenzierens . . . 22
1.6.2 Addieren und Subtrahieren von Potenzen . . . 22
1.6.3 Multiplizieren und Dividieren von Potenzen . . . 23
1.7 Wurzeln . . . 24
1.7.1 Allgemeines . . . 24
1.7.2 Radizieren . . . 24
1.7.3 Rechnen mit Wurzeln . . . 25
1.8 Gleichungen . . . 26
1.8.1 Bestimmungsgleichungen . . . 26
1.8.2 Verhältnisgleichungen . . . 28
1.8.3 Formeln umstellen . . . 28
1.9 Dreisatz . . . 30
1.9.1 Dreisatz mit geradem und mit umgekehrtem Verhältnis . . . 30
1.9.2 Zusammengesetzter Dreisatz . . . 30
1.10 Prozentrechnen . . . 32
1.11 Zinsrechnen . . . 34
1.12 Winkel, Steigung, Neigung, Gefälle . . . 35
1.12.1 Winkelarten und Einheiten der Winkel . . . 35
1.12.2 Steigung, Neigung, Gefälle . . . 36
1.13 Schaubilder, Diagramme . . . 38

## 2 Elektronischer Taschenrechner

2.1 Aufbau eines Taschenrechners und Zahleneingabe . . . 42
2.2 Rechnen mit dem elektronischen Taschenrechner . . . 43

## 3 Längen

3.1 Längeneinheiten und Formelzeichen . . . 46
3.2 Maßstäbe . . . 47
3.3 Streckenteilung . . . 48
3.4 Maßordnung im Hochbau – Fenster- und Türmaße . . . 53
3.4.1 Maßordnung im Hochbau – Mauermaße . . . 53
3.4.2 Maueröffnungen für Fenster . . . 54
3.4.3 Maueröffnungen für Türen und Fenstertüren . . . 54
3.4.4 Türmaße . . . 56
3.4.5 Fenstermaße . . . 58
3.5 Seitenlängen rechtwinkliger Dreiecke . . . 60
3.5.1 Lehrsatz des Pythagoras . . . 60
3.5.2 Verreihung . . . 60
3.6 Winkelfunktionen . . . 62
3.7 Treppen . . . 66
3.7.1 Steigungsverhältnis . . . 66
3.7.2 Schrittmaßregel . . . 67
3.7.3 Bequemlichkeitsregel . . . 68
3.7.4 Sicherheitsregel . . . 68
3.7.5 Treppenpodeste . . . 68

## 4 Verschnittberechnungen

4.1 Holzmengenberechnungen – Rohmenge, Fertigmenge, Verschnitt . . . 70
4.1.1 Verschnitt . . . 70
4.1.2 Verschnittabschlag . . . 70
4.1.3 Verschnittzuschlag . . . 71
4.1.4 Rohmengenberechnung . . . 71

## 5 Flächen

5.1 Flächeneinheiten und Formelzeichen . . . 74
5.2 Geradlinig begrenzte Flächen . . . 75
5.2.1 Rechteck . . . 75
5.2.2 Quadrat . . . 75
5.2.3 Raute (Rhombus) . . . 78
5.2.4 Parallelogramm (Rhomboid) . . . 78
5.2.5 Trapez . . . 78
5.2.6 Dreieck . . . 81
5.2.7 Regelmäßige Vielecke . . . 83
5.2.8 Unregelmäßige Vielecke . . . 85
5.2.9 Zusammengesetzte Flächen . . . 85
5.3 Flächeninhalte von Brettern und Bohlen . . . 88
5.4 Bogenförmig begrenzte Flächen . . . 92
5.4.1 Kreis . . . 92
5.4.2 Kreisausschnitt (Sektor) . . . 94
5.4.3 Kreisabschnitt (Segment) . . . 94
5.4.4 Kreisring . . . 97
5.4.5 Kreisringausschnitt . . . 97
5.4.6 Ellipse . . . 99
5.4.7 Ellipsenring . . . 99
5.4.8 Zusammengesetzte Flächen . . . 99

## 6 Körper

6.1 Volumeneinheiten und Formelzeichen . 103
6.2 Prismen und Zylinder . . . 104
6.3 Volumenberechnungen von Schnittholz – Kanthölzer, Balken, Bretter und Bohlen . . . 110
6.4 Pyramide und Kegel . . . 112
6.5 Pyramidenstumpf und Kegelstumpf . . . 116
6.6 Stammberechnungen – Blockmaß, Würfelmaß . . . 120
6.7 Kugel . . . 122
6.8 Fass . . . 122
6.9 Keil und Ponton . . . 122

**7 Masse – Dichte – Gewichtskraft**
7.1 Masse . . . . . 124
7.2 Dichte . . . . . 124
7.3 Gewichtskraft . . . . . 126

**8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen**
8.1 Umrechnungen von Holzmengen und Preisen bei Schnittholz . . . . . 128
8.2 Plattenwerkstoffe . . . . . 132
8.3 Belagstoffe . . . . . 137
8.3.1 Furniere . . . . . 137
8.3.2 Kunststoffplatten . . . . . 140
8.4 Klebstoffe . . . . . 142
8.4.1 Klebstoffbedarf . . . . . 142
8.5 Mischungsrechnen . . . . . 144
8.5.1 Begriff der Mischung . . . . . 144
8.5.2 Einfaches Mischungsrechnen nach Massenteilen oder Volumenteilen . . . . . 144
8.5.3 Kaufmännisches Mischungsrechnen . . . 146
8.6 Stoffe zur Oberflächenbehandlung . . . . 147
8.6.1 Bedarfs- und Preisberechnungen . . . . . 147
8.6.2 Mischungsrechnen . . . . . 149
8.7 Glas und Dichtstoffe . . . . . 150
8.8 Materialliste . . . . . 158

**9 Kräfte**
9.1 Darstellen von Kräften . . . . . 160
9.2 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften . . . . . 161

**10 Hebel**
10.1 Einseitiger Hebel, zweiseitiger Hebel, Winkelhebel . . . . . 164
10.2 Drehmoment – Auflagerkräfte . . . . . 166

**11 Arbeit, Leistung, Reibung, Wirkungsgrad**
11.1 Mechanische Arbeit und mechanische Energie . . . . . 168
11.2 Goldene Regel der Mechanik . . . . . 170
11.3 Mechanische Leistung . . . . . 173
11.4 Reibung, Wirkungsgrad . . . . . 174

**12 Druck**
12.1 Druckspannung und Zugspannung . . . . 176
12.2 Flächenpressung . . . . . 177
12.3 Hydraulik – Druck in eingeschlossenen Flüssigkeiten . . . . . 178
12.4 Pneumatik – Druck in eingeschlossenen Gasen . . . . . 180

12.4.1 Luftdruck, absoluter Druck, Überdruck . . . . . 180
12.4.2 Drucklufterzeugung . . . . . 180
12.5 Kolbenkraft . . . . . 182

**13 Maschinelle Holzbearbeitung**
13.1 Vorschubgeschwindigkeit – gleichförmige geradlinige Bewegung . . 184
13.2 Schnittgeschwindigkeit – gleichförmige Kreisbewegung . . . . . 186
13.3 Schnittgüte – Zahnvorschub . . . . . 188
13.4 Riementrieb und Zahnradtrieb . . . . . 190

**14 Elektrotechnik**
14.1 Ohmsches Gesetz . . . . . 194
14.2 Leiterwiderstand . . . . . 195
14.3 Reihen- und Parallelschaltungen . . . . . 196
14.4 Elektrische Leistung . . . . . 198
14.5 Elektrische Arbeit . . . . . 201

**15 Holztrocknung**
15.1 Holzfeuchte – Luftfeuchte . . . . . 202
15.1.1 Holzfeuchte . . . . . 202
15.1.2 Bestimmung der Holzfeuchte . . . . . 203
15.1.3 Luftfeuchte . . . . . 204
15.1.4 Holzfeuchtegleichgewicht . . . . . 204
15.2 Holzschwund . . . . . 206
15.2.1 Schwindung und Quellung des Holzes . . . . . 206
15.2.2 Holzfeuchtegleichgewicht, Tabellen . . . . 207
15.2.3 Schwundberechnungen . . . . . 208

**16 Wärme und Wärmeschutz**
16.1 Längenänderung infolge von Temperatureinflüssen . . . . . 211
16.2 Wärmeschutz . . . . . 212
16.3 Anforderungen an den Wärmeschutz . . . . . 218

**17 Kostenrechnen, Kalkulation**
17.1 Kostenbegriffe . . . . . 232
17.2 Materialeinzelkosten . . . . . 233
17.3 Lohnarten . . . . . 239
17.4 Lohnzuschläge, Zulagen, Lohnabzüge . . 243
17.5 Gemeinkosten . . . . . 244
17.6 Betriebsabrechnungsbogen – BAB . . . . 246
17.7 Kosten der Maschinenarbeit . . . . . 249
17.8 Zuschlagskalkulation für Tischlerarbeiten . . . . . 252
17.9 Zuschlagskalkulation für Fenster . . . . . 256

**18 CNC-Technik**
18.1 Koordinatenmaße . . . . . 260
18.2 Programmieren von Werkstückkonturen . . . . . 263

**19 Wichtige Größen, Formelzeichen und Einheiten** . . . . . 265

**20 Zeichen und Symbole** . . . . . 266

**Tabellen** . . . . . 267

**Sachwortverzeichnis** . . . . . 269

# 4 Verschnittberechnungen

## 4.1 Holzmengenberechnungen – Rohmenge, Fertigmenge, Verschnitt

### 4.1.1 Verschnitt

Beim Einschneiden von Rundholz zu Schnittholz sowie bei der Herstellung von Werkstücken aus Vollholz oder Plattenwerkstoffen entsteht durch Zuschneiden oder Aushobeln **Holzverlust** (Abfall, Abschnitt), der als **Verschnitt** bezeichnet wird.

Verschnitt ist die Differenz zwischen der Rohmenge und der Fertigmenge.

| |
|---|
| Verschnittmenge = Rohmenge – Fertigmenge |
| Rohmenge = Fertigmenge + Verschnittmenge |
| Fertigmenge = Rohmenge – Verschnittmenge |

Bei den Berechnungen sollten die Abkürzungen V (Verschnittmenge), VA (Verschnittabschlag), VZ (Verschnittzuschlag), R (Rohmenge) und F (Fertigmenge) als Indizes dem Formelzeichen der jeweiligen Größe zugeordnet werden.

Zum Beispiel: bei Längen $l_V$, $l_R$, $l_F$, $l_{VA}$, $l_{VZ}$
bei Flächen $A_V$, $A_R$, $A_F$, $A_{VA}$, $A_{VZ}$
bei Volumen $V_V$, $V_R$, $V_F$, $V_{VA}$, $V_{VZ}$

**Verschnittarten (Bild 1):**
Längenverschnitt in m, z. B.: Leisten, Latten, Kanthölzer;
Flächenverschnitt in m², z. B.: Bretter, Bohlen, Platten;
Volumenverschnitt in m³, z. B.: Einschnittverlust bei Rundholz.

### 4.1.2 Verschnittabschlag

Werden Baumstämme zu Schnittholz verarbeitet, so wird der entstehende Einschnittverlust (Verschnitt) auf die Rohmenge bezogen, d. h. man berechnet den Verschnitt in der Sägeindustrie als Abschlag auf die Rohmenge. Hierbei entspricht die Rohmenge dem Grundwert bzw. 100 %.

**Beispiel:** Aus einem Kiefernstamm mit einem Volumen $V_1 = 1{,}768\ m^3$ wurden Balken zugeschnitten, die ein Gesamtvolumen $V_2 = 1{,}108\ m^3$ haben. Berechnen Sie den Verschnittabschlag in %.

*Gegeben:* Rohmenge $V_R = 1{,}768\ m^3$
Fertigmenge $V_F = 1{,}108\ m^3$

*Gesucht:* Verschnittabschlag in Prozent $V_{VA}$

*Lösung:* $V_V = V_R - V_F = 1{,}768\ m^3 - 1{,}108\ m^3 = \mathbf{0{,}66\ m^3}$

Nach dem Dreisatz errechnet sich der Verschnittabschlag in %:

$1{,}768\ m^3 \mathrel{\hat{=}} 100\ \%$

$$1{,}00\ m^3 \mathrel{\hat{=}} \frac{100\ \%}{1{,}768\ m^3}$$

$$0{,}66\ m^3 \mathrel{\hat{=}} \frac{100\ \% \cdot 0{,}66\ m^3}{1{,}768\ m^3} = \mathbf{37{,}33\ \%} = V_{VA}$$

Durch Einsetzen der Formelzeichen ergibt sich die nebenstehende Formel.

