

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

1

L. inw.

~~26~~

Tabellen und Formeln

Von

Prof. Dr.-Ing. W. Müller

Mit 105 Figuren



579

20 7/18

33 13 705
T 3

Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen in kurzen, klaren,
allgemeinverständlichen Einzeldarstellungen

Jeder Band in Leinwand geb. RM. 1.80

Bei gleichzeitiger Abnahme gleicher oder inhaltlich zusammen-
gehöriger Bände treten folgende Gesamtpreise in Kraft: 10 Expl.
RM. 16.—; 25 Exemplare RM. 37.50; 50 Exemplare RM. 70.—

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagsbuchhandlung / J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

Zweck und Ziel der „Sammlung Götschen“
ist, in Einzeldarstellungen eine klare, leicht-
verständliche und übersichtliche Einführung
in sämtliche Gebiete der Wissenschaft und
Technik zu geben; in engem Rahmen, auf
streng wissenschaftlicher Grundlage und unter
Berücksichtigung des neuesten Standes der
Forschung bearbeitet, soll jedes Bändchen
zuverlässige Belehrung bieten. Jedes einzelne
Gebiet ist in sich geschlossen dargestellt, aber
dennoch stehen alle Bändchen in innerem Zu-
sammenhange miteinander, so daß das Ganze,
wenn es vollendet vorliegt, eine einheitliche,
systematische Darstellung unseres gesamten
Wissens bilden dürfte.

Ausführliche Verzeichnisse
der bisher erschienenen Bände umsonst und postfrei

Verlagsgesellschaft

Technische

Zeichnungen und Formeln



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298024

Sammlung Göschen

Technische Tabellen und Formeln

Von

Prof. Dr.-Ing. W. Müller

Regierungsbaurat a. D., Berlin

Mit 105 Figuren

Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage



Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

Berlin 1930 Leipzig

I 301411

KD 518.2:62(023)

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht
von der Verlagshandlung vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



~~I 926~~

Akc. Nr.

~~1716~~ | 50

Druck von Walter de Gruyter & Co., Berlin W 10

BPK-B-1/2017



Inhaltsverzeichnis.

I. Kapitel.

Wärme.

	Seite
1. Allgemeines der mechanischen Wärmetheorie	5
2. Zustandsänderungen der Gase	9
3. Arbeitsprozesse	11
4. Wärmewirkungsgrade von Kesseln, Gaserzeugern und Kraftmaschinen	14
5. Ausfluß der Gase und Dämpfe aus Öffnungen	15
6. Wasserdampf	16
7. Spez. Wärme fester, flüssiger und gasförmiger Körper	18
8. Schmelz- oder Gefrier- und Siedepunkte	20
9. Schmelzwärme	21
10. Kältemischungen	22
11. Verdampfungswärme	22
12. Wärmeausdehnung	23
13. Längenschwindmaße von Metallen und Hölzern	25
14. Wärmeleitung und Wärmestrahlung	27
15. Chemische Zusammensetzung der wichtigsten Brennstoffe	30
16. Heizwerte	32
17. Glühfarben und Glühtemperaturen des Eisens	34

II. Kapitel.

Festigkeit.

1. Zeichenerklärung	34
2. Zug und Druck	35
3. Schub (Scherung)	37
4. Festigkeitszahlen	38
5. Chemische Zusammensetzung von Gußeisen	42
6. Zulässige Beanspruchung	42
7. Trägheitsmomente und Widerstandsmomente	45
8. Deutsche Normalprofile für Walzeisen	50
9. Biegung	58
10. Knickung	63
11. Verdrehung	64
12. Zusammengesetzte Festigkeit	67
13. Federn	67
14. Festigkeit von Platten	70
15. Festigkeit von Gefäßen	72
16. Belastungsannahmen und Eigengewichte für Hochbau	74
17. Spez. Gewichte fester, flüssiger und gasförmiger Körper	79
18. Reibung	82

III. Kapitel.	
Maschinenelemente.	Seite
1. Keile	84
2. Schrauben	87
3. Nieten	91
4. Zahnräder	95
5. Reib- und Keilräder	98
6. Riemen- und Seiltrieb	99
7. Ketten	104
8. Zapfen	105
9. Kugellager	107
10. Wellen und Achsen	108
11. Bremsvorrichtungen	111
12. Einfache Maschinen	113
13. Dampfkessel	115
14. Deutsche Rohrnormalien	120

IV. Kapitel.	
Elektrotechnik.	
1. Maßeinheiten	122
2. Magnetismus	123
3. Selbstinduktion	126
4. Gegenseitige Induktion	128
5. Hysterisis	128
6. Ohmsches Gesetz; Widerstand	130
7. Kirchhoffsche Gesetze	134
8. Joulesches Gesetz	135
9. Faradaysches Gesetz	135
10. Atomgewichte und chemische Konstanten der wichtigsten Elemente	137
11. Kapazität (Kondensator)	138
12. Durchschlagwiderstand	141
13. Batterien	142
14. Leitungen	143
15. Wechselstromkreise	147

Anhang.

Maße und Gewichte von Deutschland, England und Vereinigten Staaten von Amerika	151
--	-----

Literatur.

- W. Müller, Materialprüfung und Baustoffkunde für den Maschinenbau (Verlag R. Oldenbourg, München).
- Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch.
- Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute.
- Hütte, Taschenbuch der Stoffkunde.
- Deutsche Industrie-Normen.
- M. Foerster, Taschenbuch für Bauingenieure.
- v. Rziha und Seidener, Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker.
- Uhland, Kalender für Maschineningenieure.
- Schultz, Mathematische und Technische Tabellen.
- Uppenborn, Deutscher Kalender für Elektrotechniker.
- Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik.
- Freytag, Hilfsbuch für den Maschinenbau.

I. Kapitel.

Wärme.

§ 1. Allgemeines der mechanischen Wärmetheorie.

Als wichtigstes Gesetz für vollkommene Gase gilt die Zustandsgleichung, welche zugleich das Gay-Lussac-Boyle'sche, sowie das Mariottesche Gesetz in sich vereinigt.

Es sei

P der absolute Druck des Gases in kg/qm,

V der Rauminhalt in cbm,

G das Gewicht in kg,

$v = \frac{V}{G}$ der Rauminhalt in cbm/kg,

$T = t + 273$ die absolute Temperatur,

R die Gaskonstante,

dann besteht die Gleichung

$$P \cdot v = R T$$

oder

$$P \cdot V = G R T.$$

Nach dem Avogadroschen Gesetz, wonach gleiche Räume bei gleichem Druck und gleicher Temperatur für alle Gase dieselbe Anzahl Moleküle enthalten, folgt, daß R umgekehrt proportional ist der Dichte s und dem Molekulargewicht m des Gases

$$R = \frac{848}{m},$$

während das spez. Gewicht $\gamma \cong \frac{m}{22,4}$ ist.

Wärme.

Gas	chem. Zeichen	Atomzahl	<i>m</i>	Gewicht von 1 cbm (15°u. lat)	Dichte bez. auf Luft	<i>R</i>	Spez. Wärme für 1 kg		$k = \frac{c_p}{c_v}$
							<i>c_p</i>	<i>c_v</i>	
Luft	—	—	28,95	1,188	1,000	29,26	0,238	0,170	1,405
Sauerstoff	O ₂	2	32,00	1,312	1,105	26,5	0,217	0,155	1,400
Stickstoff	N ₂	2	28,08	1,151	0,970	30,2	0,247	0,176	1,408
Wasserstoff	H ₂	2	2,016	0,0827	0,0696	420,0	3,41	2,42	1,405
Stickoxyd	NO	2	30,04	1,232	1,038	28,2	0,231	0,165	1,400
Kohlenoxyd	CO	2	28,00	1,148	0,968	30,25	0,242	0,172	1,410
Kohlensäure	CO ₂	3	44,00	1,804	1,520	19,25	0,21	0,16	1,28
Stickoxydul	N ₂ O	3	44,08	1,806	1,522	19,2	0,21	0,16	1,27
Schweflige Säure ...	SO ₂	3	64,06	2,627	2,213	13,2	0,15	0,12	1,25
Ammoniak	NH ₃	4	17,06	0,700	0,590	49,6	0,53	0,41	1,28
Azetylen	C ₂ H ₂	4	26,02	1,066	0,899	32,5	(0,35)	(0,27)	(1,28)
Methan	CH ₄	5	16,03	0,657	0,554	52,8	0,59	0,46	1,28
Äthylen	C ₂ H ₄	6	28,03	1,149	0,969	30,2	0,40	0,33	1,25
Wasserdampf	H ₂ O	3	18,02	0,738	0,622	47,06	0,50	0,39	1,28

Bei Gasen ist zwischen der spez. Wärme bei konstantem Druck c_p und derjenigen bei konstantem Volumen c_v zu unterscheiden; hierbei ist stets

$$c_p - c_v = AR \sim \frac{2}{m},$$

wobei $A = \frac{1}{427}$ das mechanische Wärmeäquivalent ist.

Für zweiatomige Gase berechnet sich

$$\frac{c_p}{c_v} = k = 1,4,$$

$$c_v = \frac{5}{m},$$

$$c_p = \frac{7}{m}.$$

Während sich die Größen c_p und c_v auf 1 kg des Gases beziehen, geschieht die Umrechnung der spez. Wärmen auf 1 cbm bei 0° C und 760° mm Hg bzw. 15° C und 1 Atm. nach den folgenden Gleichungen:

$$C_p = \frac{m}{22,4} \cdot c_p,$$

$$C_v = \frac{m}{22,4} \cdot c_v,$$

$$C_p - C_v = 0,089 \text{ bzw. } 0,081.$$

Liegen Gasmischungen aus Gasen von den Gewichtsteilen $g_1, g_2, g_3 \dots$, den Raunteilen $r_1, r_2, r_3 \dots$ und den Teildrücken $p_1, p_2, p_3 \dots$ vor, so gelten als Beziehung zwischen den Gewichts- und Raunteilen die Formeln:

$$g_1 = \frac{r_1 m_1}{\sum(r_i m_i)},$$

$$g_2 = \frac{r_2 m_2}{\sum(r_i m_i)}.$$

Nach dem Gesetz von Dalton setzt sich der Gesamt-

druck einer Mischung aus den Teildrucken der einzelnen Gase zusammen. Da diese sich wie ihre Raumteile verhalten, ist

$$p_1 : p_2 : p_3 \cdots = r_1 : r_2 : r_3 \cdots$$

Es ist

$$p_1 + p_2 + p_3 \cdots = p,$$

somit

$$r_1 = \frac{p_1}{p},$$

$$r_2 = \frac{p_2}{p} \text{ usw.}$$

Die Gaskonstante für Mischungen berechnet sich aus der Gleichung

$$R_m = \Sigma(g_i R_i) = 848 \sum \left(\frac{g_i}{m_i} \right) = \frac{848}{\Sigma(r_i m_i)}.$$

Die spez. Wärme von Gasgemischen ist gleich der Summe der Produkte aus den Gewichtsteilen mit den spez. Wärmen der Einzelgase:

$$c_{pm} = \Sigma(g_i c_{pi}),$$

$$c_{vm} = \Sigma(g_i c_{vi}).$$

Das Gewicht von 1 cbm eines Gases bzw. eines Gasgemisches in kg berechnet sich, falls P und t gegeben sind, nach der Formel

$$\frac{1}{v} = \gamma = \frac{P}{RT},$$

oder wenn der spez. Druck P als H mm Q.-S. bekannt ist,

$$\gamma = 13,596 \frac{H}{R} \frac{1}{(273 + t)}.$$

Hieraus ergibt sich das Gewicht G kg von V cbm trockener Luft von t^0 zu

$$G = 0,465 \frac{H V}{273 + t}.$$

Ist $P = 10\,000 \text{ kg/qm} = 1 \text{ kg/qcm}$, so ist

$$G = \frac{1,252}{1 + \alpha t} V,$$

wobei $\frac{1}{273} = \alpha$ gesetzt ist.

Feuchte Luft wird nach den Formeln für Gasgemische berechnet.

§ 2. Zustandsänderungen der Gase.

Im folgenden sind die wichtigsten Formeln für Zustandsänderungen von Gasen zur Berechnung der Wärmemenge und der geleisteten Arbeit angegeben.

Es bezeichne

Q die Wärmemenge in kcal,

P den absoluten Druck in kg/qm,

p den Druck in kg/qcm,

$T = t + 273$ die absolute Temperatur,

t die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$,

V den Rauminhalt in cbm,

G das Gewicht in kg,

$v = \frac{V}{G}$ den Rauminhalt in cbm/kg,

$A = \frac{1}{427}$ das mechanische Wärmeäquivalent (1 kcal = 427 mkg),

L die geleistete Arbeit.

Zwischen den Punkten 1 und 2 mögen folgende Zustandsänderungen stattfinden:

1. V konstant:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

$$Q = Gc_v(t_2 - t_1) = \frac{A}{k-1} V (P_2 - P_1).$$

2. P konstant:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

$$L = P(V_2 - V_1) = GR(t_2 - t_1),$$

$$Q = Gc_p(t_2 - t_1) = \frac{k}{k-1} AL.$$

3. T konstant (Isotherme):

$$pV = \text{konstant},$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1},$$

$$L = GR T \ln \frac{p_1}{p_2} = P_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2},$$

$$Q = AL.$$

4. $Q = 0$ (Adiabate):

$$pV^k = \text{konstant},$$

$$TV^{k-1} = \text{konstant},$$

$$\frac{T}{k-1} = \text{konstant}$$

$$p^{\frac{1}{k}}$$

oder

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^k,$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}.$$

$$L = \frac{Gc_v}{A}(t_1 - t_2) = \frac{P_1 V_1}{k-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right).$$

5. Polytrope:

$$pV^n = \text{konstant}, \quad 1 < n < k,$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^n,$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}},$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{GR}{n-1} (t_1 - t_2) = \frac{P_1 V_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} \right] \\
 &= \frac{P_1 V_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{P_1 V_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \\
 Q &= \frac{k-n}{k-1} AL.
 \end{aligned}$$

§ 3. Arbeitsprozesse.

1. Carnotscher Kreisprozeß.

Der Carnotsche Kreisprozeß wird gebildet durch 2 Isothermen 1—2 und 3—4, sowie 2 Adiabaten 2—3 und 4—1. Für die isothermische Expansion 1—2 ist T_1 konstant; die Temperatur sinkt jedoch während der folgenden adiabatischen Expansion von 2—3 auf T_2 . Von Punkt 3 aus

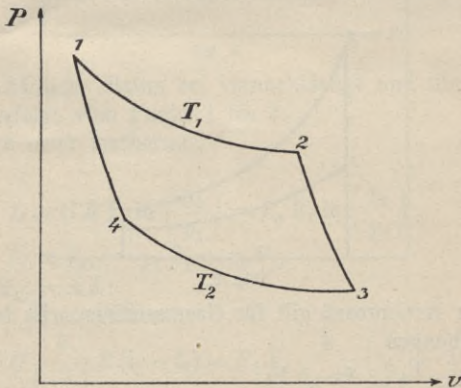


Fig. 1.

geschieht nun eine Kompression unter konstanter Temperatur T_2 bis zum Punkt 4, woselbst eine adiabatische Kompression bis zum Punkt 1 unter einer Temperaturerhöhung von T_2 auf T_1 einsetzt. (Fig. 1.)

Es bestehen für ihn die Gleichungen

$$p_1 p_3 = p_2 p_4,$$

$$T_1 T_3 = T_2 T_4,$$

$$V_1 V_3 = V_2 V_4,$$

$$V_1 p_1 = V_2 p_2,$$

$$\left(\frac{p_1}{p_4}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{k-1} = \frac{T_1}{T_2},$$

$$L = GR(t_1 - t_2) \ln \left(\frac{p_1}{p_2}\right) = P_4 V_4 \left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right) \ln \left(\frac{p_1}{p_2}\right).$$

Der Wirkungsgrad η ist gleich $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

2. Kreisprozeß gebildet aus 2 Polytropen mit gleichem Exponenten n und 2 Kurven $V = \text{konstant}$. (Fig. 2.)

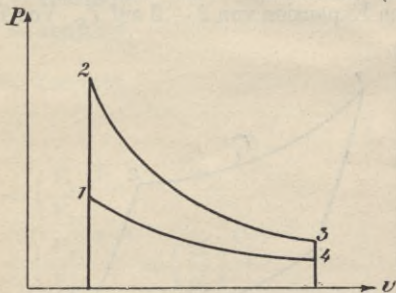


Fig. 2.

Dieser Kreisprozeß gilt für Gasmaschinen. Es bestehen die Gleichungen

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_4}{p_3},$$

$$\frac{T_1}{T_4} = \frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{p_1}{p_4}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{V_{4(3)}}{V_{1(2)}}\right)^{n-1},$$

$$L = \frac{P_4 V_4}{n-1} \left(\frac{p_2}{p_1} - 1\right) \left[\left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{n-1} - 1 \right].$$

Wenn die Kurven 1 — 4 und 2 — 3 Adiabaten sind, so ist n durch k zu ersetzen. Für diesen Fall gelten dann noch die Formeln

$$L = \frac{Gc_v}{A} (t_2 - t_1 - t_3 + t_4) = \frac{Gc_v}{A} T_4 \left(\frac{p_2}{p_1} - 1 \right) \left[\left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{k-1} - 1 \right],$$

$$\eta = 1 - \frac{T_3}{T_2} = 1 - \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^{k-1}.$$

3. Arbeitsprozeß eines Kompressors. (Fig. 3.)

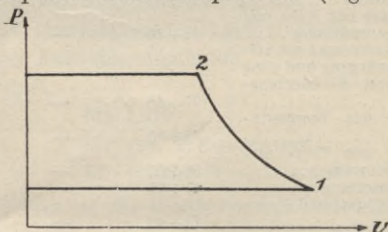


Fig. 3.

Der schädliche Raum sei vernachlässigt und die Kompression erfolge vom Punkt 1 bis 2:

a) nach einer Isotherme:

dann ist

$$L = G R T_1 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) = P_1 V_1 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right),$$

$$T_1 = T_2, \quad p_1 V_1 = p_2 V_2,$$

$$Q_{12} = A L;$$

b) nach einer Adiabate:

$$L = G \frac{k}{k-1} R (t_2 - t_1) = P_1 V_1 \frac{k}{k-1} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

$$= P_1 V_1 \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right].$$

Für die Polytrope ist k durch n zu ersetzen.

$$Q_{12} = \frac{k-n}{k-1} \frac{1}{n} A L.$$

§ 4. Wärmewirkungsgrade von Kesseln, Gaserzeugern und Kraftmaschinen.

Betriebsmäßige Belastung; hochwertige Brennstoffe.

Betriebsart	Kessel oder Gaserzeuger	Kraftmaschine	
		ausschl. Kessel oder	einschl. Gaserzeuger
Kessel mit Überhitzer und Wasservorwärmer (Kohlenfeuerung)	70 ÷ 80	—	—
Kessel (Gasfeuerung)	70 ÷ 85	—	—
Abstichgaserzeuger mit Koks und voller Wärmeausnützung	82 ÷ 89	—	—
Gewöhnlicher Gaserzeuger mit voller Wärmeausnützung und ohne Gewinnung von Nebenerzeugnissen	75 ÷ 85	—	—
Kaltgaserzeuger mit Teergewinnung	65 ÷ 80	—	—
Kaltgaserzeuger mit Teer- und Ammoniakgewinnung	50 ÷ 60	—	—
Hochofen als Gaserzeuger	45 ÷ 55	—	—
Koksofen mit Kaltgas- und Koks- gewinnung	75 ÷ 80	—	—
Gasanstalt mit Kaltgas- und Koksgewinnung	60 ÷ 75	—	—
Dampflokomotive	—	—	3 ÷ 7
Kleine Auspuffmaschine, Dampf- pressen und -scheren (ungleich- mäßiger Betrieb)	—	—	3 ÷ 6
Auspuffdampfmaschine bei Vollast	—	—	7 ÷ 9
Kolbenmaschine mit Kondensator	—	—	9 ÷ 16
Dampfturbine mit Großkraftwerk	—	—	13 ÷ 17
Großgasmaschine	—	20 ÷ 24	—
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel	—	23 ÷ 28	—
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel und Kühlwasserverdamp- fung	—	25 ÷ 31	—
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel	—	—	18 ÷ 22
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel und Teergewinnung	—	—	17 ÷ 21
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel, Teer- und Ammoniak- gewinnung	—	—	13 ÷ 17
Großgasmaschine mit Abhitze- kessel, Kühlwasserverdampfung und Ausnutzung des Dampfes für Heizzwecke	—	—	55
Dampfmaschine mit Ab- und Zwischendampfverwertung	—	—	÷ 70
Dieselmachine ohne Abhitze- und Kühlwasserverwertung	—	28 ÷ 35	—

§ 5. Ausfluß der Gase und Dämpfe aus Öffnungen.

Es bezeichne

F den Querschnitt der Ausflußöffnung in qm,

P_1 den konstanten Druck im Ausflußgefäß in kg/qm,

P_2 den Druck in der Mündungsebene in kg/qm,

t_1 die Temperatur im Ausflußgefäß in $^{\circ}\text{C}$,

v_1 das spez. Volumen in cbm/kg bei dem Druck P_1
und der Temperatur t_1 ,

α den Kontraktionskoeffizienten,

φ den Geschwindigkeitskoeffizienten,

$\mu = \alpha\varphi$ den Ausflußkoeffizienten,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

für Luft

$k = 1,41$,

$k = \frac{c_p}{c_v}$,

für ges. Wasserdampf

$k = 1,135$,

für überh. Wasserdampf

$k = 1,33$.

Nach Zeuner ist die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases

$$w = \varphi \sqrt{2g \frac{k}{k-1} P_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \text{ m/s}$$

und die Ausflußmenge

$$Q = \mu F \sqrt{2g \frac{k}{k-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \text{ cbm/s.}$$

Die Reibung kann statt durch Einführung des Wertes φ durch passende Annahme von $m \equiv k$ berücksichtigt werden. m heißt Ausflußexponent und ist $< k$. Dann wird

$$Q = \alpha F \sqrt{2g \frac{k}{k-1} P_1 v_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{m}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m+1}{m}} \right]}.$$

Hierin ist

$$m = \frac{k(1 + \zeta)}{1 + k\zeta}.$$

ζ heißt Widerstandszahl.