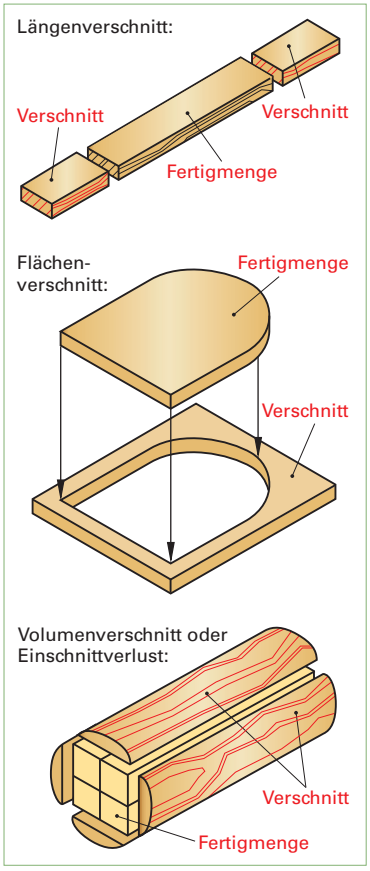



**Bild 1: Verschnittarten**

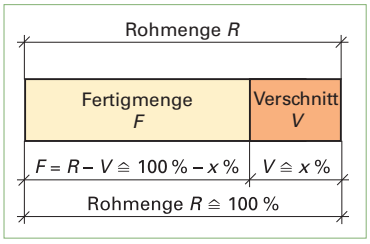



**Bild 2**

Verschnitt in Prozent bezogen auf die Rohmenge (Volumen)

$$\text{Verschnittabschlag} = \frac{100\ \% \times \text{Verschnittmenge}}{\text{Rohmenge}}$$

$$V_{VA} = \frac{100\ \% \cdot V_V}{V_R}$$

### 4.1.3 Verschnittzuschlag

Da der Kunde den Verschnitt auch bezahlen muss, wird der Verschnitt prozentual der Fertigmenge zugeschlagen. Man spricht dann vom Verschnittzuschlag. Bei der Holzbearbeitung und -verarbeitung wird immer der Schnittverlust auf die Fertigmenge (als Grundwert mit 100 %) bezogen. Für eine optimale Aufteilung, z. B. einer Platte, ist eine Zuschnittskizze anzufertigen **(Bild 1)**.

**Beispiel Flächenverschnitt:**

Aus einer Tischlerplatte mit einem Flächeninhalt von 10,45 m² werden Fachböden mit einer Fertigmenge von 8,15 m² zugeschnitten. Wie viel beträgt der Flächenverschnitt in %?

*Lösung:* $A_V = A_R - A_F = 10{,}45\ m^2 - 8{,}15\ m^2 = \mathbf{2{,}3\ m^2}$

Nach dem Dreisatz errechnet sich der Verschnittzuschlagsatz:

$8{,}15\ m^2 \mathrel{\hat{=}} 100\ \%$

$1{,}00\ m^2 \mathrel{\hat{=}} \frac{100\ \%}{8{,}15}$

$2{,}30\ m^2 \mathrel{\hat{=}} \frac{100\ \% \cdot 2{,}30}{8{,}15} = \mathbf{28\ \%}$

Durch Einsetzen der Formelzeichen ergibt sich nebenstehende Formel **(Bild 2)**.

### 4.1.4 Rohmengenberechnung

In der Praxis wird bei der Kalkulation mit Verschnittzuschlagsätzen (Erfahrungswerte) gerechnet. Diese Richtwerte können jedoch auch über- oder unterschritten werden. Ursachen für die Größe eines Verschnittzuschlages können z. B. Holzart, Handelsmaße, Qualität des Werkstoffes, Form des Werkstücks und die Art der Materialbearbeitung sein **(Tabelle 1)**.

Ist die Fertigmenge und der Verschnittzuschlag in % gegeben, so lässt sich die Rohmenge auf zwei Arten berechnen:

**Beispiel:**

*Gegeben:* Fertigmenge $A_F = 7{,}25\ m^2$
Verschnittzuschlag $A_{VZ} = 35\ \%$

*Gesucht:* Rohmenge $A_R$ in m²

*Lösungsweg 1:* Verschnittmenge:

$100\ \% \mathrel{\hat{=}} 7{,}25\ m^2$

$1\ \% \mathrel{\hat{=}} \frac{7{,}25\ m^2}{100} = 0{,}725\ m^2$

$35\ \% \mathrel{\hat{=}} 0{,}725\ m^2 \cdot 35 = \mathbf{2{,}54\ m^2} = A_V$

Rohmenge = Fertigmenge + Verschnittmenge

$A_R = A_F + A_V$

$= 7{,}25\ m^2 + 2{,}54\ m^2 = \mathbf{9{,}79\ m^2}$

Da die Rohmenge 100 % (Fertigmenge) + x % (Verschnittzuschlagsatz) entspricht, im Beispiel also 100 % + 35 % = 135 %, lässt sich 135 % = 135/100 = 1,35 auch als ein Zuschlagfaktor ansehen. Dadurch wird die Berechnung einfacher:

*Lösungsweg 2:* Rohmenge = Fertigmenge × Zuschlagfaktor

$A_R = A_F \cdot f_V$

$= 7{,}25\ m^2 \cdot 1{,}35 = \mathbf{9{,}79\ m^2}$

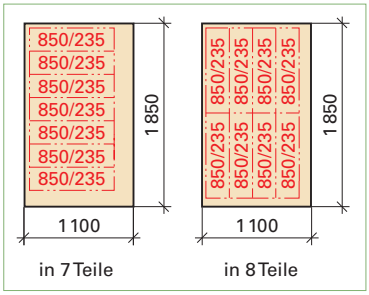



**Bild 1: Aufteilung einer Platte**

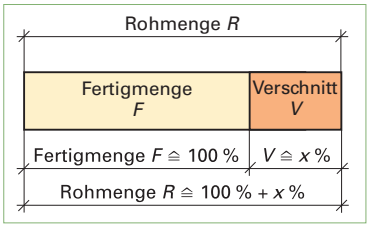



**Bild 2**

Verschnitt in Prozent bezogen auf die Fertigmenge (Flächen)

Verschnittzuschlag in %

$= \frac{100\ \% \times \text{Verschnittmenge}}{\text{Fertigmenge}}$

$A_{VZ} = \frac{100\ \% \cdot A_V}{A_F}$

**Tabelle 1: Verschnittzuschlagsätze in %**

| | |
|---|---|
| Nadelhölzer | 50 % – 70 % |
| Laubhölzer | 40 % – 100 % |
| Plattenwerkstoffe | 10 % – 15 % |
| Deckfurniere | 40 % – 100 % |

Berechnung der Rohmenge:

Rohmenge = Fertigmenge

$\times \frac{(100\ \% + \text{Verschnittzuschlagsatz})}{100\ \%}$

Hierbei gilt:

Zuschlagfaktor

$= \frac{(100\ \% + \text{Verschnittzuschlagsatz})}{100\ \%}$

Daraus folgt:

Rohmenge
= Fertigmenge × Zuschlagfaktor

# 5 Flächen

## 5.3 Flächeninhalte von Brettern und Bohlen

Beim Einschneiden von Rundhölzern im Sägewerk erhält man Bretter und Bohlen in folgenden verschiedenen Formen:

— parallel besäumte Bretter und Bohlen

— konisch besäumte Bretter und Bohlen (selten)

— unbesäumte Bretter und Bohlen **(Bild 1)**.

Bretter sind bis zu 38 mm dick, Bohlen sind 40 mm bis maximal 120 mm dick.

Der Flächeninhalt ergibt sich aus der jeweiligen geometrischen Figur, z. B.: Rechteck oder Trapez. Er wird aus den Längen- und Breitenmaßen berechnet und in Quadratmetern ($m^2$) angegeben.

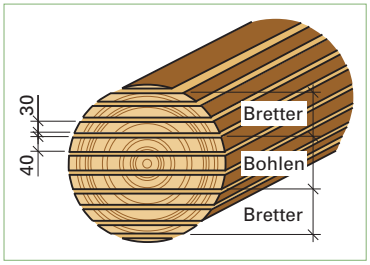



**Bild 1: Einschneiden von Rundholz**

### 5.3.1 Parallel besäumte Bretter und Bohlen mit gleicher Länge und gleicher Breite

Der Flächeninhalt parallel besäumter Bretter und Bohlen mit gleicher Länge und Breite berechnet sich wie ein Rechteck. Die Gesamtfläche erhält man aus dem Flächeninhalt eines Brettes mal der Anzahl $n$ **(Bild 2)**.

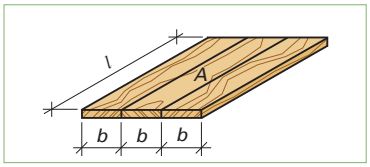



**Bild 2: Parallel besäumte Bretter gleicher Länge und Breite**

$$A = l \cdot b \cdot n$$

**Beispiel:**

*Gegeben:* $l = 3{,}5$ m, $b = 20$ cm, $n = 3$

*Gesucht:* $A$ in $m^2$

*Lösung:* $A = l \cdot b \cdot n$
$= 3{,}5\ \text{m} \cdot 0{,}20\ \text{m} \cdot 3 = \mathbf{2{,}10\ m^2}$

### 5.3.2 Parallel besäumte Bretter und Bohlen mit gleicher Länge aber ungleichen Breiten

Der Gesamtflächeninhalt parallel besäumter Bretter und Bohlen mit gleicher Länge aber ungleicher Breite ergibt sich aus der Länge mal der Summe der verschiedenen Breiten **(Bild 3)**.

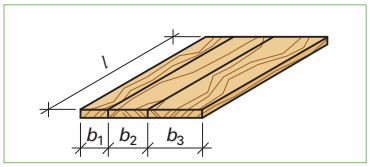



**Bild 3: Parallele besäumte Bretter gleicher Länge und ungleicher Breite**

$$A = l \cdot (b_1 + b_2 + b_3)$$

**Beispiel:**

*Gegeben:* $l = 2{,}5$ m, $b_1 = 12$ cm, $b_2 = 16$ cm, $b_3 = 18$ cm

*Gesucht:* $A$ in $m^2$

*Lösung:* $A = l \cdot (b_1 + b_2 + b_3)$
$= 2{,}5\ \text{m} \cdot (0{,}12\ \text{m} + 0{,}16\ \text{m} + 0{,}18\ \text{m}) = \mathbf{1{,}15\ m^2}$

### 5.3.3 Parallel besäumte Bretter und Bohlen mit gleicher Breite aber ungleicher Länge

Der Gesamtflächeninhalt parallel besäumter Bretter und Bohlen mit gleicher Breite aber ungleicher Länge ergibt sich aus der Breite mal der Summe der verschiedenen Längen **(Bild 4)**.

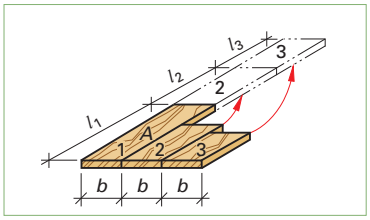



**Bild 4: Parallel besäumte Bretter ungleicher Länge und gleicher Breite**

$$A = b \cdot (l_1 + l_2 + l_3)$$

**Beispiel:**

*Gegeben:* $b = 24$ cm, $l_1 = 2{,}25$ m, $l_2 = 2{,}5$ m, $l_3 = 3{,}0$ m

*Gesucht:* $A$ in $m^2$

*Lösung:* $A = b \cdot (l_1 + l_2 + l_3)$
$= 0{,}24\ \text{m} \cdot (2{,}25\ \text{m} + 2{,}5\ \text{m} + 3{,}0\ \text{m}) = \mathbf{1{,}86\ m^2}$

### 5.3.4 Konisch besäumte Bretter und Bohlen

Konisch besäumte Bretter und Bohlen haben die Form eines Trapezes. Bei der halben Länge des Brettes oder der Bohle wird die mittlere Breite gemessen **(Bild 1)**.

**Beispiel:**

*Gegeben:* $b_m = 26\,\text{cm}$, $l = 2{,}75\,\text{m}$

*Gesucht:* $A$ in $\text{m}^2$

*Lösung:* $A = b_m \cdot l$

$= 0{,}26\,\text{m} \cdot 2{,}75\,\text{m} = \mathbf{0{,}72\,m^2}$

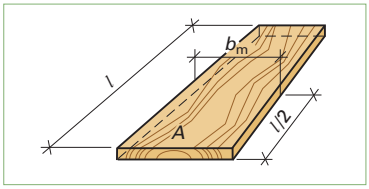



**Bild 1**

$$A = b_m \cdot l$$

### 5.3.5 Unbesäumte Bretter

Bei unbesäumten Brettern wird die mittlere Breite der Bretter auf der linken Seite (Schmalseite der Bretter) gemessen **(Bild 2)**.

**Beispiel:**

*Gegeben:* $b_m = 28\,\text{cm}$, $l = 3{,}5\,\text{m}$

*Gesucht:* $A$ in $\text{m}^2$

*Lösung:* $A = b_m \cdot l$

$= 0{,}28\,\text{m} \cdot 3{,}5\,\text{m} = \mathbf{0{,}98\,m^2}$

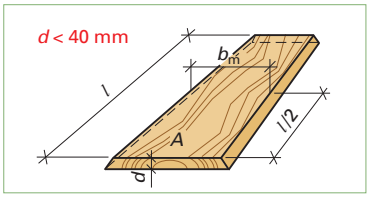



**Bild 2**

$$A = b_m \cdot l$$

### 5.3.6 Unbesäumte Bohlen

Bei Bohlen wird im Gegensatz zu Brettern die mittlere Breite auf der rechten Seite (breite Seite) und der linken Seite (schmale Seite) gemessen. Aus diesen beiden Breiten wird der Mittelwert gebildet. Der Flächeninhalt wird dann aus dem Mittelwert der beiden mittleren Breiten mal der Länge berechnet **(Bild 3)**.

**Beispiel:**

*Gegeben:* $b_{m1} = 43\,\text{cm}$, $b_{m2} = 47\,\text{cm}$, $l = 3{,}5\,\text{m}$

*Gesucht:* $A$ in $\text{m}^2$

*Lösung:* $A = \dfrac{(b_{m1} + b_{m2}) \cdot l}{2}$

$= \dfrac{(0{,}43\,\text{m} + 0{,}47\,\text{m}) \cdot 3{,}5\,\text{m}}{2} = \mathbf{1{,}57\,m^2}$

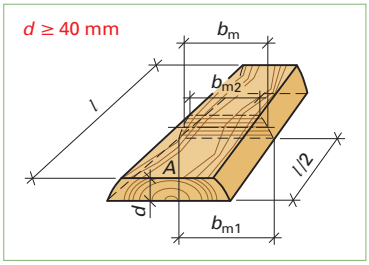



**Bild 3**

$$A = \frac{(b_{m1} + b_{m2}) \cdot l}{2}$$

### 5.3.7 Profilbretter (Halbfertigfabrikate)

Bei Profilbrettern wird der Flächeninhalt entweder mit dem Deckmaß oder dem Federmaß (Brettbreite) und der Brettlänge berechnet. Mit dem Deckmaß erhält man die Fläche im zusammengesteckten bzw. eingebauten Zustand. Mit dem Federmaß berechnet man die einzelnen Brettflächen **(Bild 4)**.

**Beispiel:**

*Gegeben:* $l = 4{,}5\,\text{m}$, $b_D = 8{,}6\,\text{cm}$, $n = 40$

*Gesucht:* zu verkleidende Fläche $A$ in $\text{m}^2$

*Lösung:* $A = l \cdot b_D \cdot n$

$= 4{,}5\,\text{m} \cdot 0{,}86\,\text{m} \cdot 40 = \mathbf{15{,}48\,m^2}$

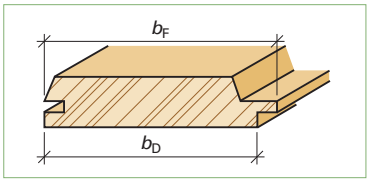



**Bild 4**

Flächenberechnung mit dem Deckmaß

$$A = l \cdot b_D \cdot n$$

Flächenberechnung mit dem Federmaß

$$A = l \cdot b_F \cdot n$$

# 8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen

## 8.1 Umrechnungen von Holzmengen und Preisen bei Schnittholz

Schnittholz wird je nach Art der Handelsware nach Längen, Flächen oder Volumen (Rauminhalt) berechnet bzw. verkauft. Umrechnungen der Holzmengen werden notwendig, um den Materialbedarf zu ermitteln, Kalkulationen durchzuführen oder mit dem Kunden abrechnen zu können.
Hierzu müssen Formeln, bezogen auf die gesuchten Einheiten (m, $m^2$ oder $m^3$) bzw. auf den Preis pro Einheit, umgestellt werden.

| Schnittholz | Berechnungsgrundlage |
|---|---|
| Latten, Leisten, Kanthölzer | Meter |
| Bretter | Quadratmeter |
| Bohlen | Quadratmeter und Kubikmeter |

### 8.1.1 Umrechnung von Holzvolumen in Holzflächen, bezogen auf eine Holzdicke (Bild 1)

**Beispiel:** Aus 1,760 $m^3$ werden Bretter mit einer Dicke von 20 mm zugeschnitten.
Wie viel Quadratmeter erhält man? (Der Verschnitt ist bei der Volumenangabe berücksichtigt.)

*Lösung:* Holzfläche in $m^2$ = $\frac{\text{Holzvolumen in } m^3}{\text{Holzdicke in m}}$

$$A = \frac{V}{d} = \frac{1{,}760\ m^3}{0{,}020\ m}$$

$$= \mathbf{88{,}00\ m^2}$$

$$\text{Holzfläche in } m^2 = \frac{\text{Holzvolumen in } m^3}{\text{Holzdicke in m}}$$

$$A = \frac{V \text{ in } m^3}{d \text{ in m}} \text{ oder } A = \frac{V \text{ in } m^3 \cdot 1\,000\ mm}{d \text{ in mm} \cdot 1\ m}$$

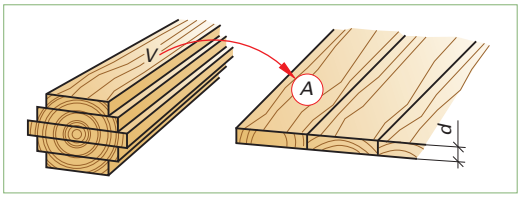



**Bild 1**

### 8.1.2 Umrechnung von Holzflächen in Holzvolumen (Bild 2)

**Beispiel:** Wie viel Kubikmeter ergeben 125 $m^2$ gehobelte Brettware von 22 mm Dicke?

*Lösung:* Holzvolumen in $m^3$
= Holzfläche in $m^2$ · Holzdicke in m

$V = A \cdot d$

$= 125{,}00\ m^2 \cdot 0{,}022\ m$

$= \mathbf{2{,}75\ m^3}$

$$\text{Holzvolumen in } m^3 = \text{Holzfläche in } m^2 \times \text{Holzdicke in m}$$

$$V = A \text{ in } m^2 \cdot d \text{ in m}$$

$$\text{oder } V = \frac{A \text{ in } m^2 \cdot d \text{ in mm} \cdot 1\ m}{1\,000\ mm}$$

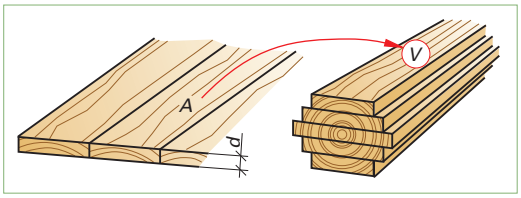



**Bild 2**

### 8.1.3 Umrechnung von Holzvolumen in Holzlängen (Bild 3)

**Beispiel:** Aus 1,850 $m^3$ Kiefernholz werden Kanthölzer von 6 × 6 cm zugeschnitten.
Wie viel Meter Kantholz erhält man?

*Lösung:* Holzlängen in m

$$= \frac{\text{Holzvolumen in } m^3}{\text{Querschnittsfläche in } m^2}$$

$$l = \frac{V}{A} = \frac{1{,}850\ m^3}{0{,}06\ m \cdot 0{,}06\ m}$$

$$= \mathbf{513{,}89\ m}$$

$$\text{Holzlängen in m} = \frac{\text{Holzvolumen in } m^3}{\text{Querschnittsfläche in } m^2}$$

$$l = \frac{V \text{ in } m^3}{A \text{ in } m^2}$$

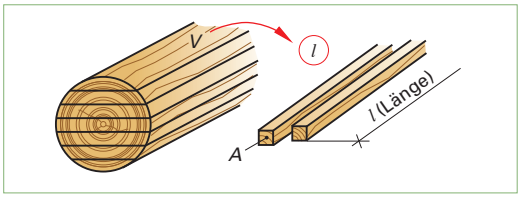



**Bild 3**

# 8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen

## 8.1 Umrechnungen von Holzmengen und Preisen bei Schnittholz

### Aufgaben zu 8.1.1 – Umrechnung von Holzvolumen in Holzflächen

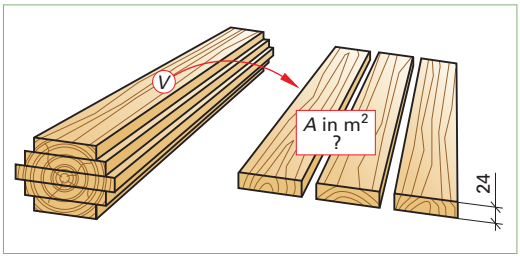
**129.1** Wie viel Quadratmeter Brettware von 24 mm Dicke erhält man aus 3,450 $m^3$ **(siehe Bild)**?

**129.2** Es werden 30 mm dicke Bretter aus 1,750 $m^3$ zugeschnitten.

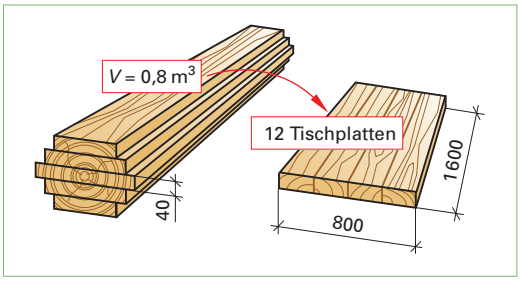
Wie viel Quadratmeter erhält man?

**129.3** Für die Herstellung von 12 Eichentischplatten, 80 × 160 cm, werden Eichenbohlen, 40 mm dick, benötigt **(siehe Bild)**. Der Verschnitt beträgt 35 %.

Reichen die zur Verfügung stehenden 0,8 $m^3$ für die Fertigung aus?




**Aufgabe 129.1**




**Aufgabe 129.3**

### Aufgaben zu 8.1.2 – Umrechnung von Holzflächen in Holzvolumen

**129.4** Es werden 124 $m^2$ Bretter, 18 mm dick, benötigt.

Berechnen Sie das Volumen in $m^3$.

**129.5** Für die Verkleidung einer Außenfassade rechnet man 188 $m^2$ sägeraue Bretter, 30 mm dick.

Es wird mit einem Verschnittzuschlag von 30 % gerechnet.

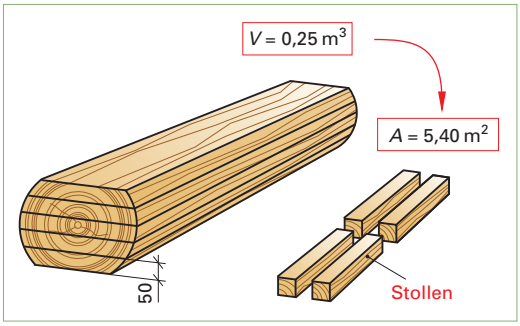
Wie viel Kubikmeter werden benötigt?

**129.6** Für eine Fertigung von Stollen aus Esche werden 5,40 $m^2$ Bohlen mit einer Dicke von 50 mm benötigt **(siehe Bild)**.

Reichen die am Holzlager befindlichen 0,25 $m^3$ aus?

**129.7** Für eine Serie von Tischen errechnet man 135 $m^2$ Ahornbohlen, 40 mm dick. Der Verschnittzuschlag beträgt 45 %.

Wie viel Kubikmeter Ahornholz muss bestellt werden?




**Aufgabe 129.6**

### Aufgaben zu 8.1.3 – Umrechnung von Holzvolumen in Holzlängen

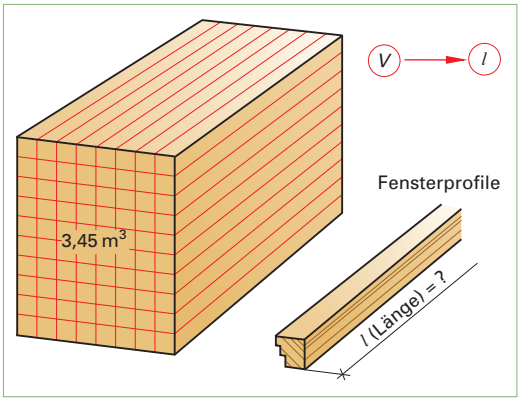
**129.8** Wie viel Meter Latten, 24 × 48 mm, erhält man aus 0,98 $m^3$ Fichtenholz?

**129.9** Für die Herstellung von Fensterrahmen werden Kanthölzer von 78 × 78 mm benötigt. Es stehen 3,45 $m^3$ Kiefernholz zur Verfügung **(siehe Bild)**.

Wie viel Meter lassen sich zuschneiden, wenn mit einem Verschnittabschlag von 45 % zu rechnen ist?

**129.10** Für die Herstellung von Blockrahmen 63 × 88 mm, stehen 2,4 $m^3$ zur Verfügung.

Wie viel Meter der 88 mm breiten Rahmenhölzer lassen sich bei einem Verschnittabschlag von 35 % zuschneiden?