Koeffizienten nach Grashof und Weisbach:

Art der Ausfluß- mündung	$\frac{P_1}{P_2}$	α	φ	ζ	m	μ
Kreisförmig (14 mm \varnothing) in dünner Wand	1,05	0,654	0,981	0,04	1,388	0,641
	1,09	0,651	0,981	0,04	1,388	0,638
	1,36	0,649	0,981	0,04	1,388	0,635
Kurzes zylindr. Ansatzrohr (14 mm \varnothing)	1,08	1	0,821	0,490	1,243	0,815
	1,41	1	0,838	0,444	1,252	0,813
	1,70	1	0,866	0,362	1,271	0,831
Kurzes konisches Ansatz- rohr (10 mm \varnothing an Mün- dung)	1,24	1	0,983	0,034	1,392	0,981
	1,38	1	0,990	0,022	1,398	0,988
	1,60	1	0,975	0,054	1,381	0,969

§ 6. Wasserdampf.

Spannung in		Tempe- ratur °C	Flüs- sig- keits- wärme q kcal	Verdampfungs- wärme r		Ges- amt- wärme λ kcal	Dampf- Gewicht kg/cbm	Dampf- Volumen cbm/kg
kg/qcm	Queck- silber- höhe mm			Innere q kcal	Äußere $A p u$ kcal			
0,1	73,6	45,6	45,7	535,4	34,9	616,0	0,0670	14,920
0,2	147,1	59,8	59,9	526,1	36,4	622,4	0,1286	7,777
0,3	220,6	68,7	68,9	520,2	37,3	626,4	0,1881	5,316
0,4	294,2	75,5	75,7	515,6	38,0	629,4	0,2463	4,060
0,5	367,8	80,9	81,2	512,0	38,6	631,7	0,3036	3,294
0,6	441,3	85,5	85,8	508,8	39,0	633,7	0,3601	2,777
0,7	514,9	89,5	89,9	506,1	39,4	635,3	0,4160	2,404
0,8	588,4	93,0	93,5	503,6	39,7	636,8	0,4713	2,122
0,9	662,0	96,2	96,7	501,4	40,0	638,1	0,5262	1,900
1,0	735,5	99,1	99,6	499,4	40,3	639,3	0,5807	1,722
1,1	809,1	101,8	102,3	497,5	40,6	640,7	0,6349	1,575
1,2	882,6	104,2	104,8	495,7	40,8	641,3	0,6887	1,452
1,3	956,2	106,5	107,1	494,2	41,0	642,2	0,7421	1,355
1,4	1 030	108,7	109,4	492,6	41,2	643,1	0,7955	1,257
1,5	1 103	110,7	111,4	491,1	41,3	643,9	0,8484	1,183
1,6	1 177	112,7	113,4	489,7	41,5	644,7	0,9013	1,110
1,7	1 250	114,5	115,2	488,4	41,7	645,3	0,9537	1,052
1,8	1 324	116,3	117,1	487,1	41,9	646,0	1,0062	0,994
1,9	1 397	117,9	118,7	486,4	42,0	646,6	1,0583	0,948

(Fortsetzung.)

Spannung in		Temperatur °C	Flüssigkeitswärme q kcal	Verdampfungswärme r		Gesamtwärme λ kcal	Dampf-Gewicht kg/cbm	Dampf-Volumen cbm/kg
kg/qcm	Quecksilberhöhe mm			Innere q kcal	Äußere $A p u$ kcal			
2,0	1 471	119,6	120,4	484,7	42,1	647,2	1,1104	0,901
2,5	1 839	126,7	127,7	479,4	42,7	649,9	1,3680	0,731
3,0	2 206	132,8	133,9	474,9	43,2	652,0	1,6224	0,616
3,5	2 574	138,1	139,4	470,8	43,7	653,8	1,8743	0,534
4,0	2 942	142,8	144,2	467,2	44,0	655,4	2,1239	0,471
4,5	3 310	147,1	148,6	463,9	44,3	656,8	2,3716	0,422
5,0	3 678	151,0	152,6	460,8	44,6	658,1	2,6177	0,382
5,5	4 045	154,6	156,3	458,0	44,9	659,2	2,8624	0,349
6,0	4 413	157,9	159,8	455,3	45,1	660,2	3,1058	0,322
6,5	4 781	161,1	163,0	452,8	45,3	661,1	3,3481	0,299
7,0	5 149	164,0	166,1	450,4	45,5	662,0	3,5891	0,279
7,5	5 516	166,8	168,9	448,2	45,7	662,8	3,8294	0,261
8,0	5 884	169,5	171,7	446,0	45,9	663,5	4,0683	0,246
8,5	6 252	172,0	174,3	443,9	46,0	664,2	4,3072	0,232
9,0	6 620	174,4	176,8	441,9	46,2	664,9	4,5448	0,220
9,5	6 987	176,7	179,2	440,0	46,3	665,5	4,7819	0,209
10,0	7 355	178,9	181,5	438,2	46,4	666,1	5,018	0,199
10,5	7 723	180,9	183,7	436,4	46,5	666,6	5,254	0,190
11,0	8 091	183,1	185,8	434,6	46,7	667,1	5,489	0,182
11,5	8 458	185,0	187,8	432,9	46,8	667,6	5,725	0,175
12,0	8 826	186,9	189,9	431,3	46,9	668,1	5,960	0,168
12,5	9 194	188,7	191,8	429,8	47,0	668,5	6,192	0,162
13,0	9 562	190,6	193,7	428,2	47,1	668,9	6,425	0,156
13,5	9 929	192,3	195,5	426,7	47,2	669,3	6,657	0,150
14,0	10 297	194,0	197,3	425,2	47,3	669,7	6,889	0,145
15,0	11 033	197,2	200,7	422,4	47,4	670,5	7,352	0,136
16,0	11 768	200,3	203,9	419,7	47,6	671,2	7,814	0,128
20,0	14 710	211,3	215,5	409,8	48,1	673,4	9,648	0,104

Die gesamte Wärmemenge λ , welche zur Verwandlung von 1 kg Wasser von 0^0 in Dampf von t^0 erforderlich ist, setzt sich zusammen:

1. aus der Flüssigkeitswärme q , welche 1 kg Wasser von 0° um t° erwärmt,
2. aus der Verdampfungswärme r , welche 1 kg Wasser von t° in Dampf von t° überführt.

Es ist $\lambda = q + r$.

Die Verdampfungswärme r wird gebildet:

1. durch die innere latente Wärme q ,
2. durch die äußere Wärme $A p u$, welche zur Überwindung der äußeren Arbeit infolge der Raumvergrößerung dient.

p = Druck,

u = Volumenvergrößerung,

$$A = \frac{1}{427}.$$

Nach Régnault, Zeuner und Clausius ist

$$q = t + 0,000\ 02\ t^2 + 0,000\ 000\ 3\ t^3,$$

$$q = 575,4 - 0,791\ t,$$

$$r = 606,5 - 0,695\ t,$$

$$\lambda = 606,5 + 0,305\ t.$$

Mittlere spez. Wärme c_p des überhitzten Wasserdampfes zwischen der Sättigungstemperatur t_s und der Überhitzungstemperatur t_u (berechnet):

pat	0,1	0,5	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$t_s^\circ\text{C}$	45,6	80,9	99,1	119,6	142,8	157,9	169,5	178,9	187,0	194,0	200,3
$t_u^\circ\text{C}$											
100	0,480	0,490	0,501	—	—	—	—	—	—	—	—
150	0,479	0,488	0,495	0,513	0,533	—	—	—	—	—	—
200	0,479	0,486	0,491	0,503	0,523	0,538	0,558	0,573	0,588	0,601	—
250	0,479	0,484	0,489	0,500	0,514	0,528	0,543	0,556	0,569	0,578	0,588
300	0,479	0,483	0,487	0,496	0,508	0,519	0,531	0,541	0,551	0,562	0,569
350	0,479	0,482	0,485	0,493	0,503	0,513	0,522	0,531	0,539	0,547	0,555
400	0,478	0,482	0,484	0,491	0,500	0,508	0,517	0,523	0,531	0,538	0,545

§ 7. Spez. Wärme fester, flüssiger und gasförmiger Körper.

Die spez. Wärme ist die Wärmemenge in kcal¹⁾, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 kg des Körpers um 1°C zu erhöhen.

¹⁾ Eine große Wärmeinheit (1 kg-Calorie) ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° zu erhöhen: 1 kcal = 1000 cal.

Feste Körper	Mittlere spezifische Wärme	Flüssige Körper	Mittl. spezifische Wärme	Gasförmige Körper	Spez. Wärme bezogen auf 1 kg	
					c_p	c_v
Aluminium	0,21	Äther	0,50	Ammoniak	0,52	0,400
Antimon . . .	0,05	Alkohol	0,60	Alkohol . . .	0,453	0,400
Basalt	0,20	Ammoniak	1,00	Benzol	0,33	0,305
Beton	0,27	Benzol	0,40	Kohlenoxyd	0,245	0,174
Blei	0,031	Glyzerin	0,58	Kohlensäure	0,20	0,155
Eis	0,502	Olivenöl	0,35	Luft	0,238	0,169
Gips	0,20	Petroleum . . .	0,51	Sauerstoff . .	0,217	0,153
Glas	0,20	Quecksilber	0,033	Stickstoff . .	0,245	0,174
Gold	0,032	Schwefel-		Schweflige		
Granit	0,195	säure	0,33	Säure	0,15	0,12
Graphit	0,20	Terpentin . . .	0,50	Wasser-		
Eiche } Hölzer	0,57	Wasser	1,011	dampf	0,48	0,37
Fichte } Hölzer	0,65	Maschinenöl	0,40	Wasserstoff	3,43	2,43
Tanne } Hölzer	0,65					
Kadmium . . .	0,056					
Koks	0,20					
Konstantan	0,098					
Kupfer	0,093					
Magnesium	0,25					
Marmor	0,21					
Messing	0,092					
Nickel	0,11					
Platin	0,033					
Quarz	0,19					
Roheisen . . .	0,13					
Sandstein . . .	0,22					
Stahl(Eisen)	0,114					
Schlacke . . .	0,18					
Schwefel . . .	0,18					
Silber	0,056					
Steinkohle . .	0,31					
Steinsalz . . .	0,22					
Wismut	0,031					
Ziegelsteine	0,189 ÷ 0,241					
Zink	0,094					
Zinn	0,056					

Die Werte der spez. Wärme für feste und flüssige Körper beziehen sich auf eine Temperatur von 0 bis 100° C.

Mittlere spez. Wärme des Wassers zwischen 0 und t° C:

$$c_m = 0,9983 - 0,005184 \frac{t}{100} + 0,006912 \left(\frac{t}{100} \right)^2.$$

§ 8. Schmelz- oder Gefrier- und Siedepunkte.

(Bei einem Druck von 760 mm Q.-S.)

Dieses sind diejenigen Temperaturen, bei denen der feste Körper in den flüssigen Zustand (Schmelzpunkt) bzw. der flüssige Körper in den festen Zustand (Gefrierpunkt) bzw. der flüssige Körper in den dampfförmigen Zustand (Siedepunkt) übergeht.

Körper	Schmelz- oder Gefrierpunkt °C	Siedepunkt °C
Wolfram	2900	—
Tantal	2800	—
Osmium	~ 2500	—
Iridium	2360	—
Rhodium	1970	—
Platin	1720	—
Palladium	1550	2200
Porzellan	1550	—
Schweißeisen	1500 ÷ 1600	—
Nickel	1450 ÷ 1500	—
Flußeisen	1350 ÷ 1450	—
Stahl	1300 ÷ 1400	—
Eisenhochofenschlacke	1300 ÷ 1430	—
Mangan	1245	—
Gußeisen (grau)	1200	—
Gußeisen (weiß)	1130	—
Glas	1000 ÷ 1400	—
Kupfer	1080	1500
Gold	1070	—
Messing	1015	—
Silber	968	2050
Delta-Metall	950	—
Bronze	900	—
Antimon	630	1300
Aluminium	625	—
Zink	412	915
Blei	326	1525

Körper	Schmelz- oder Gefrierpunkt °C	Siedepunkt °C
Wismut	269	1420
Zinn.....	232	1500
Weichlote	135 ÷ 200	—
Wismutlote	94 ÷ 128	—
Kautschuk	125	—
Schwefel	115	448
Naphthalin	80	—
Wachs	64	—
Paraffin.....	54	300
Walrat	49	—
Phosphor	44	290
Wasser	0	100
Seewasser	— 2,5	103
Terpentin	— 10	160
Kochsalzlösung (gesättigt)	— 18	108
Glyzerin	— 20	290
Quecksilber	— 40	357
Chlorkalziumlösung (gesättigt) .	— 40	—
Chloroform	— 64	—
Ammoniak	— 77	— 33
Kohlensäure (flüssig)	— 79	— 78
Schweflige Säure	— 76	—
Toluol	— 92	—
Alkohol (abs.)	— 100	78,5
Äther.....	— 117	35
Stickstoff	— 210	— 195
Sauerstoff	— 227	— 182
Schwefelsäure (spez. Gew. 1,85).	—	325
Fette	—	300 ÷ 325
Petroleum.....	—	150
Benzin.....	—	90 ÷ 110

§ 9. Schmelzwärme.

Die Schmelzwärme ist die Anzahl der kg-Calorien, welche verbraucht werden, um 1 kg des Körpers aus dem festen in den flüssigen Zustand ohne Erhöhung der Temperatur überzuführen. Das Analoge gilt für das Erstarren des flüssigen Körpers.

Körper	kcal	Körper	kcal
Blei	5,4	Quecksilber	2,8
Eis (Wasser)	80,4	Roheisen (grau)	23
Glyzerin	42,5	Roheisen (weiß)	33
Nickel	4,6	Schwefel	9,4
Eisen	(30)	Silber	21
Kupfer	30	Salpeter	63
Paraffin	35,1	Zink.....	28
Phosphor	5,0	Zinn.....	13
Platin	27,2		

§ 10. Kältemischungen.

Die niedrigste Temperatur ist der Gefrierpunkt der Lösung.

Mischung	Gewichtsteile	Temperaturerniedrigung °C	
		von	bis
Natriumphosphat, Salmiak, verd. Salpetersäure	9: 6: 4	+ 12,5	— 6
Natriumphosphat, verd. Salpetersäure	9: 4	+ 15	— 9
Salmiak, Salpeter, Wasser.....	5: 5: 16	+ 10	— 12
Ammoniumnitrat, Wasser	1: 1	+ 10	— 16
Chlornatrium, Schnee	1: 1	0	— 18
Salpeter, Salmiak, Wasser.....	1: 1: 1	+ 8	— 24
Chlorkalzium, Schnee	3: 2	0	— 33
Verd. Salpetersäure, Schnee ..	1: 1	— 14	— 35
Verd. Schwefelsäure, verd. Salpetersäure, Schnee.....	1: 1: 2	— 19	— 40
Verd. Schwefelsäure, Schnee...	1: 1	— 5	— 41

§ 11. Verdampfungswärme.

Die Verdampfungswärme einer Flüssigkeit ist die Anzahl der kg-Calorien, die verbraucht werden, um 1 kg der Flüssigkeit aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand

ohne Erhöhung der Temperatur überzuführen. Dieselbe Wärmemenge wird beim Kondensieren des Dampfes frei.

Körper	kcal
Äther.....	90
Alkohol	210
Ammoniak (bei 0°)	304,4
Benzol	94,4
Kohlensäure (bei 0°)	55,2
Quecksilber	62
Schwefel	362
Schweflige Säure (bei 0°)....	90,8
Terpentin	70
Wasser	539

§ 12. Wärmeausdehnung.

1. Lineare Ausdehnungszahlen für feste und flüssige Körper.

Unter dem linearen Ausdehnungskoeffizienten α versteht man die Verlängerung (α cm) der Längeneinheit (1 cm) des Körpers bei einer Temperaturerhöhung um 1° C.

Die Ausdehnungs- bzw. Zusammenziehungskraft eines prismatischen Stabes bei einer Temperaturänderung ist

$$P = \alpha E F t \text{ kg,}$$

worin

E der Elastizitätsmodul in kg/qcm,

F der Querschnitt in qcm,

t die Temperaturänderung in ° C

ist.

Ein Stab von der Länge l cm dehnt sich bei einer Erwärmung um t° C aus um

$$\lambda = \alpha l t \text{ cm.}$$

Werte für α :

Körper	α	Körper	α
Aluminium ...	0,000023	Magnesium	0,000027
Blei	29	Messing	19
Bronze	18	Neusilber	18
Eisen	12	Nickel	13
Glas	06 ÷ 09	Platin	09
Gold	15	Porzellan	03
Gußeisen	11	Schwefel	70
Hartgummi ..	80	Silber	19
Holz (längs) ..	03 ÷ 10	Zement (Beton) .	14
Holz (quer) ..	30 ÷ 60	Zink.....	29
Konstantan ..	15	Zinn.....	23
Kupfer	17		

2. Kubische Ausdehnungszahlen.

Für homogene Körper ist der kubische Ausdehnungskoeffizient γ , d. h. die Vergrößerung (γ ccm) der Volumeneinheit (1 ccm) bei einer Temperaturerhöhung um 1° C

$$\gamma = 3\alpha.$$

Die Flächenausdehnungszahl β ist gleich 2α .

Werte für γ :

Körper	γ
Äther.....	0,00160
Alkohol	110
Benzol	120
Glyzerin	050
Petroleum.....	100
Quecksilber	018
Terpentin	100
Wasser (Mittel).....	018

Die Ausdehnungszahl aller Gase bei gleichbleibendem Druck beträgt $\gamma = \frac{1}{273}$ bezogen auf das Volumen bei 0° C.

3. Allgemeine Formeln.

Es sei

l_1, F_1, V_1 Länge, Fläche und Volumen eines Körpers bei t_1° C,

l_2, F_2, V_2 Länge, Fläche und Volumen eines Körpers bei $t_2^{\circ} C$,
so ist

$$\left. \begin{aligned} \frac{l_1}{l_2} &= \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2} \\ \frac{F_1}{F_2} &= \frac{1 + 2\alpha t_1}{1 + 2\alpha t_2} \end{aligned} \right\} \text{für feste Körper,}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1 + \gamma t_1}{1 + \gamma t_2} \text{ für feste und flüssige Körper,}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1} \text{ für gasförmige Körper.}$$

Dementsprechend ist angenähert:

$$\begin{aligned} l_2 - l_1 &= l_1 \cdot \alpha (t_2 - t_1), \\ F_2 - F_1 &= F_1 \cdot 2\alpha (t_2 - t_1), \\ V_2 - V_1 &= V_1 \cdot \gamma (t_2 - t_1) \end{aligned}$$

$$\text{bzw. } V_2 - V_1 = V_0 \cdot \frac{t_2 - t_1}{273} = V_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{273 + t_1}.$$

§ 13. Längenschwindmaße von Metallen und Hölzern.

Unter Schwindmaß eines Gußstückes versteht man die Verkleinerung der Längenabmessungen beim Erstarren und Erkalten.

Metalle	Schwindmaß
Wismut	1: 265
Zinn.....	1: 128
Gußeisen	1: 96
Blei	1: 92
Bronze	1: 72
Glockenmetall	1: 65
Messing	1: 65
Flußstahl	1: 64
Zink	1: 62
Stahlguß	1: 50

Das Schwinden des Holzes wird durch Austrocknung verursacht. Folgendes sind die Schwindmaße der wichtigsten Holzarten:

Holzart	Größe des Schwindens in Richtung		
	der Achse %	des Halb- messers %	der Sehne %
Ahorn	0,072	3,35	6,59
Apfelbaum	0,109	3,00	7,39
Birke	0,222	3,86	9,30
Birke, russische	0,065	7,19	8,17
Birnbaum	0,228	3,94	12,70
Buchsbaum	0,026	6,02	10,20
Ebenholz	0,010	2,13	4,07
Eiche, jung	0,400	3,90	7,55
Eiche, 300 Jahre altes Bauholz	0,130	3,13	7,78
Erle	0,369	2,91	5,07
Esche, jung	0,821	4,05	6,56
Esche, 300 Jahre altes Bauholz	0,187	3,84	7,02
Fichte (Rottanne)	0,076	2,41	6,18
Guajak (Pockholz)	0,625	5,18	7,50
Kiefer (Föhre)	0,120	3,04	5,72
Kirschbaum	0,112	2,85	6,95
Lärche	0,075	2,17	6,32
Linde	0,208	7,79	11,50
Mahagoni	0,110	1,09	1,79
Nußbaum	0,223	3,53	6,25
Pappel	0,125	2,59	6,40
Pflaumenbaum	0,025	2,02	5,22
Roßkastanie	0,088	1,84	5,82
Rotbuche	0,200	5,03	8,06
Tanne (Weißtanne), jung	0,122	2,91	6,72
Tanne, 300 Jahre altes Bauholz	0,086	4,82	8,13
Ulme (Rüster, Yper)	0,124	2,94	6,22
Weide	0,697	2,48	7,31
Weimutskiefer (Strobe)	0,160	1,80	5,00
Weißbuche	0,400	6,66	10,90
Zeder	0,017	1,30	3,38

§ 14. Wärmeleitung und Wärmestrahlung.

Wärme pflanzt sich von einem Körper auf einen andern durch Leitung und Strahlung fort.

1. Wärmeleitung.

Es bedeute

ϑ den Temperaturunterschied zweier durch eine Wand getrennter Flüssigkeiten,

f die Größe der Wand in qm,

δ die Dicke der Wand in m,

λ das Wärmeleitvermögen,

κ die Wärmedurchgangszahl,

α_1, α_2 die Wärmeübergangszahlen der beiden Flüssigkeiten, d. h. die stündlich auf 1 qm Fläche und 1° Temperaturunterschied übergehende Wärmemenge,

Q die übergehende Wärme in kcal,

z die Übergangsdauer in Stunden.