**Aufgabe 129.9**

### 8.1.4 Umrechnung von Quadratmeterpreis in Kubikmeterpreis (Bild 1)

**Beispiel:** Eschenbretter, 26 mm dick, kosten 19,50 € pro m².
Berechnen Sie den Kubikmeterpreis.

*Lösung:* Kubikmeterpreis in €/m³

$$= \frac{\text{Quadratmeterpreis in €/m}^2}{\text{Holzdicke in m}}$$

$$= \frac{19{,}50\ €/m^2}{0{,}026\ m} = \mathbf{750{,}00\ €/m^3}$$

Kubikmeterpreis €/m³

$$= \frac{\text{Quadratmeterpreis in €/m}^2}{\text{Holzdicke } d \text{ in m}}$$

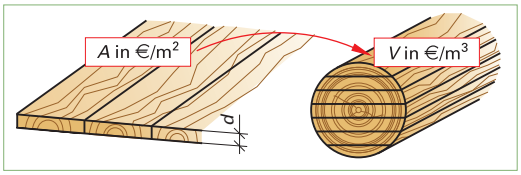



**Bild 1**

### 8.1.5 Umrechnung von Kubikmeterpreis in Quadratmeterpreis (Bild 2)

**Beispiel:** Wie teuer ist 1 m² Brettware von 22 mm Dicke, wenn 1 m³ Kiefernholz 413,00 € kostet?

*Lösung:* Quadratmeterpreis in €/m²
= Kubikmeterpreis in €/m³ × Holzdicke in m
= 413,00 €/m³ · 0,022 m = **9,08 €/m²**

Quadratmeterpreis in €/m²
= Kubikmeterpreis in €/m³ x Holzdicke *d* in m

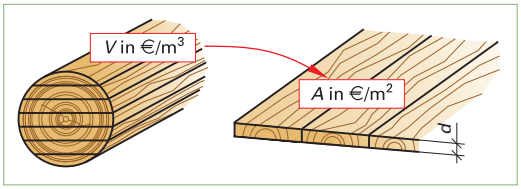



**Bild 2**

### 8.1.6 Umrechnung von Quadratmeterpreis in Längenpreis (Bild 3)

**Beispiel:** Wie viel kostet ein Meter Latten mit einem Querschnitt von *d*/*b* = 30/50 mm, wenn ein Quadratmeter 18,25 € kostet?

*Lösung:* Längenpreis in €/m
= Quadratmeterpreis in €/m² × Breite in m
= 18,25 €/m² · 0,05 m = **0,91 €/m**

Längenpreis in €/m
= Quadratmeterpreis in €/m² x Breite *b* in m

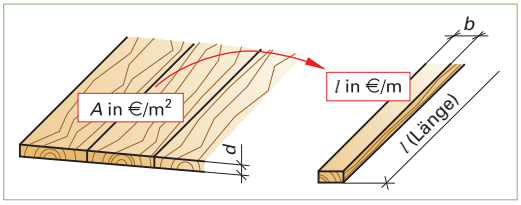



**Bild 3**

### 8.1.7 Umrechnung von Längenpreis in Quadratmeterpreis (Bild 4)

**Beispiel:** Der Preis für einen Meter Kantholz 6 x 6 cm beträgt 1,90 €.
Wie viel kostet ein Quadratmeter?

*Lösung:* Quadratmeterpreis in €/m²

$$= \frac{\text{Längenpreis in €/m}^2}{\text{Breite in m}} = \frac{1{,}90\ €/m}{0{,}06\ m}$$

$$= \mathbf{31{,}67\ €/m^2}$$

Quadratmeterpreis €/m²

$$= \frac{\text{Längenpreis in €/m}}{\text{Breite } b \text{ in m}}$$

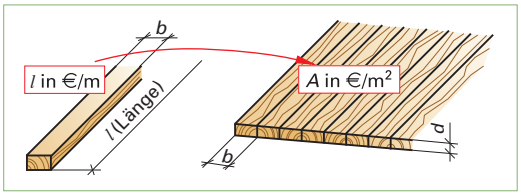



**Bild 4**

### 8.1.8 Umrechnung von Längenpreis in Kubikmeterpreis

**Beispiel:** Latten 30 × 50 mm werden zu einem Preis von 1,05 €/m verkauft.
Wie viel kostet 1 m³ bei einer Breite von 50 mm?

*Lösung:* Kubikmeterpreis in €/m³

$$= \frac{\text{Längenpreis in €/m}}{\text{Querschnittsfläche } A \text{ in m}^2}$$

$$= \frac{1{,}05\ €/m}{0{,}03\ m \cdot 0{,}05\ m} = \mathbf{700{,}00\ €/m^3}$$

Kubikmeterpreis €/m³

$$= \frac{\text{Längenpreis in €/m}}{\text{Querschnittsfläche } A \text{ in m}^2}$$

# 8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen

## 8.1 Umrechnungen von Holzmengen und Preisen bei Schnittholz

### Aufgaben zu 8.1.4

**131.1** Der Preis für 1 Quadratmeter Brettware, 28 mm dick **(siehe Bild)**, beträgt 23,10 €.
Wie teuer ist 1 Kubikmeter?

**131.2** Für einen Auftrag werden für 186 m² gehobelte Bretter, 30 mm dick, 3 760 € bezahlt.
Wie viel beträgt der Kubikmeterpreis?

### Aufgaben zu 8.1.5

**131.3** Für 1,24 Kubikmeter Kirschbaumbohlen, 40 mm dick **(siehe Bild)**, werden 1 925 € bezahlt.
Berechnen Sie den Quadratmeterpreis.

**131.4** Ein Auftrag umfasst 480 m² Fichtenbretter, 22 mm dick.

a) Berechnen Sie das Volumen in m³.

b) Wie teuer ist 1 Quadratmeter, wenn der Preis für 1 Kubikmeter 440 € beträgt?

### Aufgaben zu 8.1.6

**131.5** Für die Fertigung von Blockrahmen für Innenturen aus einer Eichenbohle mit einer Dicke von 60 mm, einer Länge von 5,50 m und einer mittleren Breite von 48 cm werden 12 Rahmenteile mit den Fertigmaßen 55 × 70 × 2 500 mm zugeschnitten **(siehe Bild)**.

Berechnen Sie

a) den Verschnittzuschlag in Prozent,

b) die Kosten der Bohle bei 1 400 €/m³,

c) den Preis je m² der Bohle,

d) den Materialpreis der Rahmenteile pro Meter.

**131.6** Für die Kalkulation ist der Materialpreis für fertige Fensterrahmenhölzer mit den Maßen 80 × 100 × 4 500 mm von 36,25 €/m² auf den Längenpreis umzurechnen.

### Aufgaben zu 8.1.7

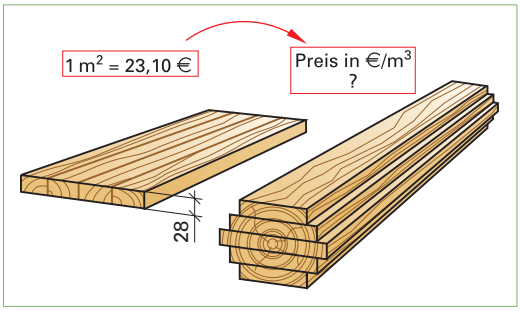
**131.7** Für Kanthölzer 6 × 6 cm wurden 2,10 €/m bezahlt.

Wie hoch ist der Preis pro m²?

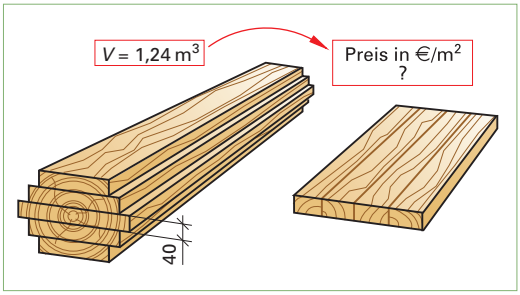
### Aufgaben zu 8.1.8

**131.8** Für Kanthölzer 6 × 8 cm werden 2,80 €/m verlangt.
Wie hoch war der Preis pro m³ beim Einkauf bei einer Breite von 80 mm?

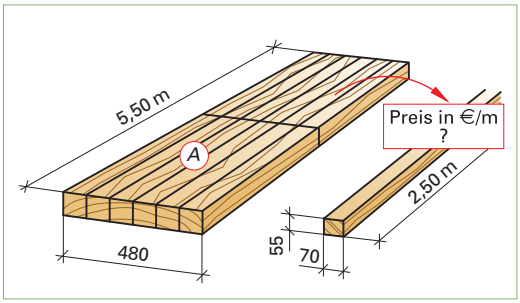
**131.9** Ein Bund Dachlatten aus Fichte, 24 × 48 mm, enthält 35 Meter **(siehe Bild)**. Es wurden 0,60 €/m bezahlt.
Wie teuer ist 1 Kubikmeter?



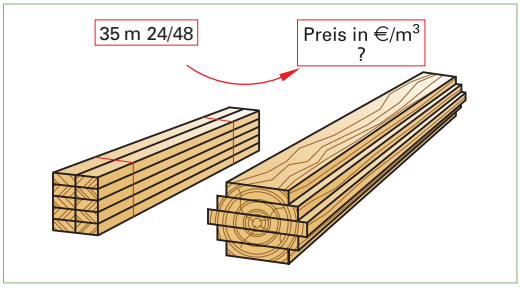

**Aufgabe 131.1**




**Aufgabe 131.3**




**Aufgabe 131.5**




**Aufgabe 131.9**

### 8.5.3 Kaufmännisches Mischungsrechnen

Für die Preisermittlung von Mischungen müssen die Einzelpreise der Stoffe und die einzelne Stoffmenge bekannt sein.

Bei Mischungen mit Massenteilen wird mit dem Preis/kg und bei Volumenteilen mit dem Preis/l gerechnet **(Bild 1)**.

**Beispiel:** Eine Leimmischung besteht aus 20 l Härterlösung ($V_H$) zu einem Preis von 0,65 €/l ($Preis_H$/l) und 60 l Flüssigleim ($V_L$) zu einem Preis von 2,45 €/l ($Preis_L$/l).

a) Wie viel kostet die Mischung?

b) Wie teuer ist 1 Liter der Mischung?

*Lösung:* a) Gesamtmenge der Mischung

$V$ = 20 l Härter + 60 l Leim = 80 l

Preis der Mischung von 80 l

$= V_H \cdot Preis_H/l + V_L \cdot Preis_L/l$

= 20 l · 0,65 €/l + 60 l · 2,45 €/l

= 13,00 € + 147,00 € = **160,00 €**

b) Preis der Mischung für 1 Liter

$$= \frac{\text{Gesamtpreis der Mischung}}{\text{Gesamtmenge}}$$

$$= \frac{160{,}00\ €}{80\ l} = \mathbf{2{,}00\ €/l}$$

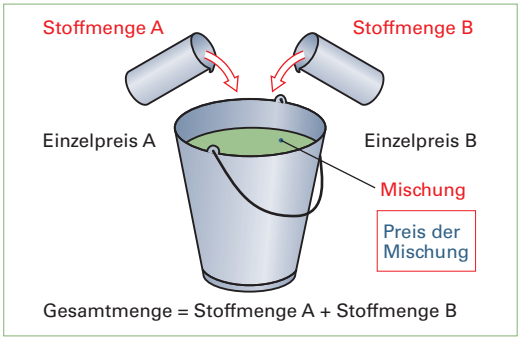



**Bild 1**

$$\text{Preis der Mischung pro kg} = \frac{\text{Menge A in kg} \times Preis_A/kg + \text{Menge B in kg} \times Preis_B/kg}{\text{Gesamtgesamtmenge in kg}}$$

$$\text{Preis der Mischung pro l} = \frac{\text{Menge A in l} \times Preis_A/l + \text{Menge B in l} \times Preis_B/l}{\text{Gesamtmenge in l}}$$

Allgemein:

$$\text{Preis der Mischung} = \frac{\text{Gesamtpreis der Mischung}}{\text{Gesamtmenge}}$$

### Aufgaben zu 8.5.3 Kaufmännnisches Mischungsrechnen

**146.1** Fünf Liter eines Stoffes A, Preis 2,25 €/l, werden mit 7 l eines Stoffes B, Preis 1,35 €/l gemischt.

Wie viel kostet 1 Liter der Mischung?

**146.2** Eine Leimflotte von 8,5 kg zum Preis von 2,90 €/kg, wird mit 2 kg Streckmittel zum Preis von 0,75 €/kg gemischt.

Wie teuer ist 1 kg des gestreckten Leimes?

**146.3** Drei Stoffe werden im Verhältnis 2 : 1 : 3 gemischt. Es sollen insgesamt 20 l Mischung hergestellt werden. Stoff A kostet 1,60 €/l, Stoff B kostet 1,20 €/l, Stoff C kostet 0,55 €/l.

Berechnen Sie den Preis/l der Mischung.

**146.4** 5 kg Leim werden 20 % (auf 5 kg) Streckmittel zugesetzt. 1 kg Leim kostet 3,25 €, 1 kg Streckmittel kostet 0,65 €.

Wie viel kostet 1 kg des gestreckten Leimes?

**146.5** Es wurde ein Leimbedarf von 25 kg errechnet. Leimpulver, Härter und Wasser sollen im Verhältnis 6 : 1 : 1,5 gemischt werden.

Berechnen Sie den Preis/kg der Mischung, wenn 1 kg Leimpulver 2,45 €, 1 kg Härter 1,20 € und 1 $m^3$ Wasser 1,42 € kostet.

**146.6** In einer Leimmischung von 15 l sind 20 % Härter enthalten. Wegen des zu erwartenden Leimdurchschlages wird noch 1/2 Liter Farbmischung hinzugegeben. Der Leim kostet 3,25 €/l, der Härter 0,90 €/l und die Farbmischung wird mit 0,60 €/l berechnet.

Wie viel kostet 1 Liter der eingefärbten Leimmischung?

**146.7** Eine Mischung besteht aus 18 l des Stoffes A und 2,5 l des Stoffes B.

Der Preis der Mischung pro Liter beträgt 3,65 €.

Wie viel kostet 1 Liter des Stoffes B, wenn für den Stoff A 3,00 €/l berechnet werden?

# 8 Materialbedarf und Materialpreisberechnungen

## 8.6 Stoffe zur Oberflächenbehandlung

### 8.6.1 Bedarfs- und Preisberechnungen

Die Berechnung des Bedarfs von Anstrichstoffen richtet sich nach der zu behandelnden Flächengröße und der Schichtdicke in Abhängigkeit der Verbrauchsmenge in l/m² oder cm³/m².

Im Handel werden Farben und Lacke in kg, l und ml unter Angabe der Ergiebigkeit oder des Verbrauchs angeboten.

Die Ergiebigkeit (in m²/l) gibt die Größe der Fläche in m² an, die mit 1 l oder 1 cm³ (1 l = 1 000 cm³; 1 ml = 1 cm³) Anstrichmittel beschichtet werden kann.

Der Verbrauch (in l/m² oder cm³/m²) gibt die Menge des Anstrichmittels in l oder cm³ an, die pro Quadratmeter (1 m²) benötigt wird.

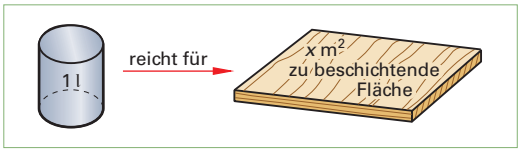



**Bild 1: Ergiebigkeit**

Lackfläche in m²
= Lackmenge in l × Ergiebigkeit in m²/l

$$\text{Lackmenge in l} = \frac{\text{Lackfläche in m}^2}{\text{Ergiebigkeit in m}^2/\text{l}}$$

$$\text{Ergiebigkeit in m}^2/\text{l} = \frac{\text{Lackfläche in m}^2}{\text{Lackmenge in l}}$$

$$\text{Ergiebigkeit in m}^2/\text{l} = \frac{1}{\text{Verbrauch (l/m}^2)}$$

Hierbei wird mit 1 cm³ des Mittels auf die Fläche von 1 m² eine Nassfilmdicke von 1 µm (1 Mikrometer) erzielt.

**Beispiel:** Ein Lackhersteller gibt den Verbrauch einer Lackfarbe mit 60 cm³/m² an. Für wie viel Quadratmeter reicht ein Liter?

*Lösung:*

$$\text{Ergiebigkeit} = \frac{1}{\text{Verbrauch (l/m}^2)}$$

$$= \frac{1}{0{,}060\ \text{l/m}^2} = \mathbf{16{,}66\ m^2/l}$$

$$\text{Lackfläche in m}^2 = \frac{\text{Lackmenge in l}}{\text{Verbrauch in l/m}^2}$$

$$= \frac{1\ \text{l}}{0{,}060\ \text{l/m}^2} = \mathbf{16{,}66\ m^2}$$

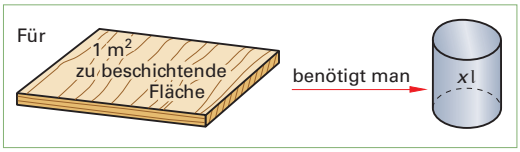



**Bild 2: Verbrauch**

Lackmenge in l
= Lackfläche in m² × Verbrauch in l/m²

$$\text{Lackfläche in m}^2 = \frac{\text{Lackmenge in l}}{\text{Verbrauch in l/m}^2}$$

$$\text{Verbrauch in l/m}^2 = \frac{\text{Lackmenge in l}}{\text{Lackfläche in m}^2}$$

$$\text{Verbrauch in l/m}^2 = \frac{1}{\text{Ergiebigkeit (m}^2/\text{l)}}$$

**Tabelle: Auswahl von Stoffen zur Oberflächenbehandlung (Ergiebigkeit)**

| **Holz-Beizen** | | **Lacke** | |
|---|---|---|---|
| Wasserbeizen | 7–10 m²/l | NC-Lacke | 5–8 m²/l |
| Lackbeizen | 6–7 m²/l | Einkomponenten-Härterlacke SH | 4–5 m²/l |
| Wachsbeize | 6–8 m²/l | Zweikomponenten-Kunstharzlacke SH | 7–8 m²/l |
| **Hilfsmittel** | | Alkyd-Lacke | 10–12 m²/l |
| Bleichmittel | 8–15 m²/l | Zweikomponenten-Polyurethanlacke | 8–10 m²/l |
| Abbeizer | 1–2 m²/l | Wasserlacke (Acryl) | 6–8 m²/l |
| **Naturfarben (Pflanzenfarben)** | | **Lasuren** | |
| Pflanzen-Holzlasuren | 8–10 m²/l | Holzschutzimprägnierungsmittel | 10–12 m²/l |
| Naturholz-Ölimprägnierung | 8–10 m²/l | Holzschutzlasur | 10–12 m²/l |
| Natur-Wachse | 5–6 m²/l | Lack-Lasur | 10–12 m²/l |

## 8.8 Materialliste

Für den Materialzuschnitt müssen die einzelnen Werkstücke oder Werkstückteile pro Erzeugnis oder Auftrag aufgelistet werden. Dies geschieht am zweckmäßigsten in einer Materialliste, auch Zuschnittliste oder Stückliste genannt. In den Materiallisten werden die einzelnen Werkstücke, Beschläge, Verbindungsmittel usw. nach Holzart, Werkstoffart, Beschlagsart und wenn möglich, auch nach Größen sortiert. Das heißt, in den Zeilen der Materialliste werden Vollholz und Plattenwerkstoffe nach Art und von der größten Dicke sowie größten Länge ausgehend sortiert aufgelistet (siehe auch Seite 233).

Bei Vollholz wird die Länge in Richtung des Faserverlaufs des Holzes gemessen, bei Plattenwerkstoffen in der Regel in der Richtung des zu beschichtenden Deckfurniers. Letzteres hat den Vorteil, dass die Längen- und Breitenmaße von Platten und Furnier identisch sind. (Hier sind die innerbetrieblichen Normen zu beachten!)

**Beispiel:** Von dem gezeichneten Regal sollen 3 Stück hergestellt werden. Stellen Sie die Materialliste auf **(Bild 1)**.

*Angaben zur Ausführung:*

Holzart in Lärche; Seiten und Böden 20 mm dick; Eckverbindungen gegratet, Grathöhe 7 mm; Rückwand aus Furnierplatte, 8 mm dick, in Böden und Seiten 14 mm eingefälzt; Sockel in Seiten eingenutet, Federlänge 7 mm.

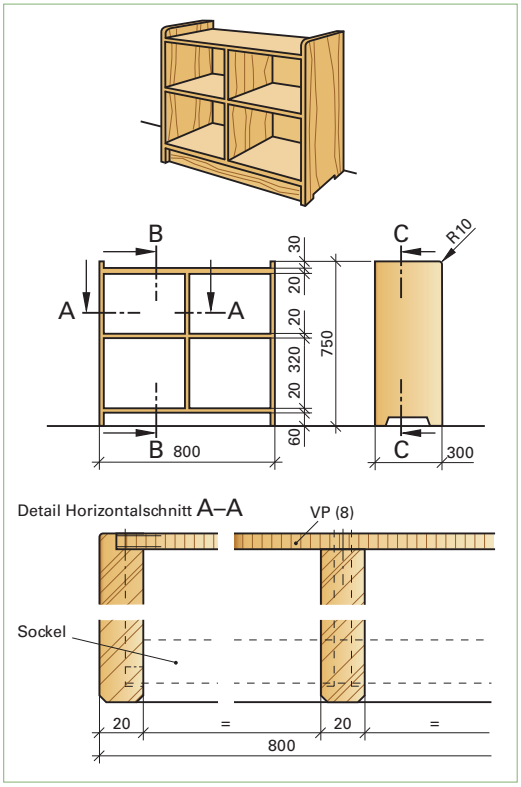



**Bild 1: Regal in Lärche**

MATERIALLISTE

Gegenstand: Regal in Lärche  Auftraggeber: Kindergarten

Stückzahl: 3  Auftragnummer: 065431

| lfd. Nr. | Verwendung | Material | Stück | Fertigmaße Länge in mm | Fertigmaße Breite in mm | Flächeninhalt in $m^2$ | Rohdicke/ Fertigdicke in mm | Nettomenge in $m^2$ | Verschnitt in % | Menge mit Verschnitt in $m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regalseite, links | LÄ | 3 | 750 | 300 | 0,675 | 25/20 | | | |
| 2 | Regalseite, rechts | LÄ | 3 | 750 | 300 | 0,675 | 25/20 | | | |
| 3 | Mittelseite | LÄ | 3 | 634 | 300 | 0,570 | 25/20 | | | |
| 4 | Oberboden | LÄ | 3 | 774 | 300 | 0,696 | 25/20 | | | |
| 5 | Unterboden | LÄ | 3 | 774 | 300 | 0,696 | 25/20 | | | |
| 6 | Sockelblende | LÄ | 3 | 774 | 60 | 0,054 | 25/20 | | | |
| 7 | Zwischenboden | LÄ | 6 | 384 | 300 | 0,691 | 25/20 | 4,057 | 55 | 6,288 |
| 8 | Rückwand | VP | 3 | 648 | 788 | 1,532 | 8 | 1,532 | 20 | 1,838 |

## 8.8 Materialliste

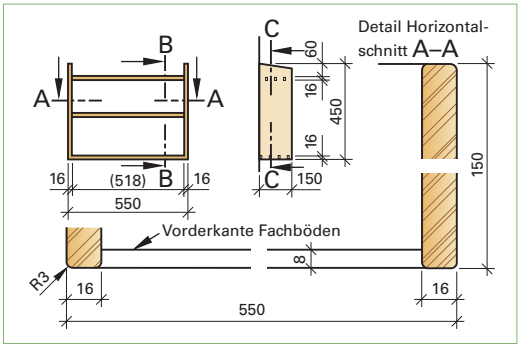
### Aufgaben zu 8.8 – Materialliste

**159.1** Von dem skizzierten Hängeregal in Kiefer sollen 4 Stück angefertigt werden.

Stellen Sie die Materialliste auf **(siehe Bild)**.

*Angaben zur Ausführung:*

Korpusseiten und -böden in Kiefer, 16 mm dick, Kanten gerundet; Fachboden und Oberboden 8 mm zurückgesetzt, Fachboden auf Bodenträgern, Oberboden mit Fingerzapfen; Unterboden mit Schwalbenschwanz-Zinkung; Aufhängung mittels Bettbeschlägen, Holzschrauben je Beschlag 2 Stück 3,5 × 25, DIN 97, Mauerdübel 8 mm, Schraube 5 × 50, DIN 95.




**Aufgabe 159.1: Hängeregal**

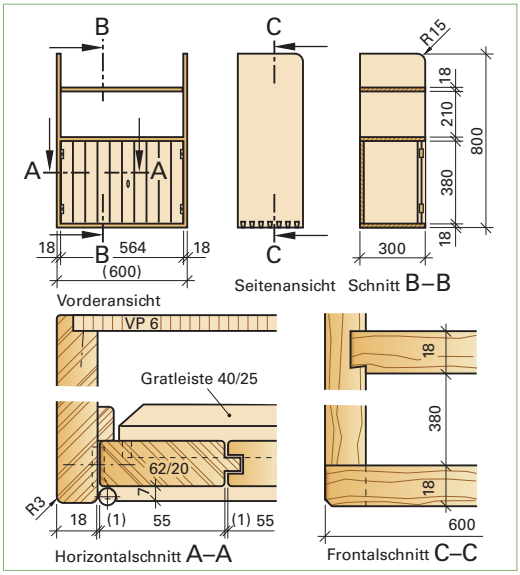
**159.2** Ein Kunde bestellt zwei Hängeschränkchen mit Drehtüren.

Fertigen Sie die Materialliste an **(siehe Bild)**.

*Angaben zur Ausführung:*

Korpusseiten und -böden in Eiche, 18 mm dick; oberer Boden und Fachboden gegratet; unterer Boden gezinkt; Rückwand aus Furnierplatte, 6 mm dick, im Falz liegend.

Türen aus Brettern 62 × 20 mm, auf Gratleiste 40 × 25 mm, mit Zylinderbändern stumpf einliegend angeschlagen; Mittelanschlag überfälzt, mit Einsteckschloss verschlossen. Aufhängung des Hängeschränkchens durch Bettbeschlag.




**Aufgabe 159.2: Hängeschränkchen**

**159.3** Für einen Kunden soll ein kleines Flurschränkchen in Kiefer angefertigt werden.

Stellen Sie hierzu die Materialliste auf **(siehe Bild)**.

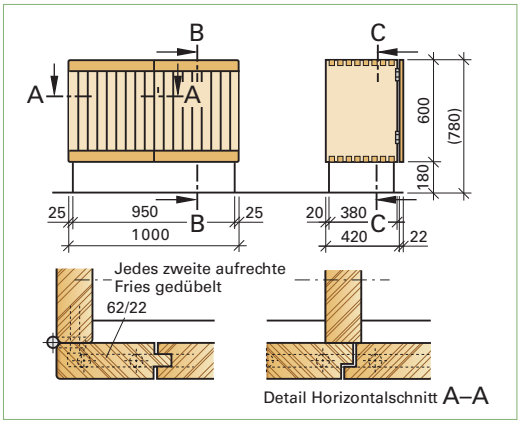
*Angaben zur Ausführung:*

Seiten, Böden und Sockel in Kiefer, Vollholz 22 mm dick; ein Fachboden 10 mm gegenüber der Korpuskante zurückgesetzt, 20 mm dick; Korpus-Eckverbindungen offene Schwalbenschwanz-Zinkung; Sockel-Eckverbindung auf Gehrung gedübelt; Rückwand 8 mm Furniersperrholz, 14 mm eingefälzt, eingeschraubt.