Werte für α :

für siedendes Wasser 2000 ÷ 6000

für nichtsiedendes Wasser (ruhend) 500

für kondensierenden Wasserdampf ÷ 10 000

für Gase und Luft (ruhend) 4

für Gase und Luft (strömend) $2 + 10\sqrt{v}$ m/s.

Dann besteht die Gleichung

$$Q = \kappa f z \vartheta = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}} f z \vartheta.$$

Bei einem Wärmeübergang zwischen einer Körperoberfläche und einem Gas (Dampf) bzw. Flüssigkeit ist

$$Q = \alpha f z \vartheta,$$

wobei ϑ die Temperaturdifferenz von Wandung und Dampf bedeutet.

Werte für λ :

Unter der Wärmeleitungszahl versteht man die Anzahl der kcal, welche stündlich durch einen Querschnitt von 1 qm hindurchfließen, wenn auf der Strecke von 1 m ein Temperaturgefälle von 1° C besteht.

Stoff	kcal	Stoff	kcal
Metalle:		Hochofenschlackenbeton	0,2
Aluminium	175	Ziegelstein	0,34 ÷ 0,45
Blei	30	Ziegelmauerwerk	
Eisen	40 ÷ 50	(normal feucht) ...	0,6 ÷ 0,8
Gold	265	Hohlziegelmauerwerk ..	0,27
Kupfer	300 ÷ 340	Bruchsteinmauerwerk ..	1,3 ÷ 2,1
Nickel	50	Verputz	0,5 ÷ 0,6
Platin	60	Gußasphalt	0,6
Silber	360	Asbestschiefer	0,19
Zink	95	Linoleum	0,16
Zinn	55		
Messing	75 ÷ 100	Flüssigkeiten:	
Rotguß	55	Alkohol	0,15 ÷ 0,20
Neusilber	25	Benzol	0,12
Woods-Legierung	11,5	Glyzerin (wasserfrei) ...	0,25
Konstantan	20	Olivenöl	0,15
Manganin	20	Mineral. Schmieröl	0,1
		Petroleum	0,13
		Quecksilber	6,5
		Wasser	0,5 ÷ 0,6
Baustoffe:		Sonstige Stoffe:	
Eiche Faser	0,18	Eis	1,5
" "	0,35	Glas	0,5 ÷ 0,8
Kiefer "	0,14	Porzellan	0,9
" "	0,30	Steinkohle	0,12 ÷ 0,15
Flußsand 0% Feuchtigkeit ..	0,28	Retortenkohle	3,7
" 6,9% " ..	0,97	Kohlenstaub	0,1
Granit	2,7 ÷ 3,5	Kesselstein	1 ÷ 3
Gneis	3,4	Kautschuck	0,1 ÷ 0,2
Basalt	1,1 ÷ 2,4	Zelluloid	0,18
Marmor	1,8 ÷ 3,0	Sohlleder	0,14
Sandstein	1,1 ÷ 1,5	Luft	0,02
Kalkstein	0,6 ÷ 0,8	Platten aus Kork, Torf	
Kreide	0,8	oder Filz	0,04 ÷ 0,08
Gips (gegossen)	0,32	Strohfaser	0,043
Zement (abgebunden) ..	0,9		
Beton	0,7 ÷ 1,2		
Bei 1000° C ist λ für Schamotte-Steine			0,82
		Magnesit-	1,43
		Silica-	1,19
		Dinas-	1,13
Bei 300° C ist λ für Schlackenwolle			0,09
		Glaswolle (regellos gestopft) ...	0,108

Körper	Temperatur °C				
	0	100	200	300	500
Asbest	0,130	0,167	0,180	0,186	0,198
Kieselgur-Formsteine	0,064	0,078	0,092	0,106	—
Kieselgur lose	0,052	0,066	0,074	0,078	—
Baumwolle	0,047	0,059	—	—	—
Seide	0,038	0,051	—	—	—
Wolle	0,033	0,050	—	—	—
Korkmehl	0,031	0,048	0,055	—	—
Rheinischer Bimskies	0,20	(20 ÷ 65° C)			
Korkstein (asphaltiert).....	0,061	(10 ÷ 57° C)			
Sägemehl	0,055	(20 ÷ 136° C)			
TorfmuU	0,055	÷ 0,070 (20 ÷ 40° C)			

2. Wärmestrahlung.

Der Wärmeaustausch zweier sich gegenüberstehender Körper geschieht nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetze

$$Q = cfz \left[\left(\frac{\Theta}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right].$$

Hierin bedeutet

Q die ausgetauschte Wärmemenge in kcal,

f die Größe der Oberfläche des umgebenen Körpers in qm,

z die Zeit in Stunden,

$$\Theta = 273 + \vartheta,$$

$$T = 273 + t,$$

ϑ die Temperatur des umgebenen Körpers,

t die Temperatur des umgebenden Körpers,

c eine Konstante.

Werte für c : für schwarze Körper 4,6,

für Mauerwerk

für Papier

für Holz

für glühende Brennstoffe } ~ 4.

3. Wärmeisolation.

Umhüllung von 30 mm mit	Isolation in % des Wärmeverlustes bei unbedecktem Rohr
Strohseil mit Lehm	43
Asbestschnur	48
Kieselgur	62
Kieselgur mit Kork	74
Kieselgur mit organischen Bestandteilen (gebrannt)	80
Kunststoffsteinschalen	72
Korkschalen	76
Rohseidenzöpfe	81
Filz	87
Diatomitschalen (bandagiert)	67
Diatomitschalen mit Filz	77

§ 15. Chemische Zusammensetzung der wichtigsten Brennstoffe.

I. Getrocknetes Holz.

Art	C %	H %	O %	N %	Asche %
Buche	49,06	6,11	44,17	0,09	0,57
Eiche	50,16	6,02	43,45		0,37
Fichte	50,31	6,20	43,08	0,04	0,37
Tanne	50,36	5,92	43,39	0,05	0,28

II. Braunkohle.

Art und Herkunft	Brennb. Bestandteile %	Wasser %	Asche %	Koks %	flücht. Bestandteile %	fest. C %	C %	H %	O %	S %
Lignit	43,76	40,35	15,89	34,00	26,65	18,11	65,8	5,8	10,0	6,6
Sachsen	47,20	47,75	5,35	24,98	27,57	19,63	65,9	5,9	11,5	8,2
	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷
	64,55	27,63	8,32	35,59	37,28	27,27	73,1	6,8	26,0	2,7
Rheinland	41,00	56,00	3,00	22,20	21,80	19,20	68,2	4,5	21,6	1,2
Böhmen	86,98	10,01	3,00	—	—	—	75,6	5,8	12,1	0,8

III. Steinkohle.

Art	C	H	O	Koksmenge nach Destillation Gew.-%
	%	%	%	
Trockene Kohle mit langer Flamme (Sandkohle)...	75 ÷ 80	4,5 ÷ 5,5	12,5 ÷ 15,0	50 ÷ 60
Fette Kohle mit langer Flamme (Gaskohle)....	80 ÷ 85	5,0 ÷ 5,8	10,2 ÷ 14,2	60 ÷ 80
Fette Kohle (Schmiede- kohle)	84 ÷ 89	5,0 ÷ 5,5	5,5 ÷ 11,0	68 ÷ 74
Fette Kohle mit kurzer Flamme (Kokskohle) ..	88 ÷ 91	4,5 ÷ 5,5	5,5 ÷ 6,8	74 ÷ 82
Magere Kohle oder Anthra- zit mit kurzer Flamme..	90 ÷ 93	4,0 ÷ 4,5	3,0 ÷ 5,5	82 ÷ 92

IV. Gaskoks.

Art (Herkunft)	Wasser %	Asche %	Koks %	C %	H %	S %
Ruhr	1,53 ÷ 2,33	6,50 ÷ 11,18	95,2 ÷ 98,0	92,9 ÷ 93,8	0,8 ÷ 1,2	1,0 ÷ 1,4
Saar	0,96 ÷ 1,79	6,52 ÷ 10,27	98,3 ÷ 45,4	95,2 ÷ 94,3	0,8 ÷ 1,1	0,9 ÷ 1,6
Oberschlesien...	3,73	6,41	94,3	96,1	0,6	1,1

V. Gasförmige Brennstoffe.

Art	in 1 cbm Gas sind enthalten						
	CO ₂ cbm	CO cbm	CH ₄ cbm	C _n H _m cbm	H cbm	N cbm	C kg
Koksluftgas	0,018	0,325	0,004	—	0,02	0,633	0,186
Hochofengas	0,093	0,302	—	—	0,019	0,586	0,212
Koksmischgas	0,08	0,24	—	—	0,15	0,53	0,172
Steinkohlengeneratorgas .	0,070	0,244	0,02	0,002	0,120	0,554	0,181
Leuchtgas	0,02	0,08	0,34	0,04	0,49	0,03	0,279
Rohbraunkohlengenerator- gas	0,088	0,234	0,006	0,002	0,113	0,557	0,178
Braunkohlenbrikettgene- ratorgas	0,035	0,315	0,02	0,004	0,075	0,551	0,203
Braunkohlenbrikettgene- ratormischgas	0,050	0,300	0,02	0,004	0,136	0,490	0,205
Koksofengas	0,022	0,063	0,292	—	0,505	0,094	0,228
Wassergas	0,030	0,405	0,005	0,024	0,525	0,035	0,236
Mondgas aus Kohle ...	0,163	0,102	0,025	—	0,264	0,446	0,155

§ 16. Heizwerte.

Unter Heizwert versteht man diejenige Wärmemenge, die bei der Verbrennung bis zur Wiederabkühlung der Verbrennungserzeugnisse auf die Anfangstemperatur frei wird.

Der obere Heizwert h_{wo} bezieht sich auf das in den Verbrennungserzeugnissen im flüssigen Zustand, der untere Heizwert h_{wu} auf das im dampfförmigen Zustand befindliche Wasser, daher ist $h_{wo} = h_{wu} + 600$.

Besteht 1 kg eines Brennstoffes aus

C kg Kohlenstoff,

H kg Wasserstoff,

S kg Schwefel,

O kg Sauerstoff,

W kg hygroskopischen Wassers,

so ist die zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Brennstoff erforderliche Luftmenge

$$L = \frac{\frac{8}{3}C + 8H + S - O}{0,23} \text{ kg}$$

oder

$$L = \frac{\frac{8}{3}C + 8H + S - O}{0,3} \text{ cbm}$$

von 0° C und 760 mm Q.-S.

Der Heizwert des betr. Brennstoffes, d. h. die Anzahl kcal, welche bei der vollkommenen Verbrennung von 1 kg des Brennstoffes frei werden, berechnet sich nach der Gleichung

$$h_{wu} = 8100 C + 29\,000 \left(H - \frac{1}{8} O\right) + 2500 S - 600 W.$$

Der Heizwert H_w bezogen auf 1 cbm Brennstoff bei 15° C und 1 Atm. ergibt sich aus der Formel $H_w = h_w \frac{m}{24,4}$, wobei m das Molekulargewicht ist.

Obere Heizwerte:

Stoff	h_{wo} kcal	Stoff	h_{wo} kcal	H_{wo} kcal
Steinkohle (gute) .	7500	Wasserstoff	34 200	2 800
Steinkohle (mittlere)	6600	Kohlenoxyd	2 440	2 800
Steinkohle (geringe)	4800	Azetylen	12 000	12 800
Steinkohlenbriketts	7750	Leuchtgas	10 000	5 130
Anthrazit	8000	Wassergas	3 930	2 520
Braunkohlen	3600	Generatorgas	1 180	1 175
Braunkohlenbriketts	4800	Mischgas	1 190	—
Gaskoks	7000	Gichtgas	768	896
Torf	3800	Äther	9 000	
Holz	4100	Alkohol	7 100	
Holzkohle zu CO ₂ ..	8000	Benzol	10 000	
Holzkohle zu CO ..	2470	Braunkohlenteeröl .	10 000	
Naphthalin	9700	Petroleum	11 000	
Phosphor	5950	Masut	10 500	
Schwefel zu SO ₂ ..	2220	Terpentin	10 850	
Wachs	9000	Leinöl, Rüböl	9 300	

Untere Heizwerte:

Stoff	Dichte bez. auf Luft	h_{wu} kcal	H_{wu} kcal	
Wasserstoff	0,07	28 700	2 360	
Kohlenoxyd	0,97	2 440	2 800	
Azetylen	0,90	11 600	12 360	
Leuchtgas	0,43	8 900	4 590	
Wassergas	0,54	3 580	2 300	
Generatorgas	0,84	1 100	1 095	
Gichtgas	0,98	757	883	
	Spez. Gew. bei 15° C	h_{wu} kcal	Elementaranalyse	
			Wasser- stoff %	Kohlen- stoff %
Petroleum	0,879	10 610	14,2	85,1
Solaröl	0,849	10 100	13,3	85,7
Gasöl	0,865	10 000	12,5	84,6
Braunkohlenrohöl	0,908	9 800	12,4	85,6
Paraffinöl	0,926	9 750	11,6	86,0

Stoff	Spez. Gew. bei 15° C	h_{wu} kcal	Elementaranalyse	
			Wasser- stoff %	Kohlen- stoff %
Kreosotöl	1,050	8 970	6,1	91,2
Alkohol	0,794	6 400	—	—
Spiritus, 95 proz.	0,809	6 000	—	—
Spiritus, 85 proz.	0,836	5 240	—	—
Spiritus, 75 proz.	0,861	4 470	—	—
Benzol	0,885	9 590	—	—
Naphthalin	0,977 (bei der Schmelztemp. 80°)	9 370	—	—
Benzin	0,70	9 800 ÷ 10 200	—	—

§ 17. Glühfarben und Glühtemperaturen des Eisens.

Glühfarbe des Eisens	Temperatur ° C	Anlaßfarbe des Stahles für Härtung	Temperatur ° C
im Dunkeln rotglühend	500	blaßgelb	220
dunkelrot	700	strohgelb.....	232
dunkelkirschrot.....	800	goldgelb	243
kirschrot	900	purpur.....	250
hellkirschrot	1000	violett	266
dunkelorange.....	1100	dunkelpurpur ..	278
hellorange	1200	hellblau	293
weißglühend	1300	dunkelblau	316
Schweißhitze	1400 ÷ 1500		

II. Kapitel

Festigkeit.

§ 1. Zeichenerklärung.

Es sei:

P die Belastung in kg,

F der Querschnitt in qcm,

L die Länge in cm,

e der Abstand der äußersten Faser von der Nulllinie in cm,

E der Elastizitätsmodul des betr. Materials in kg/qcm,

λ die Verlängerung resp. Verkürzung des Stabes in cm,

J das äquatoriale Trägheitsmoment des Querschnittes in cm^4 ,

J_p das polare Trägheitsmoment des Querschnittes in cm^4 ,

M_b das Biegemoment in cmkg (= algebraische Summe der Momente auf einer Seite des Querschnittes),

M_t das Drehmoment in cmkg ,

W das Widerstandsmoment gegen Biegung = $\frac{J}{e}$ in cm^3 ,

W_t das Widerstandsmoment gegen Drehung = $\frac{J_p}{e}$ in cm^3 ,

k_z die zulässige Zugbeanspruchung in kg/qcm,

k die zulässige Druckbeanspruchung in kg/qcm,

k_s die zulässige Schubbeanspruchung in kg/qcm,

k_b die zulässige Biegebungsbeanspruchung in kg/qcm,

k_t die zulässige Drehungsbeanspruchung in kg/qcm.

Sämtliche $\left\{ \begin{array}{l} \text{Kräfte sind in kg} \\ \text{Längen sind in cm} \\ \text{Flächen sind in qcm} \end{array} \right\}$ einzusetzen.

§ 2. Zug und Druck.

Wird ein zylindrischer Stab von der Länge L cm und dem Querschnitt F qcm durch eine Kraft P kg oder $\sigma = \frac{P}{F}$ kg/qcm der Zugbeanspruchung unterworfen, so erleidet er eine Verlängerung um λ cm oder eine spezifische Verlängerung (Dehnung) um $\varepsilon = \frac{\lambda}{L}$; ε ist also die Verlängerung der Längeneinheit und σ die Belastung der Flächeneinheit. Durch die

Zugbeanspruchung erfährt der Stab aber auch eine Quersammmenziehung

$$\varepsilon_q = \frac{\text{Verminderung des Durchmessers}}{\text{Ursprünglichen Durchmesser}} = \frac{\delta}{D}.$$

Zwischen ε und ε_q besteht die Beziehung

$$\varepsilon = m \varepsilon_q$$

oder

$$\frac{\lambda}{L} = m \frac{\delta}{D}.$$

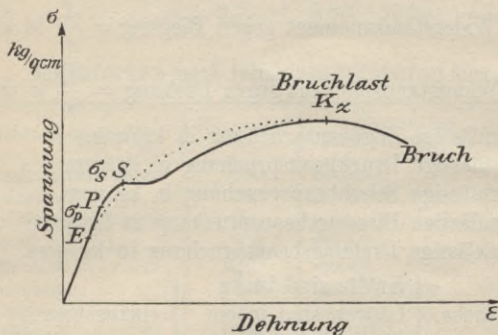


Fig. 4.

Die Größe von m hängt vom Material ab und liegt im allgemeinen zwischen 3 und 4; für Metalle ist $m = \frac{1}{3}$.

In Fig. 4 ist das Spannungs-Dehnungsdiagramm gezeichnet. Unterhalb der Proportionalitätsgrenze P besteht als Beziehung zwischen der Dehnung ε und der Spannung σ das Hookesche Gesetz

$$\varepsilon = \alpha \sigma = \frac{1}{E} \sigma,$$

wobei α den Dehnungskoeffizienten bedeutet, d. h. die Deh-

nung eines Würfels von 1 cm Kantenlänge bei 1 kg Belastung. $E = \frac{1}{\alpha}$ heißt Elastizitätsmodul.

Es ist

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{P}{F E};$$

also beträgt die Verlängerung eines Stabes von L cm Länge, F qcm Querschnitt und P kg Belastung

$$\lambda = \frac{P L}{F E} \text{ cm.}$$

Gußeisen, Kupfer, Zement, Beton usw. haben keine Proportionalitätsgrenze (s. Fig. 4, gestrichelte Kurve). Für diese Materialien gilt angenähert das Bachesche Potenzgesetz $\varepsilon = \alpha \sigma^n$. Für Beton ist $n \sim 1,1 \div 1,2$, für Riemen und Hanfseile ist $n < 1$.

Das Vorstehende gilt sinngemäß auch für die Druckbeanspruchung.

Zur Berechnung der Dimensionen eines auf Zug resp. Druck beanspruchten Maschinenteiles gelten folgende Formeln:

$$P = F k_z \quad \text{für Zug}$$

und $P = F k \quad \text{für Druck.}$

Wird die Spannung σ gesucht, die bei einer bestimmten Last P auftritt, so ist

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ kg/qcm} \quad \text{für Zug und Druck.}$$

§ 3. Schub (Scherung).

Bei einer Beanspruchung tritt Schub auf, wenn die Kräfte so wirken, daß zwei benachbarte Querschnitte gegeneinander verschoben werden. Die Formel für die Schubfestigkeit wird auf Grund der Annahme aufgestellt, daß sich

die Schubkraft P gleichmäßig auf den Querschnitt verteilt:

$$\tau_s = \frac{P}{F}.$$

Diese Formel gibt zu kleine Werte für $\tau_{s \max}$, da bei fast jeder Schubbeanspruchung auch ein Biegemoment auftritt. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ist

$$\text{für einen rechteckigen Querschnitt } \tau_{s \max} = \frac{3}{2} \frac{P}{F},$$

$$\text{für einen kreisförmigen Querschnitt } \tau_{s \max} = \frac{4}{3} \frac{P}{F},$$

$$\text{für einen kreisringförmigen Querschnitt } \tau_{s \max} = 2 \frac{P}{F}.$$

$\tau_{s \max}$ darf k_s nicht überschreiten.

§ 4. Festigkeitszahlen.

Proportionalitätsgrenze σ_P ist die Spannung, bis zu der die Dehnungen proportional den Spannungen wachsen.

Streck- resp. Quetschgrenze σ_S ist die Spannung, bei der die Dehnungen unter gleichbleibender Last stark zunehmen.

Die praktische Streckgrenze ist die Spannung mit einer bleibenden Dehnung von 0,2 % der Meßlänge; letztere wird zu

$$l = 11,3 \sqrt{\text{Probenquerschnitt}}$$

genommen.

Elastizitätsmodul ist der reziproke Wert des Dehnungskoeffizienten α .

Zug- resp. Druckfestigkeit ist die größte mögliche Belastung pro qcm Querschnitt. (Vgl. § 2 „Zug und Druck“ und Fig. 4.) (S. Tabelle S. 40 u. 41.)

Festigkeitsskala der Kohlenstoffstähle.

Benennung	Eigenschaften	Kohlenstoffgehalt %	Festigkeit kg/qmm	Dehnung % (l=100 mm)
Weichstes Flußeisen ...	gut schweißbar, nicht härtbar	0,06	34 ÷ 36	30 ÷ 35
Weiches Flußeisen	gut schweißbar, nicht härtbar	0,09	36 ÷ 38	27 ÷ 32
Mittelweiches Flußeisen.	gut schweißbar, nicht härtbar	0,12	38 ÷ 41	23 ÷ 29
Flußeisen	schweißbar, nicht härtbar	0,16	41 ÷ 44	21 ÷ 26
Weicher Stahl	wenig härtbar	0,20	44 ÷ 47	19 ÷ 23
Mittelweicher Stahl ...	härtbar	0,25	47 ÷ 53	17 ÷ 22
Mittelharter Stahl	gut härtbar	0,35	53 ÷ 60	14 ÷ 19
Zäher Werkzeugstahl ..	„ „	0,45	60 ÷ 68	11 ÷ 16
Mittelharter Werkzeugstahl	„ „	0,55	68 ÷ 76	9 ÷ 13
Harter Werkzeugstahl ..	„ „	0,65	76 ÷ 84	6 ÷ 11
Sehr harter Werkzeugstahl	„ „	0,75	84 ÷ 92	3 ÷ 8
Hartstahl	„ „	0,80	92 ÷ 100	2 ÷ 5

Sonderstähle.