Verbindung des Sockels mit dem Korpus durch Nutklötze, 40 × 40 × 20 mm.

Türen in Vollholz-Brettkonstruktion, Bretter 62 × 22 mm mit angeschnittener Feder; Querriegel, 76 × 22, mit Nutzapfen und mit jedem zweiten Brett der aufrechten Verbretterung durch Dübel verbunden; stumpf aufschlagend mit Messingscharnieren angeschlagen; durch Schubstangenschloss verschlossen.

(Weitere Aufgaben Seite 234).




**Aufgabe 159.3: Flurschränkchen**

# 9 Kräfte

## 9.1 Darstellen von Kräften

**Kräfte** sind die Ursache für Bewegungs-, Lage- und Formveränderungen von Körpern. So sind zum Beispiel für das Verfahren von Hubwagen, für das Spannen von Werkstücken und das Biegen von Hölzern Kräfte erforderlich.

Die **Einheit** der Kraft ist das **Newton** (N), $[F] = \text{N}$.

Ein Newton (1 N) ist die Kraft, die einem Körper mit der Masse von 1 kg die Beschleunigung von 1 m/s² erteilt.

Weitere Einheiten sind das Kilo-Newton (kN) und das Mega-Newton (MN). Die Umrechnungszahl je Einheit beträgt 1 000.

| Umrechnung der Einheiten | | | |
|---|---|---|---|
| 1 N | 1 kN | 1 MN | |
| 1 | 1 000 | 1 000 000 | N |
| 0,001 | 1 | 1 000 | kN |
| 0,000 001 | 0,001 | 1 | MN |

Kräfte werden mit $F$ (force) bezeichnet. Diejenige Kraft, mit der ein Körper zum Erdmittelpunkt hin angezogen wird, nennt man die Gewichtskraft $G$ oder $F_G$ eines Körpers.

Kräfte sind eindeutig bestimmt, wenn ihre Größe, ihre Richtung und Ihre Lage bekannt sind. Deshalb können Kräfte durch Pfeile (Vektoren) zeichnerisch dargestellt werden.

Die **Größe** der Kraft wird durch die **Pfeillänge (l)**, die Lage der Kraft wird durch **Angriffspunkt** und **Wirkungslinie**, die **Richtung** der Kraft wird durch den **Pfeil** dargestellt **(Bild 1)**.

Für die zeichnerische Darstellung einer Kraft wird die erforderliche Pfeillänge $l$ aus der Kraft $F$ und dem Kräftemaßstab $M_K$ berechnet.

**Beispiel:** Eine Kraft $F = 55$ N, die unter einem Winkel von 30° zur Waagerechten nach rechts oben wirkt, ist zeichnerisch darzustellen. Der Kräftemaßstab $M_K = 10$ N/cm.

Stellen Sie die Kraft zeichnerisch dar.

*Lösung:* $l = \frac{F}{M_K} = \frac{55\ \text{N}}{10\ \text{N/cm}} = \mathbf{5{,}5\ cm}$

Zeichnerische Darstellung siehe **Bild 2**.

| Formelzeichen | Bezeichnung | Einheit |
|---|---|---|
| $F$, $F_1$, $F_2$ | Kräfte | N, kN, MN |
| $F_R$ | result. Kraft | |
| $F_G$ oder $G$ | Gewichtskraft | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$ |
| $M_K$ | Kräftemaßstab | N/cm; kN/cm |
| $l$, $l_1$, $l_2$ | Pfeillängen | cm |

Basiseinheit

$$1\ \text{N} = 1\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

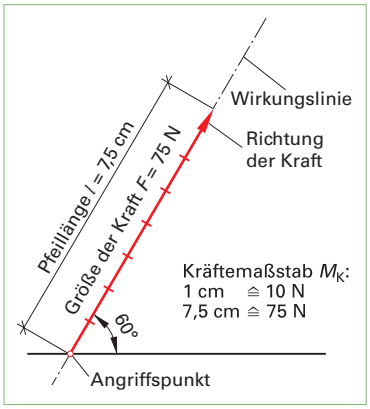



**Bild 1**

$$\text{Pfeillänge} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Kräftemaßstab}}$$

$$l = \frac{F}{M_K}$$

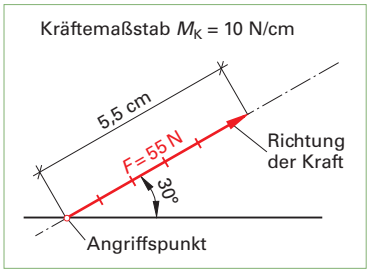



**Bild 2**

### Aufgaben zu 9.1 – Darstellen von Kräften

**160.1** Stellen Sie die in der Tabelle angegebenen Kräfte als Pfeile dar.

| Kraft | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ | $F_4$ |
|---|---|---|---|---|
| Größe | 180 N | 420 N | 240 kN | 36 MN |
| Winkel | 45° | 60° | waagerecht | senkrecht |
| Richtung | rechts oben | links unten | nach links | nach oben |
| Kräftemaßstab $M_K$ | $20\ \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ | $50\ \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ | $50\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$ | $10\ \frac{\text{MN}}{\text{cm}}$ |

# 9 Kräfte

## 9.2 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften

Zwei oder mehrere Kräfte können zu **einer** wirkenden Kraft zusammengefasst werden. Diese ermittelte Kraft wird als Ersatzkraft oder **resultierende Kraft $F_R$** bezeichnet.

**Kräfte auf gleicher Wirkungslinie**
Befinden sich Kräfte auf derselben Wirkungslinie und gehen sie alle in eine Richtung, werden die Kräfte addiert **(Bild 1)**.

resultierende Kraft = Summe der Teilkräfte

**Beispiel 1:** Um einen Wagen zu bewegen, bringt die eine schiebende Arbeitskraft 250 N, die andere schiebende 200 N und die ziehende Arbeitskraft 150 N auf. Zu zeichnen ist die gemeinsame horizontale Kraft mit einem Kräftemaßstab von 1 cm ≙ 200 N.

*Lösung:* $F_R = F_1 + F_2 + F_3 = 250\text{ N} + 200\text{ N} + 150\text{ N} = \mathbf{600\text{ N}}$

Pfeillängen $l_1 = \dfrac{F_1}{M_K} = \dfrac{250\text{ N}}{200\text{ N/cm}} = \mathbf{1{,}25\text{ cm}}$

$l_2 = \dfrac{F_2}{M_K} = \dfrac{200\text{ N}}{200\text{ N/cm}} = \mathbf{1{,}0\text{ cm}}$

$l_3 = \dfrac{F_3}{M_K} = \dfrac{150\text{ N}}{200\text{ N/cm}} = \mathbf{0{,}75\text{ cm}}$

$l_R = \dfrac{F_R}{M_K} = \dfrac{600\text{ N}}{200\text{ N/cm}} = \mathbf{3{,}0\text{ cm}}$

Zeichnerische Darstellung siehe **Bild 2**.

Befinden sich Kräfte auf derselben Wirkungslinie und gehen sie in entgegengesetzter Richtung, werden die Kräfte subtrahiert **(Bild 3)**.

resultierende Kraft = Differenz der Teilkräfte

**Beispiel 2:** Ein Mitarbeiter bringt eine Kraft von 40 N auf, um eine Bohle aus dem Lager zu ziehen. In dem skizzierten Moment ist eine Reibungskraft von 30 N zu überwinden. Zu zeichnen ist die beim Herausziehen in dieser Situation tatsächlich wirkende horizontale Kraft mit einem Kräftemaßstab von 1 cm ≙ 20 N.

*Lösung:* $F_R = F_1 - F_2 = 40\text{ N} - 30\text{ N} = 10\text{ N}$

$l_1 = \dfrac{40\text{ N}}{20\text{ N/cm}} = \mathbf{2\text{ cm}}$

$l_2 = \dfrac{30\text{ N}}{20\text{ N/cm}} = \mathbf{1{,}5\text{ cm}}$

$l_R = \dfrac{10\text{ N}}{20\text{ N/cm}} = \mathbf{0{,}5\text{ cm}}$

Zeichnerische Lösung siehe **Bild 4**.

**Kräfte auf sich schneidender Wirkungslinie**
Wirken zwei Kräfte auf verschiedenen Linien, die sich in einem Punkt schneiden, dann kann die resultierende Kraft mithilfe des Parallelogramms oder eines Kräftedreiecks ermittelt werden. Beim Kräfteparallelogramm ist die Resultierende $F_R$ die Diagonale in diesem Parallelogramm, das aus den Seiten $F_1$ und $F_2$ gebildet wird **(Bild 5)**.

resultierende Kraft = Diagonale im Kräfteparallelogramm

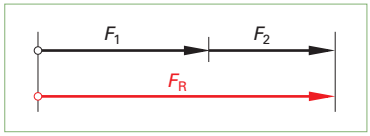



**Bild 1**

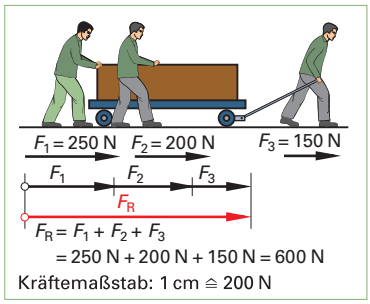



**Bild 2**

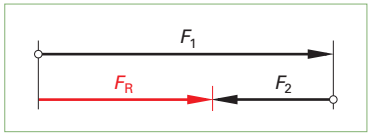



**Bild 3**

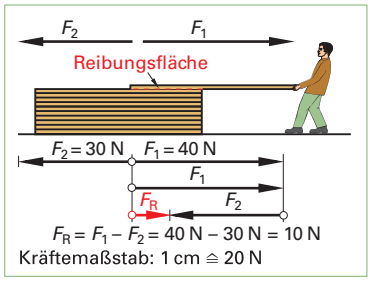



**Bild 4**

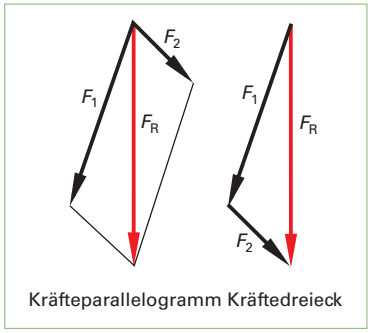



**Bild 5**

## 9.2 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften

Beim Kraftdreieck werden die Kräfte $F_1$ und $F_2$ in Größe und Richtung aneinander gesetzt. Die resultierende Kraft $F_R$ ist die Verbindung des Anfangspunktes der Kraft $F_1$ mit dem Endpunkt der Kraft $F_2$ **(Bild 161/5)**.

resultierende Kraft = Verbindungslinie der Eckpunkte im Kraftdreieck

**Beispiel 3:** In einem Dachtragwerk treffen am Fußpunkt aus dem Pfosten **(Bild 1)** die Kraft $F_1$ = 13 kN unter 90° und aus der Strebe die Kraft $F_2$ = 16 kN unter 60° zusammen. Wie groß ist die resultierende Kraft am Fußpunkt $F_R$ ($M_K$ = 10 kN/cm)?

*Lösung:*

$$l_1 = \frac{13\ \text{kN}}{10\ \text{kN/cm}} = \mathbf{1{,}3\ cm}$$

$$l_2 = \frac{16\ \text{kN}}{10\ \text{kN/cm}} = \mathbf{1{,}6\ cm}$$

$l_R$ = 2,8 cm, aus Zeichnung gemessen **(Bild 1)**

$$F_R = l_R \cdot M_K$$

$$= 2{,}8 \cdot 10\ \text{kN/cm} = \mathbf{28\ kN}$$

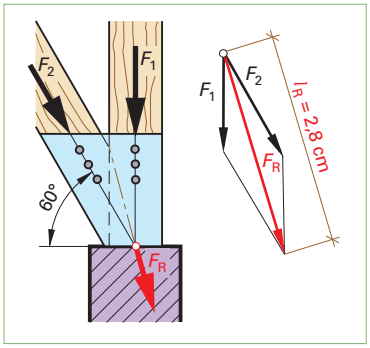



**Bild 1**

Eine Kraft $F$ kann auch in zwei Teilkräfte $F_1$ und $F_2$ mit verschiedenen Wirkungslinien zerlegt werden. Dies erfolgt umgekehrt wie das Zusammensetzen der Kräfte. Die zwei zerlegten Teilkräfte haben zusammen dieselbe Wirkung wie die unzerlegten **(Bild 2)**.

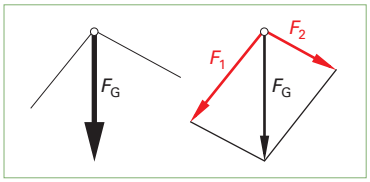



**Bild 2**

**Beispiel 4:** Im Kellergang soll eine Absaugleitung an Drahtseilen abgehängt werden. Bei den vorgesehenen Abständen wird pro Abhängung eine Gewichtskraft von 500 N angenommen. Wie groß sind die Kräfte in den Seilzügen, wenn diese unter einem Winkel von 60° und 30° an den Wänden befestigt werden **(Bild 3)**? Kräftemaßstab $M_K$ = 200 N/cm.