Material	Verwendungsart	Zustand	Festigkeit kg/qmm	Streckgrenze kg/qmm	Dehnung %
Nickelstahl	Ventile	geglüht	60 ÷ 70	30 ÷ 40	40 ÷ 20
„	Wellen, Achsen, Bolzen	„	45 ÷ 85	25 ÷ 55	22 ÷ 15
Chromnickelvanadiumstahl	Getriebe, Achsen, Wellen	veredelt	70 ÷ 120	50 ÷ 110	17 ÷ 10
Wolframstahl	Flugmotoren- zylinder	„	90 ÷ 100	60 ÷ 70	15 ÷ 10
Manganstahl	desgl.	„	75 ÷ 90	45 ÷ 60	15 ÷ 10
Siliziumstahl	Federn	federhart	135 ÷ 155	115 ÷ 135	7 ÷ 4
Manganstahl	„	„	120 ÷ 140	100 ÷ 115	5 ÷ 3
Chromnickelstahl	Zahnräder, Nocken, Zapfen, Bolzen (für Ein- satzhärtung)	Wasser- härtung	130 ÷ 200	100 ÷ 160	10 ÷ 5
		Ölhär- tung	105 ÷ 140	85 ÷ 120	10 ÷ 6
		geglüht	40 ÷ 75	25 ÷ 45	18 ÷ 14
Nickelstahl		Wasser- härtung	45 ÷ 70	30 ÷ 45	18 ÷ 12
		geglüht	45 ÷ 55	23 ÷ 35	26 ÷ 20

Material	Proportionalitäts- grenze σ_P kg/qcm	Streck- bzw. Quetschgrenze σ_S kg/qcm	Elastizitätsmodul E kg/qcm	Zugfestigkeit K_Z kg/qcm	Druck- festigkeit K kg/qcm
Schweiß Eisen	1300 ÷ 1700	2000 ÷ 2800	2 000 000	2800 ÷ 4000	—
Fluß Eisen	2000 ÷ 2400	2000 ÷ 3000	2 150 000	3400 ÷ 4400	—
Fluß Stahl	2500 ÷ 5000	2800 u. mehr	2 200 000	4500 ÷ 10000	—
Nickelstahl 5 Proz.	4000 ÷ 5000	—	—	8500	—
Nickelstahl 25 Proz.	3500 ÷ 6000	—	(2 089 000)	7000 ÷ 8000	—
Federstahl	4000 ÷ 7500	—	2 200 000	7500 ÷ 10000	—
Stahlguß	2000 u. mehr	2100 u. mehr	2 150 000	3500 ÷ 7000	—
Gußeisen	—	—	750000 ÷ 1050000	1200 ÷ 2400	7000 ÷ 8500
Kupfer, gehämmert	—	—	}	2700	—
Kupfer, gezogen	—	—		3100	—
Kupfer, elektrisch gewonnen	—	—	}	3800	—
Messing, gegossen	650	—		1600	—
Rotguß	900	—	800 000	2000	—
Phosphorbronze	—	—	900 000	2400 ÷ 4000	—
Manganbronze	—	—	—	2500	—
Aluminium, gegossen	—	—	}	1000 ÷ 1200	—
Aluminium, kalt gewalzt	440 ÷ 480	—		675 000	2300 ÷ 2700
Aluminiumbronze (10%) gegossen	—	—	}	6200	—
Aluminiumbronze (10%) gewalzt	—	—		1 200 000	5100
Magnesium	—	—	—	2300	2700
Magnalium, gegossen	—	—	—	3000 ÷ 4500	—
Magnalium, gewalzt	—	—	—	2000 ÷ 2500	—
Zink, gewalzt	—	—	960 000	2350	1000
Zinn	—	—	400 000	350	—
Blei, weich	—	50 ÷ 150	50 000	125	—
Weißmetall (90 Pb; 10 Sb)	—	153 ÷ 218	267 000 ÷ 273 000	500	1190
Weißmetall (80 Pb; 15 Sb; 5 Sn)	—	128 ÷ 160	275 000 ÷ 297 000	400	1100
Hartblei	—	300	—	300	—
Deltametall: 59 Cu } gegossen	1100 ÷ 1500	1200 ÷ 3100	1 050 000	3900 ÷ 6000	—
40 Zn } geschmiedet	—	1600 ÷ 1900	—	4200 ÷ 4500	—
1 Sn }	—	—	—	4500 ÷ 6000	—
Rübelbronze, gegossen	—	1600 ÷ 3200	—	4100	—
Monelmetall: 60 Ni } gegossen	—	2450	—	5630	—
40 Cu } geschmiedet	—	3500	—	—	—

				700 000	250	—
Glas	—	—	—	—	—	1500
Papierstoff	—	—	—	—	—	—
Kiefer	150 (Druck)	—	—	95 000	790	280
Eiche	150(Druck);475(Zug)	—	—	105 000	970	350
Fichte	150 (Druck)	—	—	100 000	750	245
Buche	100(Druck);580(Zug)	—	—	175 000	1340	320
				Die Beanspruchung ist Faser		
Sandstein	—	—	—	20 000 ÷ 90 000	—	200 ÷ 2000
Tuff	—	—	—	—	—	200 ÷ 1500
Granit	—	—	—	260 000	—	800 ÷ 2000
Basalt	—	—	—	—	—	1000 ÷ 3200
Basaltlava	—	—	—	—	—	500
Bruchstein	—	—	—	—	—	300 ÷ 1000
Kalkstein	—	—	—	—	—	400 ÷ 2000
Beton (28 Tage)	—	—	—	200 000 ÷ 400 000	—	80 ÷ 250
Ziegelsteine	—	—	—	93 000	20	150 ÷ 300
Ziegelmauerwerk	—	—	—	—	—	140
Kalkmörtel	—	—	—	—	—	40
Zement	—	—	—	250 000	—	250 ÷ 270
Zementmörtel (27 T. in H ₂ O) 1:3 ..	—	—	—	200 000 ÷ 350 000	—	160 ÷ 350
Eisendraht, gezogen	4200	—	—	2 000 000	5600 ÷ 7000	—
Eisendraht, gegläht	2000	—	—	2 000 000	4000	—
Tiegelstahldraht	10000	—	—	2 150 000	9000 ÷ 19000	—
Zinkdraht	—	—	—	150 000	1900	—
Bessemerstahldraht, gezogen	5200	—	—	—	6500	—
Kupferdraht	1200	—	—	1 300 000	4000	—
Messingdraht	1300	—	—	1 000 000	5000	—
Aluminiumdraht	—	—	—	—	—	—
Bronzedraht	—	—	—	—	2300 ÷ 2700	—
Siliziumbronzedraht	—	—	—	—	4600 ÷ 7100	—
Tantaldraht	—	—	—	—	6500 ÷ 8500	—
Wolframdraht } gezogen	—	—	—	—	60000 ÷ 70000	—
Molybdändraht }	—	—	—	—	42 000	—
				—	22 000	—
Lederriemen, neu	160	—	—	1250	250 ÷ 450	—
Hanfseil	—	—	—	—	1200 ÷ 1350	—

Zulässige Beanspruchung.

Material	Zug k_z kg/qcm			Druck k kg/qcm			Schub k_s kg/qcm			Biegung k_b kg/qcm			Drehung k_t kg/qcm			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Schweiß Eisen ..	900	600	300	900	600	300	720	480	240	900	600	300	360	240	120	
Fluß Eisen	900	600	300	900	600	300	720	480	240	900	600	300	600	400	200	
Fluß Stahl	1200	800	400	1200	800	400	960	640	320	1200	800	400	840	560	280	
Stahlguß	1500	1000	500	1500	1000	500	1200	800	400	1500	1000	500	1200	800	400	
Gußeisen	600	400	200	900	600	300	480	320	160	750	500	250	480	320	160	
Esche	900	600	300	1200	900	450	840	560	280	1050	700	350	840	560	280	
Eiche	300	200	100	900	600	300	300	200	100	—	—	—	150	100	50	
Buche	110	100	100	66	80	80	—	20	20	—	—	—	—	—	—	
Kiefer	100	100	100	80	80	80	20	20	20	—	—	—	—	—	—	
Tanne	100	100	100	60	60	60	10	10	10	—	—	—	—	—	—	
Basalt	—	—	—	75	75	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Basaltlava	—	—	—	40	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Granit	—	—	—	45	45	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sandstein	—	—	—	15 ÷ 30	15 ÷ 30	15 ÷ 30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Marmor	—	—	—	24	24	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Beton	—	—	—	5 ÷ 15	5 ÷ 15	5 ÷ 15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ziegelmauerwerk in Zementmörtel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ziegelmauerwerk oder Kalkstein- mauerwerk in Kalkmörtel ..	—	—	—	12	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Beton	18 ÷ 24 ÷ (35)	bei $s=10$	Druckspannung	30 ÷ 40	bei $s=6$	Biegedrucksp.	15 ÷ 20	Biegezugsspan.	Schubspannung	4,5	bei $s=5$	÷ 8	Haftspannung	4,5 ÷ 7,5	bei $s=5$	÷ 10

Festigkeit.

Material	Zug kg/qcm	Druck kg/qcm	Biegung kg/qcm	Absche- rung kg/qcm	Lochlei- bungs- druck kg/qcm
Flußeisen, Träger (Decken u. Treppen)	1200	1200	1200	1000	2000
Flußeisen, Stützen ..	1200	1200	1200	1000	2000
Flußeisen, Stützen (bei genauer Be- rechnung der un- günstigsten Kan- tenpressung).....	1400	1400	1400	1000	2000
Flußeisen, Dächer, Wände	1200	1200	1200	1000	2000
Flußeisen, Dächer, Wände (bei gleich- zeitigem Eintritt von größter Span- nung und ungün- stigster Wirkung von Nutzlast, Eigen- last, Wind- und Schneedruck).....	1400	1400	1400	1000	2000
Flußeisen, wie vorher (jedoch bei genauer Berechnung und Durchbildung)....	1600	1600	1600	—	—
Flußeisen, Anker ...	800	—	—	—	—
Flußeisen, Stäbe (Ei- senbeton)	1000	1000	—	—	—
Schweißeisen	—	10%	weniger	—	—
Gußeisen, Auflager ..	—	1000	—	—	—
Gußeisen, Säulen ...	—	500	250	200	—
Stahlformguß.....	—	—	1200	—	—
Schmiedestahl	1400	1400	1400	—	—
Zinkblech	(200)	(200)	(150)	—	—
Eiche und Buche ..	100(÷120)	80(÷100)	100(÷120)	{15(÷20) Faser}	}
Kiefer	100(÷120)	60(÷80)	100(÷120)	{80(÷90) ⊥ Faser}	
Tanne	(60)	(50)	—	{10(÷15) Faser}	
Rottanne	—	(80)	—	{(60÷70) ⊥ Faser}	
Esche	(100÷120)	(66)	—	—	
Hartholz	(200)	(160)	(200)	(30 ⊥ Faser)	
Granit, Auflager ...	—	60(÷90)	—	—	
Granit, Pfeiler, Ge- wölbe.....	—	45(÷60)	—	—	
Granit, Pfeiler, Sä- len (sehr schlank).	—	25(÷30)	—	—	
Sandstein, Auflager.	—	30(÷50)	—	—	
Sandstein, Pfeiler, Gewölbe	—	25(÷30)	—	—	
Sandstein, Pfeiler, Säulen(sehr schlank)	—	15(÷20)	—	—	

Material	Zug kg/qcm	Druck kg/qcm
Kalkstein und Marmor, Auflager . . .	—	30(÷ 40)
Kalkstein und Marmor, Pfeiler, Gewölbe	—	20(÷ 30)
Kalkstein und Marmor, Pfeiler, Säulen (sehr schlank) . . .	—	12(÷ 15)
Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel 1 : 3 ..	—	÷ 7
Hartbrandziegelmauerwerk in Kalkzementmörtel 1:2:7	—	12 ÷ 15
Klinkermauerwerk in Zementmörtel 1 : 3	—	20 ÷ 30
Poröses Ziegelmauerwerk	—	3 ÷ 6
Schwemmsteinmauerwerk	—	÷ 3
Kalksteinmauerwerk in Kalkmörtel 1 : 3	—	÷ 7
Kalksteinmauerwerk in Kalkzementmörtel 1 : 2 : 7	—	12 ÷ 15
Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel . . .	—	÷ 5
Fundamentmauern aus geschüttetem Beton	—	6 ÷ 8
Fundamentmauern aus gestampftem Beton	—	10 ÷ 15
Guter Baugrund . . .	—	3 ÷ 4

§ 7. Trägheitsmomente und Widerstandsmomente.

1. Trägheitsmomente.

Das Trägheitsmoment einer ebenen Fläche bezogen auf eine beliebige Drehachse ist die Summe der Produkte aus den Flächenteilchen df und dem Quadrat ihres Abstandes r von der betreffenden Achse:

$$J = \int r^2 df.$$

Liegt die Achse in der Ebene, so spricht man von

einem äquatorialen Trägheitsmoment J (s. ‚Biegung‘); liegt sie senkrecht zur Ebene, so hat man ein polares Trägheitsmoment J_p (s. ‚Verdrehung‘).

Es ist das polare Trägheitsmoment J_p gleich der Summe zweier äquatorialer J_x und J_y , deren Achsen sich im Pol 0

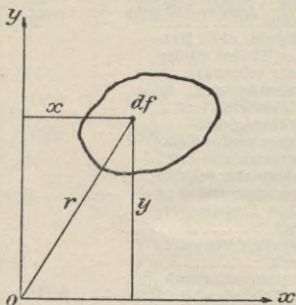


Fig. 5.

rechtwinklig schneiden, d. h. im Durchdringungspunkt der zur Querschnittsebene senkrechten Achse mit dieser. Fig. 5.

$$J_p = \int r^2 df = \int x^2 df + \int y^2 df = J_x + J_y.$$

Denkt man sich die ganze Masse eines Körpers als einen Ring vom Durchmesser D mit dem Gewicht G , so ist

$$J = \frac{G D^2}{g \cdot 4} \quad \text{oder} \quad G D^2 = 4 g J.$$

Den Wert $G D^2$ nennt man das Schwungmoment des Körpers.

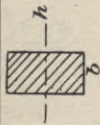
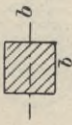

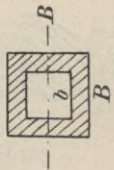
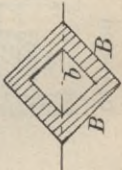
2. Widerstandsmomente.

Das Widerstandsmoment W ist gleich dem Trägheitsmoment (J bei Biegung, J_p bei Verdrehung) dividiert durch den Abstand e der äußersten Faser von der neutralen Achse (Nullachse) (s. ‚Biegung‘ und ‚Verdrehung‘).

Also

$$W = \frac{J}{e} \quad \text{bei Bieungsbeanspruchung,}$$

$$W_t = \frac{J_p}{e} \quad \text{bei Verdrehungsbeanspruchung.}$$

Querschnitt	Äquatoriales Trägheitsmoment $J \text{ cm}^4$	Widerstandsmoment $W \text{ cm}^3$
	$\frac{b h^3}{12}$	$\frac{b h^2}{6}$
	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b^3}{6}$
	$\frac{b^4}{12}$	$0,1179 b^3$
	$\frac{B^4 - b^4}{12}$	$\frac{1}{6} \frac{B^4 - b^4}{B}$
	$\frac{B^4 - b^4}{12}$	$0,1179 \frac{B^4 - b^4}{B}$

Querschnitt	Äquatoriales Trägheitsmoment $J \text{ cm}^4$	Widerstandsmoment $W \text{ cm}^3$
	$\frac{b h^3}{36}$	$\frac{b h^2}{24}$
	$0,5413 R^4$	$\frac{5}{8} R^3$
	$0,5413 R^4$	$0,5413 R^3$
	$0,6381 R^4$	$0,6906 R^3$
	$\frac{B H^3 + b h^3}{13}$	$\frac{B H^3 + b h^3}{6 H}$



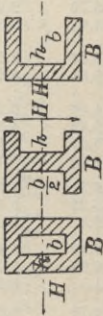
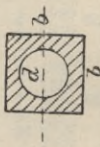
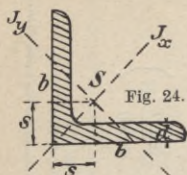
	$\frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} \sim 0,05 d^4$	$\frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} \sim 0,1 d^3$
	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d_m^4) = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$	$\frac{\pi D^4 - d_m^4}{32} = \frac{\pi R^4 - r^4}{4}$ $= \sim 0,8 d_m^2 s$
	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$
	$\frac{1}{12} \left(b^4 - \frac{3\pi}{16} d^4 \right)$	$\frac{1}{6b} \left(b^4 - \frac{3\pi}{16} d^4 \right)$

Fig. 6-23.



§ 8. Deutsche Normalprofile für Walzeisen.

1. Gleichschenklige Winkeleisen. Größte Längen 12 ÷ 16 m.

Profil	Breite b mm	Stärke d mm	Quer- schnitt qcm	Gewicht kg/m	Schwer- punkts- abstand s mm	J_x (max) cm ⁴	J_y (min) cm ⁴
15	15	3	0,82	0,64	4,8	0,24	0,06
		4	1,05	0,82	5,1	0,29	0,08
20	20	3	1,12	0,88	6,0	0,62	0,15
		4	1,45	1,14	6,4	0,77	0,19
25	25	3	1,42	1,12	7,3	1,27	0,31
		4	1,85	1,45	7,6	1,61	0,40
		5	2,26	1,77	8,0	1,87	0,50
30	30	3	1,74	1,36	8,4	2,24	0,57
		4	2,27	1,78	8,9	2,85	0,76
		5	2,78	2,18	9,2	3,41	0,91
35	35	4	2,67	2,10	10,0	4,68	1,24
		6	3,87	3,04	10,8	6,50	1,77
40	40	4	3,08	2,42	11,2	7,09	1,86
		5	3,79	2,97	11,6	8,64	2,22
		6	4,48	3,52	12,0	9,98	2,67
45	45	5	4,30	3,38	12,8	12,4	3,25
		7	5,86	4,60	13,6	16,4	4,39
50	50	5	4,80	3,77	14,0	17,4	4,59
		6	5,69	4,47	14,5	20,4	5,24
		7	6,56	5,15	14,9	23,1	6,02
		9	8,24	6,47	15,6	28,1	7,67
55	55	6	6,31	4,95	15,6	27,4	7,24
		8	8,23	6,46	16,4	34,8	9,35
		10	10,1	7,90	17,2	41,4	11,3
60	60	6	6,91	5,42	16,9	36,1	9,43
		8	9,03	7,09	17,7	46,1	12,1
		10	11,1	8,69	18,5	55,1	14,6
65	65	7	8,70	6,83	18,5	53,0	13,8
		9	11,0	8,62	19,3	65,4	17,2
		11	13,2	10,3	20,0	76,8	20,7

Profil	Breite b mm	Stärke d mm	Quer- schnitt qcm	Gewicht kg/m	Schwer- punkts- abstand s mm	J_x (max) cm ⁴	J_y (min) cm ⁴
70	70	7	9,40	7,38	19,7	67,1	17,6
		9	11,9	9,34	20,5	83,1	22,0
		11	14,3	11,2	21,3	97,6	26,0
75	75	7	10,1	7,94	20,9	83,6	21,1
		8	11,5	9,03	21,3	93,3	24,4
		10	14,1	11,1	22,1	113	29,8
		12	16,7	13,1	22,9	130	34,7
80	80	8	12,3	9,66	22,6	115	29,6
		10	15,1	11,9	23,4	139	35,9
		12	17,9	14,1	24,1	161	43,0
		14	20,6	16,1	24,8	181	48,6
90	90	9	15,5	12,2	25,4	184	47,8
		11	18,7	14,7	26,2	218	57,1
		13	21,8	17,1	27,0	250	65,9
		16	26,4	20,7	28,1	294	79,1
100	100	10	19,2	15,1	28,2	280	73,3
		12	22,7	17,8	29,0	328	86,2
		14	26,2	20,6	29,8	372	98,3
		20	36,2	28,4	32,0	488	134
110	110	10	21,2	16,6	30,7	379	98,6
		12	25,1	19,7	31,5	444	116
		14	29,0	22,8	32,1	505	133
120	120	11	25,4	19,9	33,6	541	140
		13	29,7	23,3	34,4	625	162
		15	33,9	26,6	35,1	705	186
		20	44,2	34,7	37,0	887	236
130	130	12	30,0	23,6	36,4	750	194
		14	34,7	27,2	37,2	857	223
		16	39,3	30,9	38,0	959	251
140	140	13	35,0	27,5	39,2	1010	262
		15	40,0	31,4	40,0	1150	298
		17	45,0	35,3	40,8	1280	334
150	150	14	40,3	31,6	42,1	1340	347
		16	45,7	35,9	42,9	1510	391
		18	51,0	40,1	43,6	1670	438
160	160	15	46,1	36,2	44,9	1750	453
		17	51,8	40,7	45,7	1950	506
		19	57,5	45,1	46,5	2140	558
180	180	16	55,4	43,5	50,2	2690	679
		18	61,9	48,6	51,0	2970	757
		20	68,4	53,7	51,8	3260	830
200	200	16	61,8	48,5	55,2	3740	943
		18	69,1	54,3	56,0	4150	1050
		20	76,4	59,9	56,8	4540	1160

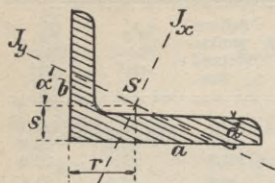


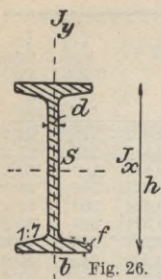
Fig. 25.

2. Ungleichschenklige Winkel-eisen.

Größte Längen $12 \div 16$ m.

Profil	Breite	Breite	Stärke d	Quer- schnitt	Gew- icht	Schwer- punkts- abstand		tg α	J_x (max)	J_y (min)
	b	a				s	r			
	mm	mm								
20/30	20	30	3	1,42	1,11	5,0	9,0	0,431	1,43	0,25
			4	1,85	1,45	5,4	10,3	0,423	1,81	0,33
			5	2,26	1,77	5,8	10,7	0,412	2,15	0,40
20/40	20	40	3	1,72	1,35	4,4	14,3	0,259	2,96	0,30
			4	2,25	1,77	4,8	14,7	0,252	3,79	0,39
30/40	30	40	3	2,19	1,72	7,0	14,3	0,441	5,17	0,91
			4	2,87	2,25	7,4	14,8	0,436	6,65	1,18
			5	3,53	2,77	7,8	15,2	0,430	8,02	1,44
30/60	30	60	5	4,29	3,37	6,8	21,5	0,256	16,5	1,69
			7	5,85	4,59	7,6	22,4	0,248	21,8	2,28
40/50	40	50	3	2,63	2,06	9,9	14,8	0,632	8,46	1,89
			4	3,46	2,71	10,3	15,2	0,629	10,9	2,46
			5	4,27	3,35	10,7	15,6	0,625	13,3	3,02
40/60	40	60	5	4,79	3,76	9,7	19,6	0,437	19,8	3,50
			6	5,68	4,46	10,1	20,0	0,433	23,1	4,12
			7	6,55	5,14	10,5	20,4	0,429	26,3	4,73
40/80	40	80	4	4,69	3,68	8,0	27,6	0,265	33,0	3,38
			6	6,89	5,41	8,8	28,5	0,259	47,6	4,90
			8	9,01	7,07	9,5	29,4	0,253	60,9	6,41
50/65	50	65	5	5,54	4,35	12,5	19,9	0,583	28,8	6,21
			7	7,60	5,97	13,0	20,7	0,574	38,4	8,37
			9	9,58	7,52	14,1	21,5	0,567	47,0	10,5
50/100	50	100	6	8,73	6,85	10,4	34,9	0,263	95,2	9,78
			8	11,5	8,99	11,3	35,9	0,258	123	12,6
			10	14,1	11,1	12,0	36,7	0,252	149	15,5
55/75	55	75	5	6,30	4,95	13,3	23,1	0,530	43,1	8,68
			7	8,66	6,80	14,1	27,0	0,525	57,9	11,8
			9	10,9	8,59	14,8	24,7	0,518	71,3	14,8
60/90	60	90	6	8,69	6,82	14,1	28,9	0,442	82,8	14,6
			8	11,4	8,96	14,9	29,7	0,437	107	19,0
			10	14,1	11,0	15,6	30,5	0,431	129	23,1
65/75	65	75	6	8,11	6,37	17,0	21,9	0,740	60,2	14,4
			8	10,6	8,34	17,8	22,8	0,736	77,3	18,8
			10	13,1	10,3	18,6	23,5	0,732	92,7	23,0
65/80	65	80	6	8,41	6,60	16,5	23,9	0,649	68,5	15,6
			8	11,0	8,66	17,3	24,7	0,645	88,0	20,3
			10	13,6	10,7	18,1	25,5	0,640	106	24,8
			12	16,0	12,6	18,8	26,3	0,634	122	29,2

Profil	Breite	Breite	Stärke d	Quer- schnitt	Ge- wicht	Schwer- punkts- abstand		tg α	J_x (max)	J_y (min)
	b	a				s	r			
	mm	mm								
65/100	65	100	7	11,2	8,77	15,1	32,3	0,419	128	21,6
			9	14,2	11,1	15,9	33,2	0,415	160	27,2
			11	17,1	13,4	16,7	34,0	0,410	190	32,6
65/115	65	115	6	10,5	8,25	13,8	38,5	0,327	158	21,1
			8	13,8	10,9	14,6	39,4	0,324	205	27,4
			10	17,1	13,4	15,4	40,2	0,321	249	33,2
65/130	65	130	8	15,1	11,9	13,7	45,6	0,263	280	28,6
			10	18,6	14,6	14,5	46,5	0,259	340	35,0
			12	22,1	17,3	15,3	47,4	0,255	397	41,2
75/90	75	90	7	11,1	8,74	19,3	26,7	0,683	117	27,1
			9	14,1	11,1	20,1	27,6	0,679	140	34,1
75/100	75	100	11	17,0	13,4	20,9	28,3	0,675	171	40,9
			7	11,9	9,32	18,3	30,6	0,553	145	20,1
			9	15,1	11,8	19,1	31,5	0,549	181	37,8
75/130	75	130	11	18,2	14,3	19,9	32,3	0,545	214	45,4
			8	15,9	12,5	16,5	43,6	0,339	303	41,3
			10	19,6	15,4	17,3	44,5	0,336	369	50,6
75/150	75	150	12	23,3	18,3	18,1	45,3	0,332	432	59,6
			9	19,5	15,3	15,7	52,8	0,265	484	50,0
			11	23,6	18,6	16,5	53,7	0,261	578	59,8
75/170	75	170	13	27,7	21,7	17,3	54,5	0,258	668	69,4
			10	23,7	18,6	15,2	62,1	0,214	739	58,5
			12	28,1	22,1	16,0	63,0	0,210	868	68,9
80/120	80	120	14	32,5	25,5	16,8	63,9	0,207	992	79,0
			16	36,8	28,9	17,6	64,7	0,204	1110	88,8
			8	15,5	12,2	18,7	38,3	0,441	261	45,8
			10	19,1	15,0	19,5	39,2	0,438	318	56,1
90/110	90	110	12	22,7	17,8	20,3	40,0	0,433	371	66,1
			14	26,2	20,5	21,0	40,8	0,429	421	75,8
			9	17,3	13,6	23,2	33,0	0,652	204	62,2
			11	20,9	16,4	24,0	33,8	0,650	315	74,3
90/130	90	130	13	24,5	19,2	24,8	34,6	0,648	362	86,0
			10	21,2	16,6	21,8	41,5	0,472	420	78,5
			12	25,1	19,7	22,6	42,4	0,468	492	92,6
90/150	90	150	14	29,0	22,8	23,4	43,2	0,465	560	106
			10	23,0	18,2	20,3	49,9	0,363	591	87,3
			12	27,5	21,6	21,1	50,8	0,360	694	102
90/250	90	250	14	31,8	25,0	21,9	51,6	0,357	792	118
			10	33,2	26,0	15,7	94,9	0,156	2220	113
			12	39,5	31,0	16,5	95,9	0,154	2630	133
			14	45,8	36,0	17,4	96,8	0,152	3020	152
100/150	100	150	16	52,0	40,8	18,2	97,7	0,150	3400	172
			10	24,2	19,0	23,4	48,0	0,442	637	112
			12	28,7	22,6	24,2	48,9	0,439	749	132
			14	33,2	26,1	25,0	49,7	0,435	856	152
100/200	100	200	10	29,2	23,0	20,1	69,3	0,266	1300	133
			12	34,8	27,3	21,0	70,3	0,264	1530	158
			14	40,3	31,6	21,8	71,2	0,262	1760	181
			16	45,7	35,9	22,6	72,0	0,259	1970	204
			18	51,0	40,0	23,4	72,9	0,256	2180	227



3. Doppel-T-Eisen.

Größte Längen 14 ÷ 20 m.

Profil	Höhe h mm	Breite b mm	Steg- stärke d mm	Flansch- stärke f mm	Quer- schnitt qcm	Ge- wicht kg/m	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴	W_y cm ³	W_x cm ³
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	6,3	77,7	2,99	19,4
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	12,2	170	4,86	34,1
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	21,4	327	7,38	54,5
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	35,2	572	10,7	81,7
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	54,5	933	14,7	117
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	81,3	1444	19,8	161
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,2	117	2139	25,9	214
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,0	163	3055	33,3	278
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	220	4239	41,6	353
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,8	287	5735	50,6	441
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,9	363	7575	60,8	541
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,2	449	9785	71,9	652
32	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	554	12493	84,6	781
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,1	672	15670	98,1	922
36	360	143	13,0	19,5	97,0	76,2	817	19576	114	1088
38	380	149	13,7	20,5	107	84,0	972	23978	131	1262
40	400	155	14,4	21,6	118	92,6	1160	29173	150	1459
42½	425	163	15,3	23,0	132	104	1433	36956	176	1739
45	450	170	16,2	24,3	147	115	1722	45888	203	2040
47½	475	178	17,1	25,6	163	128	2084	56410	234	2375
50	500	185	18,0	27,0	179	141	2470	68736	267	2750
55	550	200	19,0	30,0	212	166	3486	99054	349	3602
60	600	215	21,6	32,4	254	199	4668	138957	434	4632

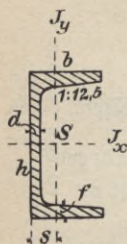


Fig. 27.

4. U-Eisen.

Größte Längen 12 ÷ 16 m.

Profil	Höhe h mm	Breite b mm	Stegstärke d mm	Flanschstärke f mm	Querschnitt qcm	Gewicht kg/m	Schwerpunktsabstand s mm	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴	W_x cm ³
3	30	33	5	7	5,44	4,27	13,1	5,33	6,39	4,3
4	40	35	5	7	6,21	4,88	13,3	6,68	14,1	7,1
5	50	38	5	7	7,12	5,59	13,7	9,12	26,4	10,6
6½	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	14,2	14,1	57,5	17,7
8	80	45	6	8	11,0	8,66	14,5	19,4	106	26,5
10	100	50	6	8,5	13,5	10,6	15,5	29,3	206	41,1
12	120	55	7	9	17,0	13,3	16,0	43,2	364	60,7
14	140	60	7	10	20,4	16,0	17,5	62,7	605	86,4
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	18,4	85,3	925	116
18	180	70	8	11	28,0	22,0	19,2	114	1354	150
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	20,1	148	1911	191
22	220	80	9	12,5	37,4	29,4	21,4	197	2690	245
24	240	85	9,5	13	42,3	33,2	22,3	248	3598	300
26	260	90	10	14	48,3	37,9	23,6	317	4823	371
28	280	95	10	15	53,3	41,8	25,3	399	6276	450
30	300	100	10	16	58,8	46,2	27,0	495	8026	535
32	320	100	14	17,5	75,8	59,5	26,0	597	10870	679
35	350	100	14	16	77,3	60,6	24,0	570	12840	734
38	380	102	13,34	16	79,7	62,6	23,5	613	15730	826
40	400	110	14	18	91,5	71,8	26,5	846	20350	1020

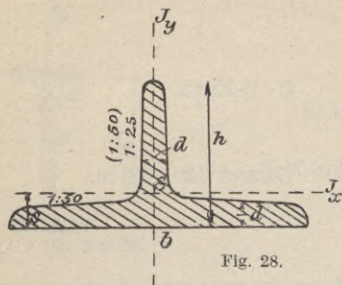


Fig. 28.

5. T-Eisen.

Größte Längen

12 ÷ 16 m.

Profil	Breite b mm	Höhe h mm	Stärke d mm	Quer- schnitt qcm	Ge- wicht kg/m	Schwer- punkts- abstand s mm	J_x cm ⁴	J_y cm ⁴
--------	---------------------	-------------------	---------------------	-------------------------	----------------------	---	--------------------------	--------------------------

Breitfüßige Eisen $h : b = 1 : 2$

6/3	60	30	5,5	4,64	3,64	6,7	2,58	8,62
7/3½	70	35	6	5,94	4,66	7,7	4,49	15,1
8/4	80	40	7	7,91	6,21	8,8	7,81	28,5
9/4½	90	45	8	10,2	7,98	10,0	12,7	46,1
10/5	100	50	8,5	12,0	9,42	10,9	18,7	67,7
12/6	120	60	10	17,0	13,3	13,0	38,0	137
14/7	140	70	11,5	22,8	17,9	15,1	68,9	258
16/8	160	80	13	29,5	23,2	17,2	117	422
18/9	180	90	14,5	37,0	29,0	19,3	185	670
20/10	200	100	16	45,4	35,6	21,4	277	1000

Hochstegige Eisen $h : b = 1 : 1$

1½/1½	15	15	3	0,82	0,65	4,6	0,15	0,08
2/2	20	20	3	1,12	0,88	5,8	0,38	0,20
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,29	7,3	0,87	0,43
3/3	30	30	4	2,26	1,77	8,5	1,72	0,87
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,33	9,9	3,10	1,57
4/4	40	40	5	3,77	2,96	11,2	5,28	2,58
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,66	12,6	8,13	4,01
5/5	50	50	6	5,66	4,45	13,9	12,1	6,06
6/6	60	60	7	7,94	6,23	16,6	23,8	12,2
7/7	70	70	8	10,6	8,32	19,4	44,5	22,1
8/8	80	80	9	13,6	10,7	22,2	73,7	37,0
9/9	90	90	10	17,1	13,4	24,8	119	58,5
10/10	100	100	11	20,9	16,4	27,4	179	88,3
12/12	120	120	13	29,6	23,2	32,8	366	178
14/14	140	140	15	39,9	31,3	38,0	660	330
16/16	160	160	15	45,8	35,9	42,0	1010	490
18/18	180	180	18	61,7	48,5	48,0	1720	857

6. Z-Eisen.
Größte Längen
12 ÷ 16 m.

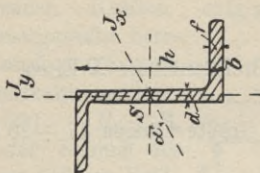


Fig. 29.

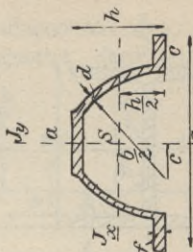


Fig. 30.

Profil	Höhe h mm	Breite b mm	Steg- stärke d mm	Flansch- stärke f mm	Quer- schnitt qcm	Ge- wicht kg/m	tg α	J_x (max) cm ⁴	J_y (min) cm ⁴
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39	1,655	18,1	1,54
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26	1,181	28,0	3,05
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31	0,939	44,9	5,23
6	60	45	5	6	7,91	6,21	0,779	67,2	7,60
8	80	50	6	7	11,1	8,73	0,588	142	14,7
10	100	55	6,5	8	14,5	11,4	0,492	270	24,6
12	120	60	7	9	18,2	14,3	0,433	470	37,7
14	140	65	8	10	22,9	18,0	0,385	768	56,4
16	160	70	8,5	11	27,5	21,6	0,357	1184	79,5
18	180	75	9,5	12	33,3	26,1	0,329	1759	110
20	200	80	10	13	38,7	30,4	0,313	2509	147

7. Belag-Eisen.

Größte Längen 12 ÷ 16 m.

Profil	Höhe h mm	Breite a mm	Breite b mm	Breite c mm	Steg- stärke d mm	Stär- ke f mm	Quer- schnitt qcm	Ge- wicht kg/m	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴	W_x cm ³
43	43	30	110	15	3	3,5	5,01	3,93	55,6	12,1	5,21
60	60	38	140	24	3,5	6	9,34	7,33	164	47,2	15,8
75	75	45,5	170	28,5	4	7	13,2	10,4	347	105	27,9
90	90	53	200	33	4,5	8	17,9	14,1	651	206	45,8
110	110	63	240	39	5	9	24,1	18,9	1272	421	76,5

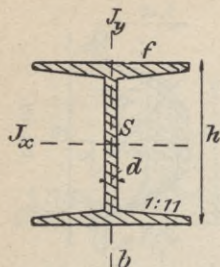


Fig. 31.

8. Breitflanschige I-Eisen.

Größte Längen 17 ÷ 20 m.

Profil	Höhe h mm	Breite b mm	Steg- stärke d mm	Flansch- stärke f mm	Quer- schnitt qcm	Gewicht kg/m	J_y cm ⁴	J_x cm ⁴	W_y cm ³	W_x cm ³
16	160	160	9	14	58,4	45,8	958	2630	120	329
18	180	180	9	14	65,8	51,6	1360	3830	151	426
20	200	200	10	16	82,7	64,9	2140	5950	214	595
22	220	220	10	16	91,1	71,5	2840	8050	258	732
24	240	240	11	18	111	87,4	4150	11690	346	974
26	260	260	11	18	121	94,8	5280	15050	406	1160
28	280	280	12	20	144	113	7320	20720	523	1480
30	300	300	12	20	154	121	9010	25760	600	1720
32	320	300	13	22	171	135	9910	32250	661	2020
34	340	300	13	22	174	137	9910	36940	661	2170
36	360	300	14	24	192	150	10810	45120	721	2510
38	380	300	14	24	194	153	10810	50950	721	2680
40	400	300	14	26	209	164	11710	60640	781	3030
42 1/2	425	300	14	26	212	166	11710	69480	781	3270
45	450	300	15	28	232	182	12620	84220	841	3740
47 1/2	475	300	15	28	235	185	12620	95120	841	4010
50	500	300	16	30	255	200	13530	113200	902	4530
55	550	300	16	30	263	207	13530	140300	902	5100
60	600	300	17	32	289	227	14440	180800	962	6030
65	650	300	17	32	297	234	14440	216800	962	6670
70	700	300	18	34	324	254	15350	270300	1020	7720
75	750	300	18	34	333	261	15350	316300	1020	8430
80	800	300	18	34	342	268	15350	366400	1020	9160

§ 9. Biegung.

Fig. 32 zeigt einen Balken, welcher durch die Kräfte P_1 und P_2 auf Biegung beansprucht wird. P_1 und P_2 erzeugen

in den beiden Auflagern sog. Auflagerreaktionen, welche den beiden Kräften entgegengesetzt gerichtet sind. Soll Gleichgewicht herrschen, muß die Summe der Lagerreaktionen (Gegendrücke) $R_1 + R_2$ gleich der Summe der gegebenen äußeren Kräfte sein. Es besteht mit-

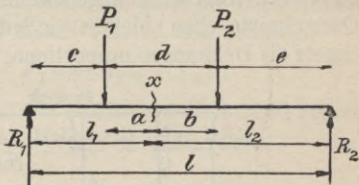


Fig. 32.

$$R_1 + R_2 = P_1 + P_2.$$

Andererseits muß für einen Gleichgewichtszustand die algebraische Summe der statischen Momente für einen beliebigen Drehpunkt gleich 0 sein, also

$$\Sigma(M) = 0.$$

Beide Gleichungen benutzt man zur Berechnung der Lagerreaktionen R_1 und R_2 .

Um R_1 zu finden, nimmt man am zweckmäßigsten den Drehpunkt in R_2 an. Es ergibt sich dann nach obenstehender Figur die Gleichung

$$R_1 l - P_1 (d + e) - P_2 e = 0,$$

$$R_1 = \frac{P_1 (d + e) + P_2 e}{l}.$$

Analog kann R_2 berechnet werden unter der Annahme des Drehpunktes in R_1 ; andererseits kann aber auch R_2 berechnet werden aus der Beziehung

$$R_1 + R_2 = P_1 + P_2,$$

$$R_2 = P_1 + P_2 - R_1.$$

Bei der Biegung eines Balkens tritt auf der den äußeren Kräften P_1 und P_2 zugewandten Seite Druck, auf der anderen Seite dagegen Zug ein (Fig. 33). In der „neutralen Achse“ 0, welche bei symmetrischen Querschnitten mit der Schwer-

punktsachse zusammenfällt, ist weder Zug noch Druck vorhanden; die neutrale Faser behält also ihre ursprüngliche Länge bei. Hierbei ist angenommen, daß bei der Biegung die Querschnitte eben bleiben, indem nach dem Hookeschen Gesetz die Dehnungen proportional den Spannungen wachsen.

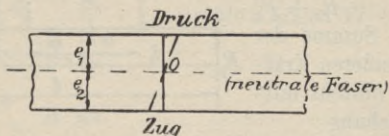


Fig 33.

Wie aus obenstehender Figur zu ersehen ist, dreht sich also jeder Querschnitt um eine Achse O , die in der Querschnittsebene liegt. Das Trägheitsmoment bezogen auf eine solche Achse heißt „äquatoriales Moment“. Bei Beton, Zement, Gußeisen usw. ($\varepsilon = \alpha \sigma^n$) liegt die Nulllinie tiefer, und die Spannungen verteilen sich nicht geradlinig.

Die Berechnung eines beliebigen Querschnittes x erfolgt nach der Formel

$$M_{bx} = Wk_b,$$

worin $W = \frac{J}{e}$ das Widerstandsmoment bedeutet.

J ist das Trägheitsmoment bezogen auf die Drehachse des Querschnittes,

e ist der Abstand der äußersten Faser von der Nulllinie.

Es ist also das erforderliche Widerstandsmoment

$$W = \frac{M_{bx}}{k_b}.$$

Der Wert für W enthält die Dimensionen.

Die Spannungsberechnung geschieht nach der Formel

$$\sigma_b = \frac{M_{bx}}{W}.$$

Es muß sein $\sigma_b \leq k_b$.

Das Biegemoment M_{bx} ist die algebraische Summe aller statischen Momente auf der einen Seite des betreffenden Querschnittes bezogen auf diesen. Es ist also (Fig. 32)

$$M_{bx} = R_1 l_1 - P_1 a = R_2 l_2 - P_2 b.$$

M_b ist positiv, wenn es für den linken Balkenteil rechts dreht bzw. für den rechten Balkenteil links dreht.

Tabelle einiger Biegebeanspruchungen.