*Lösung:*

$$l_G = \frac{F_G}{M_K} = \frac{500\ \text{N}}{200\ \text{N/cm}} = \mathbf{2{,}5\ cm}$$

gemessene Pfeillängen: $l_1$ = 1,25 cm, $l_2$ = **2,15 cm**

$$F_1 = l_1 \cdot M_K = 1{,}25\ \text{cm} \cdot 200\ \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \mathbf{250\ N}$$

$$F_2 = l_2 \cdot M_K = 2{,}15\ \text{cm} \cdot 200\ \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \mathbf{430\ N}$$

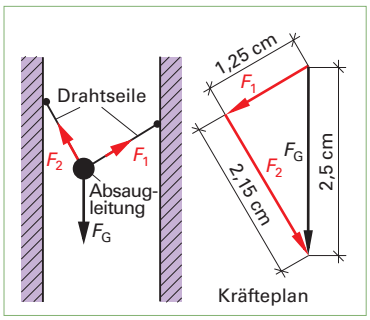



**Bild 3**

### Gleichgewicht von Kräften

Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn die Summe der auf gleicher Wirkungslinie liegenden Kräfte gleich der Summe der entgegengesetzt auf dieser Wirkungslinie liegenden Kräfte ist.

Die entgegengesetzten Kräfte erhalten ein negatives Vorzeichen. Die resultierende Kraft $F_R$ ist in diesem Fall null **(Bild 4)**.

Das Gleichgewicht der Kräfte wird in der Statik angestrebt, wie zum Beispiel bei Auflagerkräften von Trägern oder der Bodenpressung von Stützenfundamenten **(Bild 5)**.

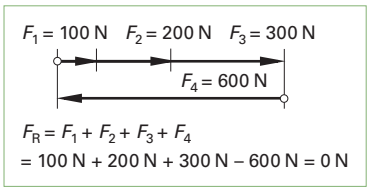



**Bild 4**

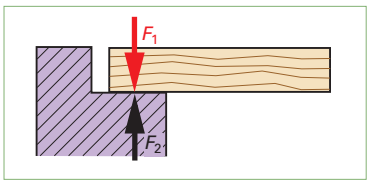
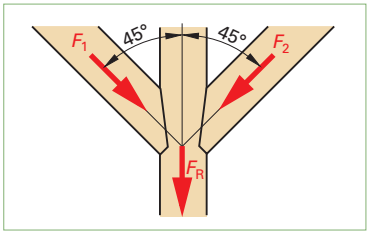



**Bild 5**

## Aufgaben zu 9.2 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften

**163.1** Die Kopfbänder eines Dachstuhles werden unter 45° (60°) in den Pfosten eingeschnitten. In beiden Kopfbändern kommt je eine Kraft $F_1$ und $F_2$ von 42 kN (54 kN) aus dem Dach herunter.

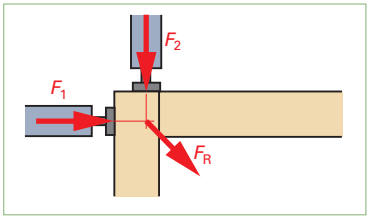
Ermitteln Sie zeichnerisch die resultierende Kraft $F_R$ in kN im Pfosten des Dachstuhles **(siehe Bild)**. $M_K$ = 10 kN/cm.



**Aufgabe 163.1**

**163.2** In einer Vorrichtung sind zwei Druckluftzylinder unter einem Winkel von 90° zueinander angeordnet, um Ecken zu verpressen **(siehe Bild)**. Jeder Druckluftzylinder erzeugt einen Druck von 150 N (240 N).

Wie groß ist die resultierende Kraft in N?



**Aufgabe 163.2**

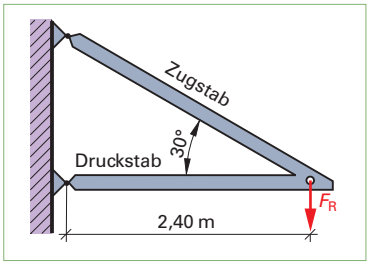
**163.3** Zwei Kräfte greifen unter dem Winkel $\alpha$ an einer Befestigungslasche an.

Ermitteln Sie zeichnerisch die Lage und die Größe der resultierenden Kraft bei folgenden Belastungsfällen.

| | Fall 1 | Fall 2 | Fall 3 | Fall 4 |
|---|---|---|---|---|
| Winkel $\alpha$ | 30° | 45° | 60° | 90° |
| Kraft $F_1$ | 250 N | 1 500 N | 2 450 N | 178 N |
| Kraft $F_2$ | 456 N | 975 N | 1 450 N | 266 N |

**163.4** Im Spanplattenlager ist ein Galgen mit Hebezeug und Spanplattenaufnahme installiert **(siehe Bild)**. Der Ausleger ist 2,40 m lang. Der Druckstab liegt waagerecht und der Zugstab hat einen Winkel von 30°.

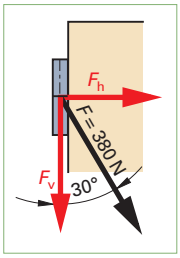
Wie groß sind die Kräfte im Zug- und im Druckstab, wenn mit einer Gewichtskraft $F_G$ von 2 500 N zu rechnen ist?



**Aufgabe 163.4**

**163.5** Am oberen Band einer Schallschutztür greift unter 30° eine Kraft $F$ von 380 N an.

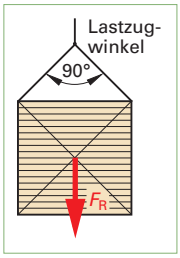
Wie groß sind die Vertikalkraft $F_v$ und die Horizontalkraft $F_h$ an dem Band? Lösung zeichnerisch, $M_K$ = 100 N/cm, und rechnerisch **(siehe Bild)**.



**Aufgabe 163.5**

**163.6** Eine Kette kann mit $F$ = 12 kN belastet werden. Mit ihr werden Holzstapel angehoben.

Wie groß ist die jeweils zulässige Gewichtskraft $F_G$ bei den verschiedenen Lastzugwinkeln von 90° und 120°? (Kräftemaßstab $M_K$ = 2 kN/cm, **siehe Bild**).



**Aufgabe 163.6**

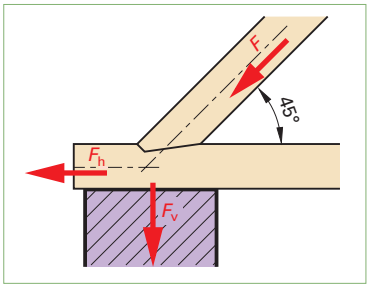
**163.7** Aus dem Dach kommen in der Strebe $F$ = 25 kN herunter. Die Strebe ist unter 45° in den Deckenbalken eingeschnitten.

Wie groß ist die Horizontalkraft $F_h$ und die Vertikalkraft $F_v$ im Auflagerpunkt **(siehe Bild)**?

**163.8** Aus einem Dach kommen in der Strebe $F$ = 25 kN herunter. Die Strebe ist hier unter einem Winkel von 60° in den Deckenbalken eingeschnitten.

Wie groß ist die Horizontalkraft $F_h$ und die Vertikalkraft $F_v$ im Auflagerpunkt (sinngemäß Bild der Aufgabe 163.7)?

Vergleichen Sie die Ergebnisse der Aufgabe 163.7 mit 163.8.



**Aufgabe 163.7**

### 15.1.3 Luftfeuchte

Bei der Luftfeuchte werden drei Arten unterschieden:

1. Die **absolute Luftfeuchte** ($f_{abs}$ in g/m³) (effektiv vorhandene Feuchtigkeit) gibt an, wieviel Gramm Wasserdampf in 1 m³ Luft enthalten ist.
2. Die **maximale Luftfeuchte** ($f_{sätt}$ in g/m³) oder gesättigte feuchte Luft gibt an, wie viel Gramm Wasserdampf 1 m³ Luft bei einer bestimmten Lufttemperatur höchstens aufnehmen kann. Je wärmer die Luft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen.
3. Die **relative Luftfeuchte** $\varphi$ in % (Aufnahmefähigkeit an Feuchtigkeit) ist das Verhältnis der im Raum wirklich vorhandenen Wasserdampfmenge (absolute Luftfeuchte) zu der bei gleicher Temperatur möglichen Höchstmenge (maximale Luftfeuchte). Sie gibt also an, wie viel Prozent von der möglichen Wasserdampfhöchstmenge bei einer bestimmten Lufttemperatur tatsächlich vorhanden ist. Sie kann 0 % bis 100 % betragen **(Bild 1)**.

**Beispiel:** Bei 25 °C Lufttemperatur beträgt die relative Luftfeuchte 80 %. Wie groß ist die absolute Luftfeuchte und die maximale Luftfeuchte?

*Lösung:* nach dem Diagramm:

a) $f_{abs} \approx 17$ g/m³

b) $f_{sätt} \approx 25$ g/m³

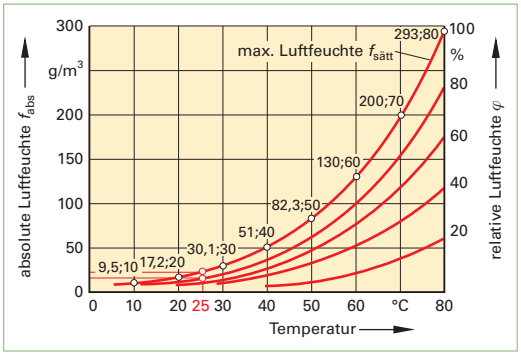



**Bild 1: Wasseraufnahmefähigkeit der Luft**

Relative Luftfeuchte

$$= \frac{\text{abs. Luftfeuchte (g/m}^3) \times 100\,\%}{\text{max. Luftfeuchte (g/m}^3)}$$

$$\varphi = \frac{f_{abs}}{f_{sätt}} \cdot 100\,\%$$

**Tabelle: Holzfeuchtegleichgewicht $u_{gl}$ in %**

| rel. Luftfeuchte $\varphi$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 % | 33,0 | 31,0 | 30,0 | 29,0 | 28,0 | 27,0 | 26,0 |
| 90 % | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 19,0 | 18,0 | 17,0 | 16,0 |
| 80 % | 16,3 | 16,0 | 15,7 | 15,0 | 14,2 | 13,2 | 12,4 |
| 70 % | 13,4 | 13,0 | 12,7 | 12,1 | 11,5 | 10,8 | 10,0 |
| 60 % | 11,2 | 10,8 | 10,5 | 10,0 | 9,5 | 8,8 | 8,2 |
| 50 % | 9,4 | 9,0 | 8,8 | 8,4 | 7,9 | 7,3 | 6,7 |
| 40 % | 7,8 | 7,5 | 7,3 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,4 |
| 30 % | 6,4 | 6,2 | 5,9 | 5,5 | 5,1 | 4,7 | 4,3 |
| Luft-temperatur °C | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |

### 15.1.4 Holzfeuchtegleichgewicht $u_{gl}$

Das Holz soll entsprechend seinem Verwendungszweck eine bestimmte Holzfeuchte haben. Die Holztrocknung kann im Freien oder durch technische Holztrocknung erfolgen. Für die Trocknung des Holzes auf Soll-Feuchte-Werte ist das hygroskopische Verhalten des Holzes ausschlaggebend. Holz passt seine Holzfeuchte nach einer Ausgleichszeit der relativen Luftfeuchte bei gegebener Lufttemperatur an und die Holzfeuchte steht dann im Gleichgewicht.

Beträgt z. B. die Lufttemperatur 10 °C und die relative Luftfeuchte 75 %, so erreicht ein in diesem Klima vorhandenes Holz ein Holzfeuchtegleichgewicht $u_{gl}$ von 15 %. Herrscht in einer Trockenkammer eine Temperatur von 60 °C und eine relative Luftfeuchte von 40 %, so würde das Holz in der Kammer nach einer gewissen Zeit ein $u_{gl}$ von 6 % erreichen **(Bild 2)**.

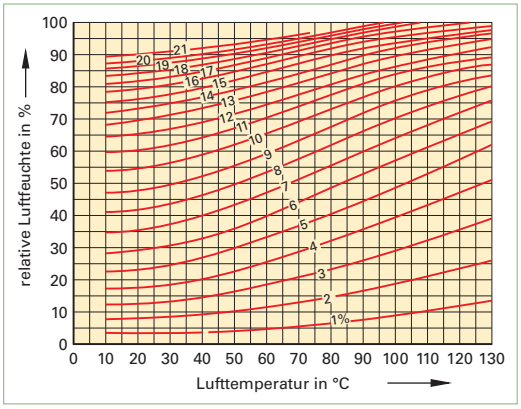



**Bild 2: Holzfeuchtegleichgewicht $u_{gl}$ in %**

### 15.2.1 Schwindung und Quellung

Das Schwinden und Quellen des Holzes findet im wesentlichen zwischen dem Fasersättigungsbereich (30 % Feuchte) und dem darrtrockenen Zustand (0 % Feuchte) statt. Die Schwindmaße eines zugeschnittenen Holzes sind abhängig von der Lage der Jahresringe und der Faserrichtung sowie von der Holzart **(Bild 1)**.