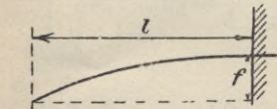
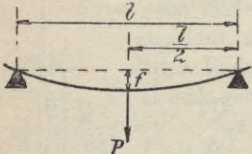
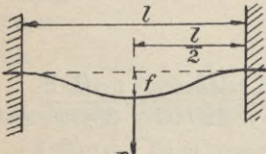
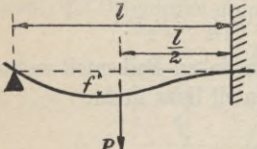
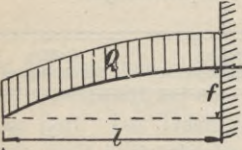
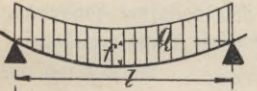
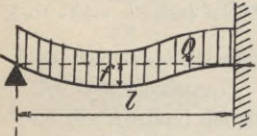
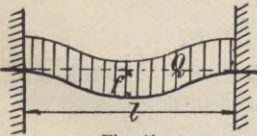
Art der Belastung	Größtes Biegemoment	Größte Durchbiegung
 <p data-bbox="221 899 308 927">Fig. 34.</p>	$M_{b_{\max}} = Pl$	$f = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot J \cdot E}$
 <p data-bbox="218 1192 308 1219">Fig. 35.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Pl}{4}$	$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot J \cdot E}$
 <p data-bbox="215 1495 308 1523">Fig. 36.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Pl}{8}$	$f = \frac{P \cdot l^3}{192 \cdot J \cdot E}$

Tabelle einiger Biegungsbeanspruchungen. (Fortsetzung.)

Art der Belastung	Größtes Biegemoment	Größte Durchbiegung
 <p data-bbox="211 516 298 548">Fig. 37.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{3}{16} Pl$	$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot J \cdot E} \cdot \sqrt{\frac{1}{5}}$
 <p data-bbox="215 784 302 816">Fig. 38.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Ql}{2}$	$f = \frac{Q \cdot l^3}{8 \cdot J \cdot E}$
 <p data-bbox="215 987 302 1019">Fig. 39.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Ql}{8}$	$f = \frac{Q \cdot l^3 \cdot 5}{384 \cdot J \cdot E}$
 <p data-bbox="215 1239 302 1271">Fig. 40.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Ql}{8}$	$f = \frac{Q \cdot l^3}{185 \cdot J \cdot E}$
 <p data-bbox="215 1474 302 1507">Fig. 41.</p>	$M_{b_{\max}} = \frac{Ql}{12}$	$f = \frac{Q \cdot l^3}{384 \cdot J \cdot E}$

§ 10. Knickung.

Gedrückte Stäbe, deren Länge im Vergleich zu den Querschnittsabmessungen groß ist, sind auf Knickbeanspruchung zu berechnen. Zur Dimensionierung dienen:

a) die Eulerschen Formeln:

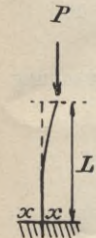


Fig. 42.

Fall 1:
Ein Ende eingespannt, das andere frei.

$$P_k = \frac{1}{4} \frac{\pi^2 J E}{s L^2}$$



Fig. 43.

Fall 2:
Beide Enden frei, aber z.B. durch Gelenke gehalten.

$$P_k = \frac{\pi^2 J E}{s L^2}$$



Fig. 44.

Fall 3:
Ein Ende eingespannt, das andere z. B. durch ein Gelenk gehalten.

$$P_k = 2 \frac{\pi^2 J E}{s L^2}$$



Fig. 45.

Fall 4:
Beide Enden eingespannt.

$$P_k = 4 \frac{\pi^2 J E}{s L^2}$$

In diesen Formeln ist J das kleinste äquatoriale Trägheitsmoment des gefährlichen Querschnittes x .

Außer der Berechnung auf Knickung ist stets noch diejenige auf Druck vorzunehmen.

Fall 2 ist der wichtigste; es beträgt für den Hochbau

Material	Zulässige Druckbeanspruchung k	Elastizitätsmodul E	Sicherheitsgrad s
Schweißeisen	750	2 000 000	5
Flußeisen	875	2 150 000	5
Flußstahl	1250	2 200 000	5
Gußeisen	500	1 000 000	8
Kiefernholz	60	120 000	10

b) Die Tetmajersche Formel, wenn die Knickspannung

$$\sigma_k = \frac{P_k}{F} \text{ größer als die Streckgrenze } \sigma_s \text{ ist.}$$

In diesem Fall ist die Bruchspannung

$$\sigma_k = A \cdot (1 - ax + bx^2) = \frac{P_k}{F}$$

$$x = \frac{l}{i} = \frac{\text{Stablänge in cm}}{\text{Trägheitsradius in cm.}}$$

Material	Werte für Spitzenlagerung			x
	A	a	b	
Gußeisen	7760	0,01546	0,00007	5 ÷ 80
Schweißeisen	3030	0,00426	0	10 ÷ 112
Flußeisen	3100	0,00368	0	10 ÷ 105
Flußstahl	3350	0,00185	0	÷ 90
Holz	293	0,00662	0	1,8 ÷ 100

§ 11. Verdrehung.

Wenn ein Stab auf Verdrehung beansprucht wird, findet eine Verschiebung der benachbarten Querschnitte gegeneinander statt, indem sich jeder einzelne Querschnitt um eine Achse dreht, die senkrecht zu seiner Ebene steht.

Das Trägheitsmoment einer Fläche bezogen auf eine Achse senkrecht zu ihr heißt „polares Trägheitsmoment“ J_p .

Es besteht die Beziehung

$$M_t = W_t k_t,$$

wobei

$$M = P r = 71\,620 \frac{N}{n}$$

ist.

P = Kraft in kg,




r = Hebelarm von P in cm,

N = Leistung in PS oder in $\frac{\text{kW}}{0,736}$

n = Drehzahl pro Minute.

Für kreisförmige und kreisähnliche Querschnitte ist

$$W_t = \frac{J_p}{e} = \frac{J_x + J_y}{e} \quad (\text{s. „Trägheitsmomente“}).$$

Querschnitt	Zulässiges Drehmoment M_t	Lage der maximalen Spannung τ_{\max}
	$\frac{\pi}{16} d^3 k_t$	im Umfang
	$\frac{\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D} k_t \approx 1,6 d_m^2 \delta k_t$	im äußeren Umfang
	$\frac{\pi}{16} b^2 h k_t; (h > b)$	in den Endpunkten der kleinen Achse b

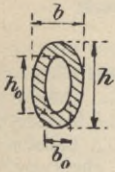

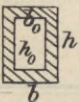



Querschnitt	Zulässiges Drehmoment M_t	Lage der maximalen Spannung τ_{\max}
	$\frac{\pi}{16} \frac{b^3 h - b_0^3 h_0}{b} k_t; \quad (h > b)$ $h_0 : h = b_0 : b$	in den Endpunkten der kleinen Achse b
	$\frac{2}{9} b^2 h k_t$	in den Mitten der Seite h (in den Ecken ist $\tau = 0$)
	$\frac{2}{9} \frac{b^3 h - b_0^3 h_0}{b} k_t$	in den Mitten der Seite h (in den Ecken ist $\tau = 0$)
	$\frac{2}{9} h^3 k_t$	in den Mitten der Seite h (in den Ecken ist $\tau = 0$)
	$\frac{b^3}{20} k_t$	
	$\frac{b^3}{1,09} k_t$	

Fig. 46—54.

§ 12. Zusammengesetzte Festigkeit.

Als technisch wichtigster Fall der „zusammengesetzten Festigkeit“ kommt die gleichzeitige Beanspruchung einer Konstruktion auf Biegung und Drehung in Betracht (z. B. bei Wellen).

Bei dieser Beanspruchung treten Biegungs- und Drehmomente auf, welche sich zu einem ideellen Biegemoment M_i zusammensetzen. Dieses geschieht nach der Formel

$$M_i = \frac{3}{8} M_b + \frac{5}{8} \sqrt{M_b^2 + (\alpha_0 M_t)^2} \text{ cm kg,}$$

wobei

$$\alpha_0 = \frac{k_b}{1,3 k_t}$$

ist.

Das erforderliche Widerstandsmoment, d. h. die Dimensionen berechnen sich dann nach der Gleichung

$$W = \frac{M_i}{k_b}.$$

Die größte ideelle Hauptspannung ergibt sich nach der Formel

$$\sigma_{i \min}^{\max} = 0,35 \sigma \pm 0,65 \sqrt{\sigma^2 + 4\alpha_0^2 \tau^2},$$

worin σ und τ die zugehörigen Werte sind, für welche σ_i am größten wird.

§ 13. Federn.

Es bedeute

P die zulässige Belastung in kg,


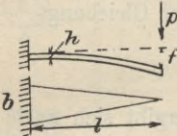
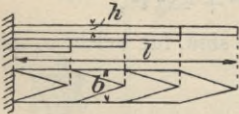
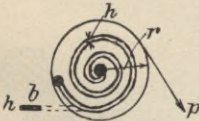
$A = \frac{Pf}{2}$ die Federungsarbeit,

l die Länge der ausgestreckten Feder in cm,

f die Durchbiegung in cm,

n die Anzahl der Windungen bzw. Blätter,
 G das Schubelastizitätsmaß in kg/qcm,

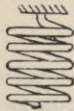
$$G = \frac{m}{2(m+1)} E; \text{ (über Bedeutung von } E \text{ und } m \text{ siehe „Zug und Druck“).}$$

Art der Feder	Zulässige Belastung P kg	Durchbiegung f cm
	$\frac{k_b}{6} \frac{b h^2}{l}$	$\frac{4 l^3 P}{b h^3 E} = \frac{2}{3} \frac{l^2 k_b}{h E}$
	$\frac{k_b}{6} \frac{b h^2}{l}$	$\frac{6 l^3 P}{b h^3 E} = \frac{l^2 k_b}{h E}$
	$n \frac{b_b}{6} \frac{b h^2}{l}$	$\frac{6 l^3 P}{n b h^3 E} = \frac{l^2 k_b}{h E}$
	$\frac{k_b}{6} \frac{b h^2}{r}$	$12 \frac{l r^2 P}{b h^3 E} = 2 \frac{r l k_b}{h E}$

Art der Feder

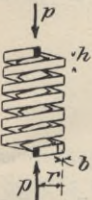
Zulässige
Belastung
 P kg

Durchbiegung f cm



$$\frac{\pi d^3}{16} \frac{k_t}{r}$$

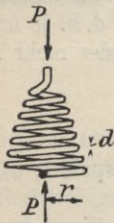
$$\frac{64 n r^3}{d^4} \frac{P}{G} = \frac{4 \pi n r^2}{d} \frac{k_t}{G}$$



$$\frac{2}{9} b^2 h \frac{k_t}{r}$$

$$7,2 \pi n r^3 \frac{b^2 + h^2}{b^3 h^3} \frac{P}{G}$$

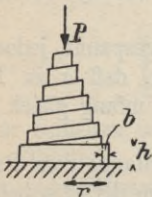
$$= 1,6 \pi n r^2 \frac{b^2 + h^2}{b h^2} \frac{k_t}{G}$$



$$\frac{\pi d^3}{16} \frac{k_t}{r}$$

$$\frac{16 r^2 l}{\pi d^4} \frac{P}{G} = \frac{r l}{d} \frac{k_t}{G}$$

$$= 16 n \frac{r^3}{d^4} \frac{P}{G} = \pi n \frac{r^2}{d} \frac{k_t}{G}$$



$$\frac{2}{9} \frac{b^2 h}{r} k_t$$

$$1,8 r^2 l \frac{b^2 + h^2}{b^3 \cdot h^3} \frac{P}{G}$$

$$= 0,4 r l \frac{b^2 + h^2}{b h^2} \frac{k_t}{G}$$

$$= 1,8 \pi n r^3 \frac{b^2 + h^2}{b^3 \cdot h^3} \frac{P}{G}$$

$$= 0,4 \pi n r^2 \frac{b^2 + h^2}{b h^2} \frac{k_t}{G}$$

Fig. 55—62.

§ 14. Festigkeit von Platten.

Bezeichnet man mit

δ die Plattenstärke in cm,

f die Durchbiegung in der Mitte in cm,

E den Elastizitätsmodul,

k_b die zulässige Biegebungsbeanspruchung in kg/qcm,

dann lassen sich folgende Beziehungen für die Stärke und die Durchbiegung von Platten aufstellen.

1. Kreisförmige Platte, welche im Umfange vom Radius r aufgelagert ist und durch einen Flüssigkeitsdruck von p kg/qcm gleichmäßig belastet wird.

Es bestehen die Gleichungen

$$\delta = r \sqrt{\varphi \frac{p}{k_b}},$$

$$f = \psi \frac{r^4 p}{\delta^3 E}.$$

Die Koeffizienten φ und ψ richten sich in ihrer Größe nach dem Zustande der Auflagerung der Platte, d. h. je nachdem diese sich dem freien Aufliegen weniger oder mehr nähert.

Es beträgt

für Gußeisen $\varphi = 0,80 \div 1,20$,

$\psi = 0,17 \div 0,60$;

für Flußeisen $\varphi = 0,45 \div 0,50$ Platte eingespannt; σ_{\max} am Umfang,

$\varphi = 0,67 \div 0,75$ Platte frei aufliegend; σ_{\max} in Mitte,

$\varphi = 0,33 \div 0,38$ Platte eingespannt, jedoch so nachgiebig, daß σ in Mitte und am Umfang gleich groß ist.

2. Kreisförmige Platte, welche im Umfange vom Radius r_2 frei aufliegt und in der Mitte durch eine Kraft p belastet wird, die sich auf eine Fläche $r_1^2 \pi$ gleichmäßig verteilt.

Es berechnet sich

$$\delta = \sqrt{\frac{3}{\pi} \varphi \left(1 - \frac{2}{3} \frac{r_1}{r_2}\right) \frac{p}{k_b}},$$

$$f = \psi \frac{r_2^2}{\delta^3} \frac{p}{E}.$$

Für Gußeisen ist $\varphi = 1,5$
 $\psi = 0,4 \div 0,5$.

3. Kreisförmige Platte, welche im Umfange vom Radius r_2 eingespannt ist. Die Belastung sei dieselbe wie bei 2.

Dann ist

$$\delta = \sqrt{\frac{1,365}{\pi} \frac{p}{k_b} \ln \frac{r_2}{r_1}},$$

$$f = \frac{0,682}{\pi} \frac{r_2^2}{\delta^3} \frac{p}{E}.$$

4. Rechteckige Platte, welche in einem Umfange von der großen Seite a und der kleinen b aufliegt und durch den Flüssigkeitsdruck p kg/qcm gleichmäßig belastet wird.

$$\delta = \frac{b}{2} \sqrt{\varphi \frac{2p}{k_b \left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right)}}.$$

Es ist für Gußeisen $\varphi = 0,75 \div 1,13$,
 Flußeisen $\varphi = 0,56 \div 1,13$.

5. Rechteckige Platte wie unter 4., frei aufliegend und in der Mitte durch eine Kraft p kg belastet.

$$\delta = \sqrt{1,5 \varphi \frac{p}{k_b} \frac{b}{a \left(1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2\right)}}.$$

Für Gußeisen ist $\varphi = 1,75 \div 2,0$.

6. Elliptische Platte, welche am Umfange aufliegt und durch einen Flüssigkeitsdruck p kg/qcm gleichmäßig belastet wird.

Setzt man die große Halbachse gleich a und die kleine Halbachse gleich b , so ist

$$\delta = \sqrt{\varphi \frac{b^2}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2} \frac{2p}{k_b}}.$$

Für Gußeisen ist $\varphi = 0,67 \div 1,13$.

7. Elliptische Platte, im Umfange frei aufliegend und in der Mitte durch eine Kraft p kg belastet.

Wird wieder die große und kleine Halbachse mit a bzw. b bezeichnet, so ist

$$\delta = \sqrt{\frac{8}{5\pi} \cdot \varphi \cdot \frac{8 + 4\left(\frac{b}{a}\right)^2 + 3\left(\frac{b}{a}\right)^4}{3 + 2\left(\frac{b}{a}\right)^2 + 3\left(\frac{b}{a}\right)^4} \cdot \left(\frac{b}{a}\right) \cdot \left(\frac{p}{k_b}\right)}.$$

Für Gußeisen ist $\varphi = 1,50 \div 1,67$.

§ 15. Festigkeit von Gefäßen.

Es sei

r_i der innere Radius in cm,

r_a der äußere Radius in cm,

δ die Wandstärke in cm,

k die zulässige Druckbeanspruchung in kg/qcm,

k_z die zulässige Zugbeanspruchung in kg/qcm.

1. Zylindrisches Gefäß mit dem inneren Überdruck p kg/qcm.

Die größte Beanspruchung tritt an der Innenfläche in Richtung des Umfanges auf. Der äußere Radius berechnet sich nach der Formel

$$r_a = r_i \sqrt{\frac{k_z + 0,4p}{k_z - 1,3p}}.$$

Die Wandstärke ist $\delta = r_a - r_i$.

Ist δ im Vergleich zu r_i nur gering, so kann man die Wandstärke mit hinreichender Genauigkeit aus der Gleichung

$$\delta = r_i \frac{p}{k_z}$$

berechnen.

Für Gußeisen ist $k_z = 300 \text{ kg/qcm}$.

Für Stahlguß ist $k_z = 1000 \div 1900 \text{ kg/qcm}$.

2. Zylindrisches Gefäß mit dem äußeren Überdruck $p \text{ kg/qcm}$.

Wenn eine Einknickungsgefahr nicht vorliegt, so ist

$$r_a = r_i \sqrt{\frac{k}{k - 1,7 p}}$$

Für kleines δ ist angenähert

$$\delta = r_a \frac{p}{k}$$

(Über Berechnung von Dampfkesselwandungen siehe „Dampfkessel“.)

3. Kugelförmiges Gefäß mit dem inneren Überdruck $p \text{ kg/qcm}$.

Die größte Zugspannung herrscht an der Innenfläche. Es ist

$$r_a = r_i \sqrt[3]{\frac{k_z + 0,4 p}{k_z - 0,65 p}}$$

Wenn δ im Vergleich zu r_a klein ist, so gilt angenähert

$$\delta = \frac{1}{2} r_i \frac{p}{k_z}$$

4. Kugelförmiges Gefäß mit dem äußeren Überdruck $p \text{ kg/qcm}$.

Wenn eine Einknickungsgefahr nicht vorliegt, so ist

$$r_a = r_i \sqrt[3]{\frac{k}{k - 1,05 p}}$$

Für kleines δ ist angenähert

$$\delta = \frac{1}{2} r_a \frac{p}{k} .$$

§ 16. Belastungsannahmen und Eigengewichte für Hochbau.

1. Eigengewichte der Bau-, Füll- und Lagerstoffe.

Stoff	kg/cbm	Stoff	kg/cbm
a) Füllstoffe in geschüttetem Zustand		d) Mörtel.	
Erde, Sand, Lehm; naß	2100	Zementmörtel	2100
Erde, Sand, Lehm; trocken	1600	Kalkzementmörtel	1900
Kies; naß	2000	Kalkmörtel	1700
Kies; trocken	1700	Traßmörtel	2000
Kokasche	750	Gips; gegossen	1000
Kesselschlacke	1000	e) Beton.	
Hochfenschlacke je nach Korngröße	1000 ÷ 1400	Kies, Granitschotter	2200
Bimssteinsand	700	Ziegelschotter	1800
b) Werkstücke und Mauerwerk aus natürlichen Steinen.		Kohlenschlacke und Sand	1600
Granit, Syenit, Porphyr.	2800	Bims Kies und Sand	1600
Basalt	3000	Hochfenschlacke	2200
Basaltlava je nach Dichtigkeit	1800 ÷ 2800	f) Bauhölzer.	
Marmor	2700	Kiefer (Föhre)	700
Kalksteine je nach Dichtigkeit	2000 ÷ 2500	Fichte (Rottanne)	600
Sandsteine je nach Art	2400 ÷ 2700	Tanne (Weißtanne)	600
Tuffstein	2000	Lärche	650
Bimsstein	1400	Pitchpine (Pechkiefer)...	900
c) Mauerwerk aus künstlichen Steinen.		Eiche	900
Klinker	1900	Buche	800
Ziegel	1800	Australische Harthölzer .	1100
Lochziegel	1300	g) Metalle usw.	
Schwemmsteine	1000	Gußeisen	7200
Korksteine	600	Schweißstahl	7800
Kalksandsteine	1800	Flußstahl	7850
Kunstsandsteine	2100	Gußstahl	7860
		Blei	11400
		Kupfer	8900
		Bronze	8600
		Zink; gewalzt	7200
		Zinn	7400
		Messing	8600
		Fensterglas	2500

Stoff	kg/cbm	Stoff	kg/cbm
h) Lagerstoffe.		Stroh	75
Braunkohle	750	Weizen	760
Holz in Scheiten	400	k) Verschiedene Lagerstoffe.	
Steinkohle	900	Aktengerüste und Schränke	500
Gaskoks	450	Asche	900
Preßkohlen	1000	Baumwolle	300 ÷ 600
i) Feld- und Gartenfrüchte.		Hausmüll	660
Gerste	690	Kaffee	700
Gras und Klee	350	Mehl	500
Hafer	550	Papier	1100
Heu je nach Pressung...	70 ÷ 280	Salz	1250
Kartoffeln	750	Torfstreu	230
Malz	530	Wolle	1300
Obst	350	Zement je nach Rüttelung	1400 ÷ 2000
Roggen	680	Zucker	750
Rüben	650		

2. Nutzlasten der Zwischendecken.

Nutzlast	kg/qm
Für Wohn- und kleine Dienstgebäude	200 ÷ 250
Für größere Geschäftshäuser, Versammlungsräume, Theater, Fabriken, Büchereien	500
Für Decken unter Durchfahrten oder Höfen .	800
Für Dachbodenräume	125
Für Treppen je nach Bauart	350 ÷ 500
Für Menschengedränge	400

3. Eigengewichte von Dächern für 1 qm geneigte Fläche. (Sparrenentfernung 1 m; Sparrenstärke 13 · 16 cm; Lattenstärke 4 · 6 cm.)

Dachart	kg/qm
Einfaches Biberschwanzdach	75
Biberschwanzdoppeldach	95
Kronendach	105
Pfannendach	80
Deutsches Schieferdach aus 2 cm Schalung	65

Dachart	kg/qm
Falzziegeldach.....	65
Zinkdach auf 2,5 cm Schalung	40
Teerpappdach auf 2,5 cm Schalung	35
Wellblechdach auf Winkeleisen 2 m freitragend bei 2 m Abstand L-Pfetten	25
Holzzementdach mit 3,5 cm Schalung und 13 · 18cm starken Sparren	180
Glasdach mit 4 mm Glas auf Sprosseneisen mit 0,45 m Abstand	20
desgl. 5 mm Glas mit 0,55 m Sprossenabstand.....	25
desgl. 6 mm Glas mit 0,55 m Sprossenabstand.....	30

4. Belastung der Dächer durch Schnee und Wind. Schneelast 75 kg/qm Dachgrundfläche. Bei 40° Dachneigung beträgt die Schneelast 55 kg/qm; bei über 45° Dachneigung kann sie vernachlässigt werden.

Winddruck:

Wandteile bis 15 m Höhe	100 kg/qm
Wandteile mit 15 ÷ 25 m Höhe .	125 „
Dächer bis 25 m Höhe	125 „
Wandteile und Dächer über 25 m Höhe	150 „
Masten und Holzgerüste	150 „
Freistehende Gebäude	bis 250 „

5. Gesamtbelastung der Dächer (Eigengewicht, Schnee und Wind) für 1 qm Grundfläche.

Dachart	Neigung	kg/qm
Glasdach	10 ÷ 25°	125 ÷ 150
Schieferdach	25 ÷ 45°	150 ÷ 250
Ziegeldach	30 ÷ 45°	250 ÷ 300
Holzzementdach	—	275
Mansardendach (mit Schiefer oder Ziegel).	45 ÷ 70°	300 ÷ 700

6. Zulässige Belastungen von Mauerfundamenten.

Bodenart	Zulässige Belastung kg/qem
Fels, Urgestein	20 ÷ 100
Weiches Gestein (Tuff, Sandstein, Kalk, Kreide) .	7 ÷ 20
Fest gelagerter Kies mit wenig bindigen Bestandteilen	5 ÷ 7
Scharfer Sand, fest gelagert	3 ÷ 5
Mittelfeiner Sand	2 ÷ 3
Schwimmsand	0 ÷ 2
Mergel	3 ÷ 4
Sandiger Lehm und fester Ton	2 ÷ 3
Lehm und Ton, feucht	0,5 ÷ 1,0
Aufgeschütteter Boden	0,5 ÷ 1,0
Mutterboden	0,5
Moor, Schlamm	0

7. Gewölbte Brücken.

Eigengewicht für

Straßenbrücken mit Beschotterung $g = 0,6 \text{ t/qm}$,Straßenbrücken mit Pflasterung $g = 1,0 \text{ t/qm}$,Eisenbahnbrücken $g = 1,1 \text{ t/qm}$.

Verkehrslasten für Straßenbrücken unter Annahme einer über die Brücke gleichmäßig verteilten Belastung:

schwere Wagen $p = (0,28 + 8,4 : l) \text{ t/qm}$,leichte Wagen $p = (0,37 + 1,7 : l) \text{ t/qm}$, $l = \text{Stützweite in m.}$

8. Eiserne Brücken.

Es bedeute l die Stützweite in m.

Bauart der Brücke	Eigengewicht g kg/qm
a) Straßenbrücken mit Balkenträgern:	
Landstraßenbrücken mit doppeltem Bohlenbelag:	
Fahrbahn Eisengewicht	$105 + 2,3 l + 0,02 l^2$

Bauart der Brücke	Eigengewicht g kg/qm
Bohlenbelag (160 mm stark)	110
Fußwege	60 + 2,3 l
Landstraßenbrücken mit Beschotterung:	
Eisengewicht (ausschl. Belageisen)	125 + 2,8 l + 0,025 l^2
Belageisen	65
Schotter	400
Fußwege	60 + 2,3 l
Stadtstraßenbrücken mit doppeltem Bohlenbelag:	
Eisengewicht	155 + 2,7 l + 0,021 l^2
Bohlenbelag (200 mm stark)	140
Fußwege	80 + 2,7 l
Stadtstraßenbrücken mit Beschotterung:	
Eisengewicht (ausschl. Belageisen)	170 + 3,2 l + 0,028 l^2
Belageisen	80
Schotter	480
Fußwege	80 + 2,7 l
Stadtstraßenbrücken mit Pflasterung:	
Eisengewicht (ausschl. Belageisen)	180 + 3,7 l + 0,029 l^2
Belageisen	80
Pflasterung	700
Fußwege	80 + 2,7 l
b) Straßenbrücken mit Bogenträgern (für Fußwege außerhalb Hauptträger ist das Gewicht besonders mitzurechnen):	
Landstraßenbrücken mit doppeltem Bohlenbelag:	
Fahrbahngerippe	63
Fahrbahn	170
Gesamtgewicht	250 + 1,9 l + 0,017 l^2
Landstraßenbrücken mit Beschotterung:	
Fahrbahngerippe	70
Fahrbahn	510
Gesamtgewicht	610 + 2,1 l + 0,022 l^2
Stadtstraßenbrücken mit Holzpflaster:	
Fahrbahngerippe	100
Fahrbahn	420
Gesamtgewicht	532 + 5,4 l + 0,01 l^2

Bauart der Brücke	Eigengewicht g kg/qm			
Stadtstraßenbrücken mit Beschotterung:				
Fahrbahngerippe				85
Fahrbahn				540
Gesamtgewicht				$655 + 2,1 l + 0,022 l^2$
Stadtstraßenbrücken mit Steinpflaster:				
Fahrbahngerippe				100
Fahrbahn				600
Gesamtgewicht				$712 + 6,0 l + 0,01 l^2$

	Hauptträgerabstand m	Gewicht			Gesamtgewicht kg/m
		Hauptträger mit Quer- und Windverband und Lagern kg/m	Fahrbahngerippe kg/m	Fahrbahn- tafel kg/m	
c) Eisenbahnbrücken, ein- gleisig, gerade, unt. Zugrunde- legung des 17 t-Zuges. (Für zwei- gleisige Brücken sind die Werte zu verdoppeln.)	1,8	240 + 54 l	—	640	880 + 54 l
	2,0		—	775	1015 + 54 l
Blechträger mit unmittlbarer Schwellenauflagerung ohne besondere Fußwege	3,0	270 + 44 l	380	595	1245 + 44 l
	3,3		430	630	1330 + 44 l
Blechträger mit versenkter Fahr- bahn und ausgekragtem Fuß- weg	3,7		520	660	1450 + 44 l
	4,8	540 + 27 l	600	680	1820 + 27 l
Fachwerkträger mit untenliegen- der Fahrbahn ($l = 20$ bis 40 m)	4,9		625	680	1845 + 27 l
	5,0		670	680	1890 + 27 l
	4,8	680 + 27 l	600	680	1960 + 27 l
Desgl. ($l = 40$ bis 80 m)	4,9		625	680	1985 + 27 l
	5,0		670	680	2030 + 27 l
	2,5	540 + 27 l	490	550	1580 + 27 l
Fachwerkträger mit obenliegender Fahrbahn und ausgekragten Fußwegen	3,5		580	550	1670 + 27 l
	3,3	270 + 49 l	670	2840	3780 + 49 l
Blechträger mit Schotterbett auf Buckelblechen ohne Koffer	3,7		840	3260	4370 + 49 l
	3,3	270 + 49 l	770	2680	3720 + 49 l
Desgl. mit Koffer	3,7		940	2820	4030 + 49 l
Blechträger mit Kiesbett über den Hauptträgern und $l/12$ Steh- blechhöhe		Gewichte für 1 m Brückenbreite			
		160 + 24 l	920	1080 + 24 l	

§ 17. Spez. Gewichte fester, flüssiger und gasförmiger Körper.

Das spez. Gewicht ist die Zahl, welche angibt, um wieviel schwerer der feste bzw. flüssige Körper ist als das gleiche

Volumen Wasser bei 4° C. Das spez. Gewicht der gas- (dampf-) förmigen Körper bezieht sich auf Luft bei 0° C und 760 mm Q.-S.-Barometerstand.

Das Raumbgewicht ist das Einheitsgewicht poröser Körper unter Nichtberücksichtigung der Hohlräume.

Feste Körper	(Raumbgewicht) Spez. Gewicht H ₂ O (4°) = 1	Feste Körper	(Raumbgewicht) Spez. Gewicht H ₂ O (4°) = 1
Aluminium	2,6	Holz	
Aluminiumbronze	7,7	(lufttrocken):	
Anthrazit	1,4 ÷ 1,7	Ahorn	0,53 ÷ 0,81
Antimon.....	6,7	Ceder	0,57
Aragonit	3,0	Eiche	0,69 ÷ 1,03
Asbest	2,1 ÷ 2,8	Fichte	0,35 ÷ 0,60
Asphalt	1,1 ÷ 1,5	Linde	0,32 ÷ 0,59
Basalt	2,7 ÷ 3,2	Pappel	0,39 ÷ 0,59
Baumwolle.....	1,47 ÷ 1,50	Pitchpine	0,83 ÷ 0,85
Bernstein	1,0 ÷ 1,1	Rotbuche	0,66 ÷ 0,83
Beton	1,80 ÷ 2,45	Kalk (gebrannt) .	0,9 ÷ 1,3
Bimsstein	0,37 ÷ 0,90	Kalkmörtel(mittel)	1,7
Blei	11,25 ÷ 11,37	Kalkstein	2,46 ÷ 2,84
Braunkohle	1,2 ÷ 1,5	Kautschuk	0,92 ÷ 0,96
Bronze	7,4 ÷ 8,9	Kies	1,8
Butter	0,94 ÷ 0,95	Kochsalz	2,15 ÷ 2,17
Chamottestein ...	1,85	Koks	1,4
Diamant.....	3,5 ÷ 3,6	Kork	0,24
Dolomit	2,9	Kreide	1,8 ÷ 2,6
Eis	0,88 ÷ 0,92	Kupfer	8,90 ÷ 8,95
Eisen	7,88	Linoleum	1,15 ÷ 1,30
Elfenbein	1,83 ÷ 1,92	Magneteisenstein .	4,9 ÷ 5,2
Erde (mager)	1,34	Manganerz (rot) .	3,46
Fette.....	0,92 ÷ 0,94	Messing	8,4 ÷ 8,7
Gips (gegossen) ..	0,97	Natrium.....	0,978
Glas (Fenster) ...	2,4 ÷ 2,6	Neusilber	8,4 ÷ 8,7
Glimmer	2,65 ÷ 3,20	Nickel	8,9 ÷ 9,2
Gold	19,33	Papier	0,7 ÷ 1,15
Granit.....	2,51 ÷ 3,05	Paraffin	0,87 ÷ 0,91
Graphit	1,9 ÷ 2,3	Pech	1,07 ÷ 1,1
Gußeisen	7,25	Phosphor (gelb) ..	1,82
Harz	1,07	Phosphorbronze .	8,8

Feste Körper	(Raumgewicht) Spez. Gewicht H ₂ O (4°) = 1	Feste Körper	(Raumgewicht) Spez. Gewicht H ₂ O (4°) = 1
Platin	21,15 ÷ 21,5	Silber	10,42 ÷ 10,53
Porphyr	2,6 ÷ 2,9	Steinkohle	1,2 ÷ 1,5
Porzellan	2,4 ÷ 2,5	Syenit	2,6 ÷ 2,8
Preßkohle(Brikett)	1,25	Ton.....	1,8 ÷ 2,6
Quarz	2,5 ÷ 2,8	Traß	0,95
Roheisen (grau) ..	6,7 ÷ 7,6	Wachs	0,95 ÷ 0,98
Salpeter	1,95 ÷ 2,08	Weißmetall	7,1
Sand.....	1,40 ÷ 1,65	Wolfram	17,5
Sandstein	2,2 ÷ 2,5	Ziegel	1,40 ÷ 1,55
Schiefer	2,65 ÷ 2,70	Zink	6,86
Schwefel	1,93	Zinn	7,2

Flüssige Körper	Spez. Gewicht H ₂ O (4°) = 1	Temp. t°	Gasförmige Körper	Spez. Gewicht 0°, 760 mm Q.-S. Luft = 1
Äther.....	0,74	0	Äther.....	2,586
Alkohol	0,79	15	Alkohol	1,601
Benzin.....	0,68 ÷ 0,7	15	Ammoniak	0,592
Benzol	0,90	0	Chlor	2,423
Bier	1,02 ÷ 1,04	—	Kohlenoxyd	0,967
Chloroform	1,48	18	Kohlensäure	1,529
Glyzerin	1,26	0	Leuchtgas	0,34 ÷ 0,45
Kalilauge (63 ⁰ / ₀) ..	1,70	15	Luft	1,00
Karbolsäure	0,96	15	Quecksilber	6,94
Milch	1,03	15	Salzsäure	1,25
Natronlauge (66 ⁰ / ₀)	1,70	15	Sauerstoff	1,105
Petroleum.....	0,80	15	Schwefel	6,617
Quecksilber	13,5956	0	Schwefelkohlen-	
Rizinusöl	0,97	15	stoff	2,644
Salpeters. (91 ⁰ / ₀) .	1,5	15	Schwefelwasser-	
Salzsäure (40 ⁰ / ₀) ..	1,2	15	stoff	1,175
Schwefels.(rauch.)	1,89	15	Schweflige Säure	2,250
Schweflige Säure .	1,49	20	Stickstoff	0,971
Seewasser	1,02	15	Wasserdampf	0,623
Teer	1,2	—	Wasserstoff.....	0,069
Terpentin	0,87	16		
Wasser	1,00	4		

Gewichte pro 1 cbm verschiedener Stoffe.

Stoff	kg/cbm	
Basalt	3200	
Beton	1800 ÷ 2200	
Braunkohle (lufttrocken)	1650 ÷ 780	
Buchenholz	} (in Scheiten)	
Eichenholz		400
Fichtenholz		420
Formsand (aufgeschüttet)	320	
Formsand (aufgeschüttet)	1200	
Holzkohlen	150 ÷ 220	
Kalk- und Bruchsteine	2000	
Kohlen	770 ÷ 860	
Koks	360 ÷ 530	
Mörtel	1700 ÷ 1800	
Sand, Lehm, Erde (trocken)	1600	
Kies	1800	
Torf (lufttrocken)	325 ÷ 410	
Traß (gemahlen)	950	
Ziegelsteine	1375 ÷ 1500	

§ 18. Reibung.

1. Reibung der Ruhe.

Wenn sich ein Körper unter dem Einfluß einer Kraft gegen einen anderen Körper stützt, so kann das System auch dann noch im Gleichgewicht sein, wenn die Kraft-richtung mit der Normalen im Berührungspunkt einen Winkel einschließt. Dieser darf höchstens gleich einem bestimmten Winkel α_0 , dem Reibungswinkel der Ruhe sein. Die Größe von α_0 hängt von der Beschaffenheit der sich berührenden Flächen ab.

Es sei die normale Stützkraft $= P_n$, dann ist die Reibungsstützung

$$R_0 < P_n \operatorname{tg} \alpha_0$$

oder

$$R_0 < \mu_0 P_n,$$

$\mu_0 = \operatorname{tg} \alpha_0$ heißt Reibungskoeffizient der Ruhe.

2. Reibung der gleitenden Bewegung.

Verschieben sich zwei Körper aufeinander, so ist ein

Reibungswiderstand R zu überwinden; dieser fällt in die Bewegungsrichtung, ist ihr aber entgegengesetzt gerichtet.

Allgemein ist die Reibung ein Bruchteil der Druckkomponente; ist diese gleich P_n , so ist

$$R = P_n \operatorname{tg} \alpha$$

oder

$$R = \mu \cdot P_n,$$

$\mu = \operatorname{tg} \alpha$ heißt Reibungskoeffizient der gleitenden Bewegung.

Es ist $\mu < \mu_0$.

Reibungskoeffizienten für ca. 1 kg/qcm Flächendruck:

(Die Zapfenreibungszahlen gelten für $2,5 \div 10$ kg/qcm Flächendruck.)

Reibende Körper	Gleitende Reibung μ		Reibung der Ruhe μ_0		Zapfenreibung μ_1 Schmierung gewöhnlich
	trocken	wenig fett	trocken	wenig fett	
Bronze auf Bronze	0,20	—	—	—	0,10
Bronze auf Gußeisen	0,20	—	—	—	0,09
Gußeisen auf Gußeisen oder Bronze	—	0,15	—	0,16	0,075
Bronze auf Schweißeisen	—	0,16	—	—	—
Schweißeisen auf Gußeisen .. oder Bronze	0,18	0,16	0,19	—	0,07
Schweißeisen auf Schweißeisen	0,44	—	—	0,13	—
Stahl auf Stahl	—	—	0,15	—	—
Stahl auf Bronze	—	—	—	—	0,003 ÷ 0,03
Schweißeisen auf Pockholz ..	—	—	—	—	0,11
Gußeisen auf Pockholz	—	—	—	—	0,07
Gußeisen auf Eiche	0,49	0,19	—	—	—
Messing auf Eiche	—	—	0,62	—	—
Eiche auf Eiche (Faser) ..	0,48	—	0,62	—	—
Eiche auf Eiche (⊥ Faser) ..	0,34	—	0,54	—	—
Hanfseil auf rauhem Holz ..	—	—	0,50	—	—
Lederriemen auf Gußeisen . . .	0,56	—	0,28	—	—
Lederriemen auf Eiche	0,27	—	0,47	—	—
Mauerwerk auf Beton	—	—	0,76	—	—
Stein auf Eisen	—	—	0,45	—	—
Stein auf Holz	—	—	0,60	—	—
Stein auf Stein	0,60 ÷ 0,75	—	0,53 ÷ 0,73	—	—
Rindsleder als Kolbenliderung	0,56	0,23	—	—	—

Besondere Reibungskoeffizienten.

1. Schubkurbelgetriebe: $\mu = 0,05$ (Gesamtwiderstand).

2. Bremsen: Holz in Längsfasern und sauber bearbeitete Kränze.

	Buche	Eiche	Pappel	Ulme	Weide
Gußeisen	0,29 ÷ 0,37	0,30 ÷ 0,34	0,35 ÷ 0,40	0,36 ÷ 0,37	0,46 ÷ 0,47
Schmiedeeisen...	0,54	0,51 ÷ 0,40	0,65 ÷ 0,60	0,60 ÷ 0,49	0,63 ÷ 0,60

3. Seilreibungskoeffizienten (der Ruhe) μ_0 .

Lederriemen auf Holzscheibe	} etwas fett	0,47
Lederriemen auf Gußeisen		0,28
Hanfseil auf Eisentrommel		0,25
Hanfseil auf Holztrommel		0,40
Eisernes Bremsband auf eiserner Scheibe		0,18

4. Reibung der rollenden Bewegung.

Rollende Reibung tritt auf, wenn ein Zylinder ohne zu gleiten auf einer Ebene unter einem Anpressungsdruck P_n abrollt. Zur rollenden Fortbewegung ist ein Moment nötig

$$M_t = P_n f;$$

der Hebelarm f in cm heißt der Reibungskoeffizient der rollenden Bewegung.

Es ist für Pockholz auf Pockholz	$f = 0,047$ cm,
für Eisen auf Eisen	0,05 cm,
für Stahl auf Stahl	0,05 cm.

III. Kapitel.

Maschinenelemente.

§ 1. Keile.

Die Kraftverhältnisse einer Keilkette gestalten sich folgendermaßen:

Wenn

P_1 die zum Hineintreiben des Keiles erforderliche Kraft in kg,

P_2 die zum Herausschieben erforderliche Kraft,

P_n die durch P_1 bzw. P_2 auf den Keilflächen senkrecht wirkende erzeugte Kraft,

φ der Neigungswinkel der Keilflächen,

α der Reibungswinkel ($\operatorname{tg} \alpha = \mu$) ist,

so erfordert das Hineintreiben des Keiles die Kraft

$$P_1 = 2 P_n \sin \left(\frac{\varphi}{2} + \alpha \right),$$

während zum Herausschieben eine Kraft

$$P_2 = 2 P_n \sin \left(\frac{\varphi}{2} - \alpha \right)$$

erforderlich ist.

Für Selbsthemmung muß $\frac{\varphi}{2} < \alpha$ sein.

Längskeile für Wellen:

Wellendurchmesser in mm	Hohlkeile (Fig. 63.)		Flachkeile (Fig. 64.)		Nutenkeile (Fig. 65.)			
	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>a</i> mm	<i>c</i> mm
10 ÷ 12	—	—	—	—	4	4	1,5	2,5
12 ÷ 17	—	—	—	—	5	5	2	3
17 ÷ 22	—	—	—	—	6	6	2,5	3,5
22 ÷ 30	8	3	8	4	8	7	3	4
30 ÷ 38	10	3,5	10	5	10	8	3,5	4,5
38 ÷ 44	12	3,5	12	5	12	8	3,5	4,5
44 ÷ 50	14	4	14	5	14	9	4	5
50 ÷ 58	16	5	16	6	16	10	5	5
58 ÷ 68	18	5	18	7	18	11	5	6
68 ÷ 78	20	6	20	8	20	12	6	6
78 ÷ 92	24	7	24	9	24	14	7	7
92 ÷ 110	28	8	28	10	28	16	8	8
110 ÷ 130	32	9	32	11	32	18	9	9

Wellendurchmesser in mm	Hohlkeile (Fig. 63.)		Flachkeile (Fig. 64.)		Nutenkeile (Fig. 65.)			
	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	<i>a</i> mm	<i>c</i> mm
130 ÷ 150	36	10	36	13	36	20	10	10
150 ÷ 170	—	—	40	14	40	22	11	11
170 ÷ 200	—	—	45	16	45	25	12	13
200 ÷ 230	—	—	50	18	50	28	14	14
230 ÷ 260	—	—	—	—	55	30	15	15
260 ÷ 290	—	—	—	—	60	32	16	16
290 ÷ 330	—	—	—	—	70	36	18	18
330 ÷ 380	—	—	—	—	80	40	20	20
380 ÷ 440	—	—	—	—	90	45	22	23
440 ÷ 500	—	—	—	—	100	50	25	25

Tangentialkeile (Fig. 66)

Wellendurchmesser in mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm	Wellendurchmesser in mm	<i>b</i> mm	<i>h</i> mm
60	19,3	7	240	59,9	16
70	21,0	7	250	64,6	18
80	24,0	8	260	66,0	18
90	25,6	8	270	67,4	18
100	28,6	9	280	72,1	20
110	30,1	9	290	73,5	20
120	33,2	10	300	74,8	20
130	34,6	10	320	81,0	22
140	37,7	11	340	83,6	22
150	39,1	11	360	93,2	26
160	42,1	12	380	95,9	26
170	43,5	12	400	98,6	26
180	44,9	12	420	108,2	30
190	49,6	14	440	110,9	30
200	51,0	14	460	113,6	30
210	52,4	14	480	123,1	34
220	57,1	16	500	125,9	34
230	58,5	16			

Die Querschnittsseite von Quadratkeilen bzw. der Durchmesser von Rundkeilen erhält eine Größe von $0,6\sqrt{d} \div 0,7\sqrt{d}$ cm, wenn d der Wellendurchmesser ist.