Wird zum Beispiel ein Stück Eichenholz mit einer fasergesättigten Holzfeuchte von $u_F = 25\,\%$ auf $u_0 = 0\,\%$ gedarrt, stellt man fest, dass die Schwindmaße des Stückes prozentual nicht in allen Richtungen gleich groß ist.

Beim abgebildeten Stück ergab sich folgender Schwund:

in Richtung der Holzfasern: 0,1 mm ≙ 0,1 %
in Richtung der Jahresringe: 3,9 mm ≙ 7,8 %
in Richtung der Markstrahlen: 2 mm ≙ 4 %

**Schwindrichtungen und Schwindmaße**

Die Schwindmaße sind auf die jeweiligen Schwindrichtungen zu den Jahresringen bezogen **(Bild 2)**. Man unterscheidet drei Schwind- bzw. Quellrichtungen:

| Schwindrichtung | max. Schwindmaße |
|---|---|
| in Faserrichtung axial (längs) | $\beta_l \approx 0{,}1\,\%–0{,}3\,\%$ |
| in Richtung der Markstrahlen radial | $\beta_r \approx 3\,\%–8\,\%$ |
| in Richtung der Jahresringe tangential | $\beta_t \approx 5\,\%–12\,\%$ |

Bei den Schwindmaßen wird zwischen **maximalem Schwund** und tatsächlichem Schwund unterschieden **(Tabelle 1)**.

**Maximaler Schwund**. Die absoluten Schwindmaße $\beta$ in % geben den maximalen Schwund bei einer Feuchteänderung des Holzes von der Fasersättigung (30 % Feuchte) bis zum Darrzustand (0 % Feuchte) an.

**Tatsächlicher Schwund**. Das differentielle Schwindmaß $q$ in % gibt den tatsächlichen Schwund je 1 % Holzfeuchteabnahme an (nur für Holzfeuchtebereich 5 %–25 %).

Der tatsächliche Schwund ergibt sich z. B. wenn luftrockenes Holz mit 15 % Holzfeuchte in beheizten Räumen auf 8 % nachtrocknet.

Mit der Anfangsfeuchte $u_a$ und der Endfeuchte $u_e$ ergibt sich bei einer Holzfeuchtedifferenz von $\Delta u = u_a - u_e = 15\,\% - 8\,\% = 7\,\%$ aus dem Diagramm **Bild 3** ein tatsächlicher Schwund in Richtung der Jahresringe von $q_t = 1{,}9\,\%$.

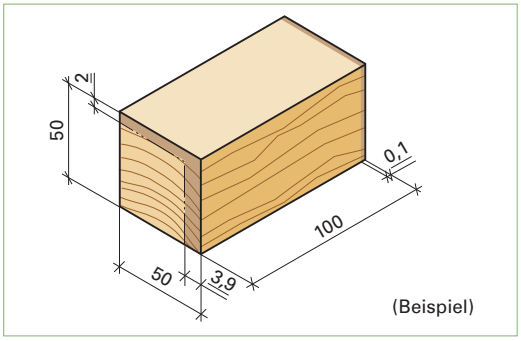



**Bild 1**

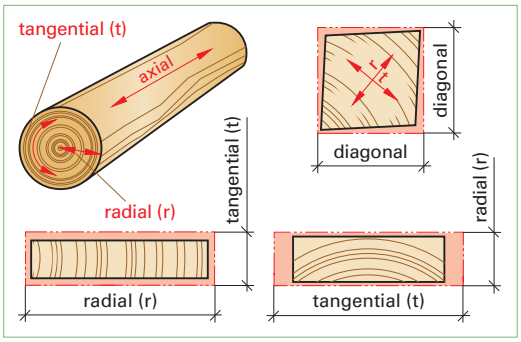



**Bild 2**

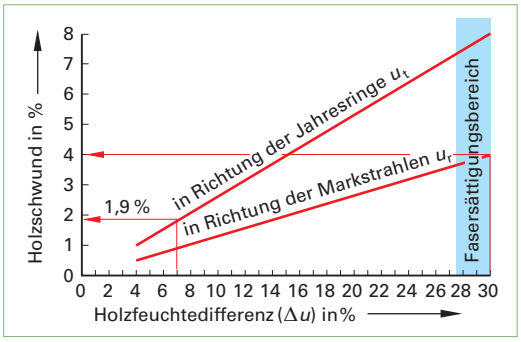



**Bild 3**

**Tabelle 1: Durchschnittswerte zur überschlägigen Ermittlung des Holzschwundes**

| Schwindrichtung | maximales Schwindmaß $\beta$ in % | tatsächliches Schwindmaß $q$ in % pro 1 % Feuchteänderung |
|---|---|---|
| axial | $\beta_l = 0{,}3\,\%$ | $q_l = 0{,}01\,\%$ |
| radial | $\beta_r = 4\,\%$ | $q_r = 0{,}13\,\%$ |
| tangential | $\beta_t = 8\,\%$ | $q_t = 0{,}27\,\%$ |
| diagonal* | $\beta_d = 6\,\%$ | $q_d = 0{,}20\,\%$ |

*Mittelwert zwischen radial und tangential

# 17 Kostenrechnen, Kalkulation

## 17.1 Kostenbegriffe

Die **Kostenrechnung** erfasst die Kosten und Leistungen, die mit der Fertigung von Erzeugnissen zusammenhängen und gibt Aufschluss über die Kostenstruktur des Betriebes. Die Kostenrechnung gliedert sich in die Kostenartenrechnung, Kostenstellenrechnung und die Kostenträgerrechnung.

**Kosten** sind der in Geld ausgedrückte Einsatz des arbeitenden Menschen, der Werkstoffe, der Betriebsmittel, der Anlagen usw., die zur Erstellung eines Erzeugnisses benötigt werden. Diese Kosten werden entweder für eine Rechnungsperiode, z. B. pro Stunde, Monat bzw. Jahr, oder für eine Mengeneinheit, z. B. pro Stück bestimmt.

**Kostenarten**

Die im Betrieb anfallenden Kosten lassen sich verschiedenen Kostenarten **(Bild 1)** zuordnen. Man unterscheidet Materialkosten (siehe 17.2), Lohnkosten (siehe 17.3), Gemeinkosten (siehe 17.5) und sonstige Kosten.

Bei der **Kostenartenrechnung** geht es darum, **welche** Kosten anfallen.

**Ausgaben** sind zeitpunktbezogene Zahlungen jeglicher Art und bedeuten einen Geldabfluß aus einem Unternehmen.

Beispiel: Montagefahrzeug wird am 11.05.2011 betankt und es wird bar bezahlt. **Einnahmen** sind zeitpunktbezogene Zahlungen jeglicher Art. Sie bedeuten einen Geldzufluss in das Unternehmen. Beispiel: Kunde Holzwarth bezahlt am 25.07.2011 die Rechnung.

**Aufwand** ist jeglicher Verbrauch von Gütern und Leistungen in einer Rechungsperiode. Aufwand und Ausgaben müssen also nicht direkt zur Erstellung der betrieblichen Leistung dienen. Sie unterscheiden sich dadurch von den Kosten.

**Ertrag** ist der in Geld bewertete Wertzuwachs eines Unternehmens innerhalb einer Rechnungsperiode und steht somit dem Aufwand gegenüber.

**Kostenstellen**

Kostenstellen **(Bild 2)** sind die verschiedenen Bereiche des Betriebes wie der Bankraum, der Maschinenraum oder die Maschinengruppe, die Oberflächenräume, die Montage usw.

Die **Kostenstellenrechnung** befasst sich mit der Frage, **wo** die Kosten anfallen, die Kosten rechnerisch einzeln zu erfassen und abzurechnen sind.

**Kostenträger**

Kostenträger **(Bild 3)** sind Erzeugnisse, Aufträge oder Dienstleistungen, für die Kosten anfallen.

Die **Kostenträgerrechnung** ist die eigentliche Kalkulation, hier wird ermittelt, **wofür** die Kosten anfallen.

**Preis** ist der in Geld ausgedrückte Wert eines Erzeugnisses oder einer Leistung. Die Höhe des Preises kann durch das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage auf dem Markt gebildet werden. Dies ist der **Marktpreis**. Die Unternehmen müssen die Preise kalkulieren. Dies ist der **kalkulatorische Preis** (s. 17.8).

**Bild 1: Kostenarten**

**Bild 2: Kostenstellen**

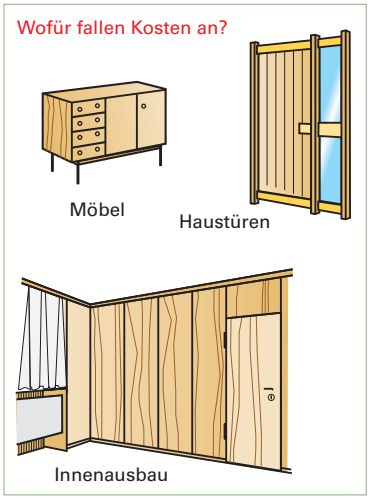



**Bild 3: Kostenträger**

# 17 Kostenrechnen, Kalkulation

## 17.2 Materialeinzelkosten

Bei den **Materialeinzelkosten** handelt es sich um die Kosten der unmittelbar für die Fertigung eines Erzeugnisses benötigten Werkstoffe wie Vollholz, Holzwerkstoffe und Furniere sowie um die Hilfswerkstoffe wie Beschläge, Verbindungsmittel, Leime und Lacke **(Bild 1)**.

Die benötigten Materialien werden in eine Materialliste eingetragen und hier möglichst nach Materialart und Größen sortiert.

Für Vollholz, Holzwerkstoffe, Kunststoffplatten und Furniere werden die Längen und Breiten der Fertigmaße in mm oder in cm angegeben, die daraus errechnete Nettomenge (Flächeninhalt) in $m^2$.

Während bei Plattenwerkstoffen nur die Fertigdicke in die Materialliste eingetragen wird, muss für Vollholz auch die Rohdicke in mm angegeben werden. Die Rohdicke wird bei Vollholz deshalb benötigt, um aus dem Kubikmeterpreis den Quadratmeterpreis errechnen zu können.

$$\text{Preis/m}^2 = \text{Preis/m}^3 \times \text{Rohdicke in m}$$

Leisten- und Profillängen können in Metern angegeben werden.

Auf die errechneten Nettomengen in $m^2$, $m^3$ oder m ist dann noch der Verschnitt aufzuschlagen. Die Menge einschließlich des Verschnitts ist mit dem Preis je Einheit (€/m, €/$m^2$, €/$m^3$) zu multiplizieren, um die Materialeinzelkosten zu erhalten.

$$\text{Materialeinzelkosten} = (\text{Nettomenge} + \text{Verschnitt}) \times \text{Preis je Einheit}$$

Die Kosten für Leime und für Oberflächenbehandlungsmittel werden meistens über den Verbrauch in kg/$m^2$ mal dem Preis je Kilogramm errechnet. Die Kosten für Beschläge lassen sich aus der Stückzahl mal den Stückkosten ermitteln. Für Montageleim, kleine Verbindungsmittel wie Heftklammern, Nägel und Schrauben, wird meistens ein Pauschalpreis eingesetzt.

$$\text{Materialeinzelkosten} = \text{Menge} \times \text{Preis je Einheit}$$

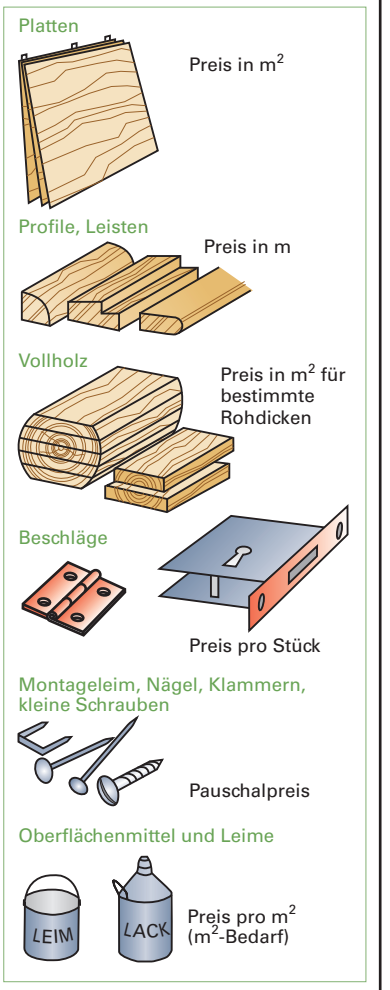



**Bild 1: Materialeinzelkosten**

Hinweis: Zur Berechnung der Materialkosten werden immer Nettopreise Verwendet.

MATERIALLISTE für die Vorkalkulation

Gegenstand: _____ Auftraggeber: _____

Stückzahl: _____ Auftragnummer: _____

| Lfd. Nr. | Verwendung | Material | Stück | Fertigmaße Länge cm/mm | Fertigmaße Breite cm/mm | Flächeninhalt in $m^2$ | Rohdicke/ Fertigdicke in mm | Nettomenge in $m^2$ in m | Verschnitt in % | Menge mit Verschnitt in $m^2$ in m | Preis je Einheit in € | | errechneter Preis in € | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

**Kopf einer Materialliste (Beispiel)**