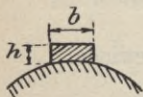


Fig. 63.

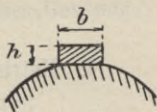


Fig. 64.

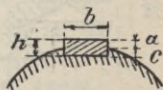


Fig. 65.

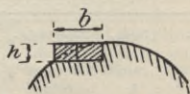


Fig. 66.

§ 2. Schrauben.

Eine Schraube werde in axialer Richtung durch eine Kraft Q belastet.

Zur Hebung bzw. Senkung von Q ist ein Drehmoment M_t erforderlich, welches sich berechnet:

1. für flachgängiges (Rechteck-) Gewinde zu

$$M_t = Q r \operatorname{tg}(\varphi \pm \alpha) = Q \cdot r \frac{h \pm 2\pi r \mu}{2\pi r \mp \mu h};$$

für Selbstsperrung muß $\varphi < \alpha$ sein;

es bedeutet h die Ganghöhe,

r den mittleren Radius der Schraube,

φ den Steigungswinkel $\left(\operatorname{tg}\varphi = \frac{h}{2r\pi}\right)$,

α den Reibungswinkel ($\mu = \operatorname{tg}\alpha$);

2. für scharfgängiges (Dreieck-) Gewinde zu

$$M_t = Q r \frac{\operatorname{tg}\varphi + 1,12 \mu}{1 - 1,12 \mu \operatorname{tg}\varphi}.$$

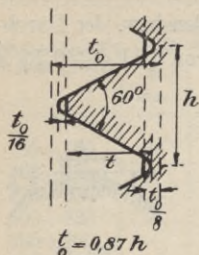


Fig. 67.

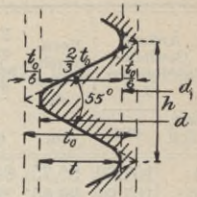
Gewindearten.

I. Metrisches Gewinde.

$$t = 0,69 h$$

Gewinde- durch- messer mm d	Kern- durch- messer mm d_1	Gang- höhe mm h	Gang- tiefe mm t	Gewinde- durch- messer mm d	Kern- durch- messer mm d_1	Gang- höhe mm h	Gang- tiefe mm t
1	0,65	0,25	0,174	42	35,75	4,5	3,125
1,2	0,85	0,25	0,174	45	38,75	4,5	3,125
1,4	0,98	0,3	0,208	48	41,05	5	3,473
1,7	1,21	0,35	0,243	52	45,05	5	3,473
2	1,44	0,4	0,278	56	48,36	5,5	3,820
2,3	1,74	0,4	0,278	60	52,36	5,5	3,820
2,6	1,97	0,45	0,313	64	55,67	6	4,167
3	2,30	0,5	0,347	68	59,67	6	4,167
3,5	2,67	0,6	0,417	72	63,67	6	4,167
4	3,03	0,7	0,486	76	67,67	6	4,167
5	3,89	0,8	0,556	80	71,67	6	4,167
6	4,61	1	0,695	84	75,67	6	4,167
8	6,26	1,25	0,868	89	80,67	6	4,167
10	7,92	1,5	1,042	94	85,67	6	4,167
12	9,57	1,75	1,215	99	90,67	6	4,167
14	11,22	2	1,389	104	95,67	6	4,167
16	13,22	2	1,389	109	100,67	6	4,167
18	14,53	2,5	1,736	114	105,67	6	4,167
20	16,53	2,5	1,736	119	110,67	6	4,167
22	18,53	2,5	1,736	124	115,67	6	4,167
24	19,83	3	2,084	129	120,67	6	4,167
27	22,83	3	2,084	134	125,67	6	4,167
30	25,14	3,5	2,431	139	130,67	6	4,167
33	28,17	3,5	2,431	144	135,67	6	4,167
36	30,44	4	2,778	149	140,67	6	4,167
39	30,44	4	2,778				

II. Whitworthsches Gewinde.



$$t = 0,64 h$$

$$t_0 = 0,96 h$$

Fig. 68.

Äußerer Gewindedurchmesser d		Kern-durchmesser d_1	Kern-quer-schnitt $\frac{d_1^2 \pi}{4}$	Anzahl der Gewindegänge		Mutterhöhe h_1	Kopfhöhe h_0	Schlüsselweite s	$Q = \frac{d_1^2 \pi}{4} k_z$	
engl. Zoll	mm			mm	qcm				auf 1''	auf d mm
$\frac{1}{4}$	6,35	4,72	0,175	20	5	6	4	13	85	105
$\frac{5}{16}$	7,94	6,13	0,295	18	$5\frac{5}{8}$	8	6	16	140	175
$\frac{3}{8}$	9,52	7,49	0,441	16	6	10	7	19	210	265
$\frac{7}{16}$	11,11	8,79	0,607	14	$6\frac{1}{8}$	11	8	21	290	365
$\frac{1}{2}$	12,70	9,99	0,784	12	6	13	9	23	375	470
$\frac{5}{8}$	15,87	12,92	1,311	11	$6\frac{7}{8}$	16	11	27	630	785
$\frac{3}{4}$	19,05	15,80	1,961	10	$7\frac{1}{2}$	19	13	33	940	1175
$\frac{7}{8}$	22,22	18,61	2,720	9	$7\frac{7}{8}$	22	15	36	1305	1630
1	25,40	21,33	3,573	8	8	25	18	40	1715	2145
$1\frac{1}{8}$	28,57	23,93	4,498	7	$7\frac{7}{8}$	29	20	45	2160	2700
$1\frac{1}{4}$	31,75	27,10	5,768	7	$8\frac{3}{4}$	32	22	50	2770	3460
$1\frac{3}{8}$	34,92	29,50	6,835	6	$8\frac{1}{4}$	35	24	54	3280	4100
$1\frac{1}{2}$	38,10	32,68	8,388	6	9	38	27	58	4030	5030
$1\frac{5}{8}$	41,27	34,77	9,495	5	$8\frac{1}{8}$	41	29	63	4560	5700
$1\frac{3}{4}$	44,45	37,94	11,31	5	$8\frac{3}{4}$	44	32	67	5430	6780
$1\frac{7}{8}$	47,62	40,40	12,82	$4\frac{1}{2}$	$8\frac{7}{16}$	48	34	72	6150	7690
2	50,80	43,57	14,91	$4\frac{1}{2}$	9	51	36	76	7160	8950
$2\frac{1}{4}$	57,15	49,02	18,87	4	9	57	40	85	9060	11320
$2\frac{1}{2}$	63,50	55,37	24,08	4	10	64	45	94	11560	14450
$2\frac{3}{4}$	69,85	60,55	28,80	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{5}{8}$	70	49	103	13820	17280
3	76,20	66,90	35,15	$3\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$	76	53	112	16870	21090
$3\frac{1}{4}$	82,55	72,57	41,36	$3\frac{1}{4}$	$10\frac{9}{16}$	83	58	121	19850	24820
$3\frac{1}{2}$	88,90	78,92	48,92	$3\frac{1}{4}$	$11\frac{3}{8}$	89	62	130	23480	29350
$3\frac{3}{4}$	95,25	84,40	55,95	3	$11\frac{1}{4}$	95	67	138	26860	33570

Äußerer Gewindedurchmesser d		Kern-durch-messer d_1	Kern-quer-schnitt $\frac{d_1^2 \pi}{4}$	Anzahl der Gewindegänge		Mutter-höhe h_1	Kopf-höhe h_0	Schlüsselweite s	$Q = \frac{d_1^2 \pi}{4} k_z$ für	
engl. Zoll	mm			mm	qcm				auf 1''	auf d mm
4	101,60	90,75	64,68	3	12	102	71	147	31050	38810
$4\frac{1}{4}$	107,95	96,65	73,37	$2\frac{7}{8}$	$12\frac{7}{32}$	108	76	156	35220	44020
$4\frac{1}{2}$	114,30	102,98	83,29	$2\frac{7}{8}$	$12\frac{5}{16}$	114	80	165	39980	49970
$4\frac{3}{4}$	120,65	108,84	93,04	$2\frac{3}{4}$	$13\frac{1}{16}$	121	85	174	44660	55820
5	127,00	115,19	104,2	$2\frac{3}{4}$	$13\frac{3}{4}$	127	89	183	50020	62530
$5\frac{1}{4}$	133,35	121,67	116,3	$2\frac{5}{8}$	$13\frac{25}{32}$	133	93	192	55810	69760
$5\frac{1}{2}$	139,70	127,51	127,7	$2\frac{5}{8}$	$14\frac{7}{16}$	140	98	201	61300	76620
$5\frac{3}{4}$	146,05	133,05	139,0	$2\frac{1}{2}$	$14\frac{3}{8}$	146	102	209	66740	83420
6	152,40	139,39	152,6	$2\frac{1}{2}$	15	152	106	218	73250	91560

III. Whitworth-Rohrgewinde.

Lichter Rohrdurchmesser		Gewindegewinde-durchmesser	Kern-durchmesser	Gangzahl auf 1	Lichter Rohrdurchmesser		Gewindegewinde-durchmesser	Kern-durchmesser	Gangzahl auf 1
Zoll	mm				Zoll	mm			
$\frac{1}{8}$	3,18	9,73	8,57	28	$3\frac{3}{4}$	95,25	106,68	103,73	11
$\frac{1}{4}$	6,35	13,16	11,45	19	4	101,60	113,03	110,08	11
$\frac{3}{8}$	9,53	16,66	14,95	19	$4\frac{1}{2}$	114,30	125,74	122,78	11
$\frac{1}{2}$	12,70	20,96	18,63	14	5	127,00	138,47	135,48	11
$\frac{5}{8}$	15,88	22,91	20,59	14	$5\frac{1}{2}$	139,71	151,14	148,18	11
$\frac{3}{4}$	19,05	26,44	24,12	14	6	152,41	163,84	160,88	11
$\frac{7}{8}$	22,23	30,20	27,88	14	7	177,81	189,24	185,98	10
1	25,40	33,25	30,29	11	8	203,21	214,64	211,39	10
$1\frac{1}{4}$	31,75	41,91	38,95	11	9	228,61	240,04	236,79	10
$1\frac{1}{2}$	38,10	47,81	44,85	11	10	254,01	265,44	262,19	10
$1\frac{3}{4}$	44,45	53,75	50,79	11	11	279,41	290,84	286,78	8
2	50,80	59,62	56,66	11	12	304,81	316,24	312,18	8
$2\frac{1}{4}$	57,15	65,71	62,76	11	13	330,21	347,49	343,42	8
$2\frac{1}{2}$	63,50	75,19	72,23	11	14	355,61	372,89	368,82	8
$2\frac{3}{4}$	69,85	81,54	78,58	11	15	381,01	398,29	394,22	8
3	76,20	87,89	84,93	11	16	406,42	423,69	419,62	8
$3\frac{1}{4}$	82,55	93,98	91,03	11	17	431,82	449,09	445,02	8
$3\frac{1}{2}$	88,90	100,33	97,38	11	18	457,22	474,49	470,42	8

§ 3. Nieten.

Als Nietmaterial wird bestes zähes Fluß- oder Schweiß-eisen genommen.

In den folgenden Figuren bedeutet d den Nietdurchmesser in mm,

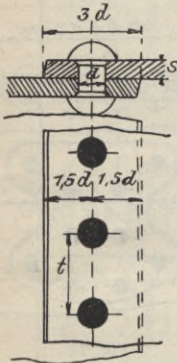


Fig. 69.

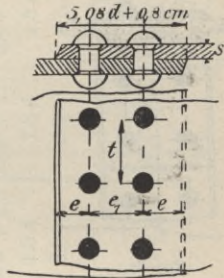


Fig. 70.

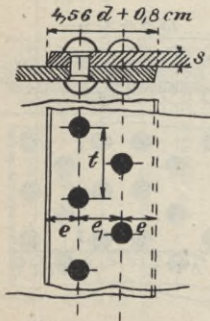


Fig. 71.

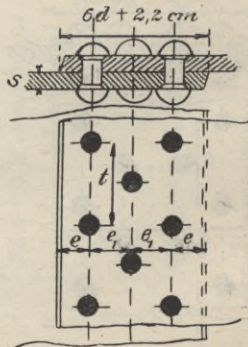


Fig. 72.

- s die Blechstärke in mm,
 s_1 die Laschenstärke in mm,
 t die Teilung in mm, d. h. den Abstand der Nietmitten voneinander,
 k_z die zulässige Beanspruchung der Nieten in kg/qcm (Abscherung).

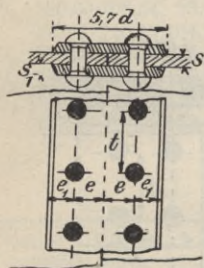


Fig. 73.

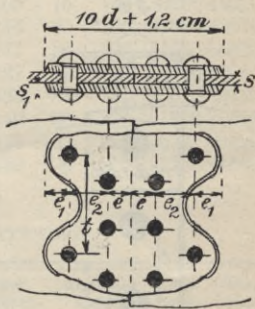


Fig. 74.

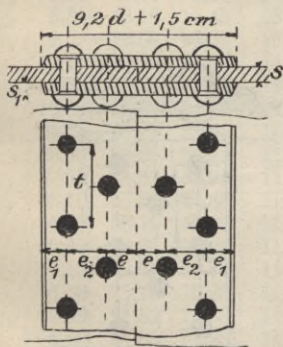


Fig. 75.

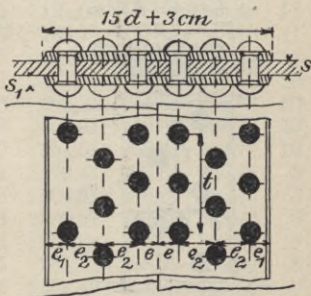


Fig. 76.

Reihe	No.	Fig. 69				Fig. 70 u. 71				Fig. 72				Fig. 73				Fig. 75				Fig. 74				Fig. 76											
		Einschnittige Nietung								Zweischrittige Nietung								Zweischrittige Nietung								Zweischrittige Nietung											
		einreihig				zweireihig				dreireihig				einreihig				zweireihig				dreireihig				einreihig				zweireihig				dreireihig			
		d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$	d	t	$\frac{d^2\pi}{4}$	$\frac{d^2\pi}{4}$				
7	15	38	1,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
8	16	40	2,01	16	57	2,01	—	16	57	2,01	—	15	49	1,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
9	17	42	2,27	17	59	2,27	—	17	59	2,27	—	16	52	2,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
10	18	44	2,54	18	62	2,54	—	18	62	2,54	—	17	54	2,27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
11	19	46	2,84	19	64	2,84	—	19	64	2,84	—	18	57	2,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
12	20	48	3,14	20	67	3,14	—	20	67	3,14	—	19	59	2,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
13	21	50	3,46	21	70	3,46	—	21	70	3,46	—	20	62	3,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
14	22	52	3,80	22	72	3,80	—	22	72	3,80	—	21	65	3,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
15	23	54	4,15	23	75	4,15	—	23	75	4,15	—	22	67	3,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
16	24	56	4,52	24	77	4,52	—	24	77	4,52	—	23	70	4,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
17	25	58	4,91	25	80	4,91	—	25	80	4,91	—	24	72	4,52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
18	26	60	5,31	26	83	5,31	—	26	83	5,31	—	25	75	4,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
19	27	62	5,73	27	85	5,73	—	27	85	5,73	—	26	78	5,31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
20	28	64	6,16	28	88	6,16	—	28	88	6,16	—	27	80	5,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
21	29	66	6,61	29	90	6,61	—	29	90	6,61	—	28	82	6,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
22	30	68	7,07	30	93	7,07	—	30	93	7,07	—	29	85	6,61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
23	31	70	7,55	31	96	7,55	—	31	96	7,55	—	30	88	7,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
24	32	72	8,04	32	100	8,04	—	32	100	8,04	—	31	91	7,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
25	33	74	8,55	33	104	8,55	—	33	104	8,55	—	32	94	8,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
26	34	76	9,08	34	108	9,08	—	34	108	9,08	—	33	97	8,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
27	35	78	9,62	35	112	9,62	—	35	112	9,62	—	34	100	9,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
28	36	80	10,17	36	116	10,17	—	36	116	10,17	—	35	103	9,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
29	37	82	10,74	37	120	10,74	—	37	120	10,74	—	36	106	10,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
30	38	84	11,32	38	124	11,32	—	38	124	11,32	—	37	109	10,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
31	39	86	11,92	39	128	11,92	—	39	128	11,92	—	38	112	11,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
32	40	88	12,54	40	132	12,54	—	40	132	12,54	—	39	115	11,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
33	41	90	13,17	41	136	13,17	—	41	136	13,17	—	40	118	12,54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
34	42	92	13,82	42	140	13,82	—	42	140	13,82	—	41	121	13,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
35	43	94	14,49	43	144	14,49	—	43	144	14,49	—	42	124	13,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

Die Werte für s , d und t in mm,
 $\frac{d^2\pi}{4}$ in qcm.

Man unterscheidet:

1. Einschnittige Nietung.
 - a) Einreihige Kettennietung.
 - b) Zweireihige Kettennietung.
 - c) Zweireihige Zickzacknietung.
 - d) Dreireihige Zickzacknietung.
2. Zweischnittige Nietung.
 - a) Einreihige Kettennietung.
 - b) Zweireihige Kettennietung.
 - c) Zweireihige Zickzacknietung.
 - d) Dreireihige Zickzacknietung.

§ 4. Zahnräder.

1. Allgemeines.

Im folgenden sei t die Teilung, d. h. der Abstand der Zahnmitten zweier aufeinanderfolgender Zähne als Bogen auf dem Teilkreise mit dem Radius r gemessen; dann ist bei z Zähnen

$$2 r \pi = z t;$$

man nimmt die Teilung t als ein Vielfaches von π

$$t = m \pi,$$

also

$$2 r = z m.$$

Die Teilung t setzt sich zusammen aus der

$$\text{Zahnstärke } s = \frac{1}{4} \frac{z}{0} t$$

und der

$$\text{Lückenweite } w = \frac{2}{4} \frac{1}{0} t.$$

Der Flankenspielraum $\frac{1}{2} \frac{1}{0} t$ kann bei bearbeiteten Zähnen ganz oder teilweise fortfallen.

Die Zahnkopfhöhe wird zu $0,3 t$ und die Fußhöhe zu $0,4 t$ gemacht.

Im Übersetzungsverhältnis

$$\varphi = r_1 : r_2 = z_1 : z_2 = n_2 : n_1 = \omega_2 : \omega_1$$

bedeutet

r_1 und r_2 die Teilkreisradien,

z_1 und z_2 die Zähnezahlen,

n_1 und n_2 die Drehzahlen pro Minute,
 ω_1 und ω_2 die Winkelgeschwindigkeiten

des treibenden bzw. des getriebenen Rades.

2. Berechnung.

a) Gegeben der Zahndruck P , so gilt die Formel

$$P = k b t.$$

Das Verhältnis $\frac{b}{t} = \psi$ nimmt man:

für Krafträder	= 2,
für gewöhnliche Triebwerkträder	= 2 ÷ 3,
für Triebwerkträder bei großer Leistung	= 3 ÷ 5.

Werte für k :

Gußeisen auf Gußeisen	= 18 ÷ 21,
Stahlguß auf Stahlguß	= 30 ÷ 40,
Stahl auf Bronze	= 18,
Rohhaut auf Gußeisen	= 4 ÷ 6,
Nickelstahl	= 100 ÷ 125,
Chromnickelstahl	= 150 ÷ 200.

Zähnezahlen:

für Krafträder	≥ 10 ,
für Arbeitsräder	≥ 24 .

Für Arbeitstriebwerkträder, bei welchen die Abnutzung eine große Rolle spielt, nimmt man bei Zykloidenverzahnung mit $n \div 250$ und für Gußeisen auf Gußeisen

$$k = 20 - \sqrt{n}$$

und

$$\psi = \frac{b}{t} \leq \frac{42}{k}.$$

b) Gegeben die Leistung N in PS $\left(\frac{\text{kW}}{0,736}\right)$ und die nutliche Drehzahl n .

Es berechnet sich das Drehmoment zu

$$M_t = 71\,620 \frac{N}{n} = P r.$$

Da

$$P = k b t = k \psi t^2$$

und

$$r = \frac{z t}{2 \pi}$$

ist, so ergibt sich die Teilung

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 \pi M_t}{k \psi z}} \text{ cm}$$

oder

$$t = 10 \sqrt[3]{\frac{450 N}{k \psi z n}} \text{ cm.}$$

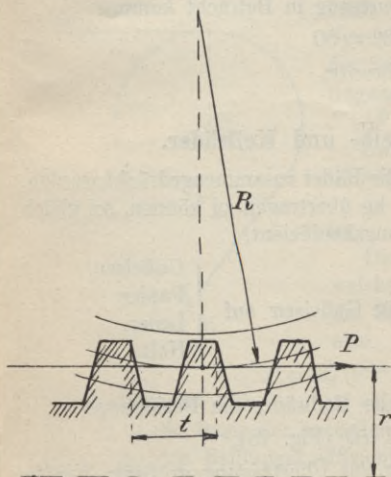


Fig. 77.

3. Schnecken- und Schraubenräder.

An einem Schneckenrädertriebe (Fig. 77) sei

P der Zahndruck in kg,
 R der Teilkreisradius des Schneckenrades in cm,

r der mittlere Schneckenradius in cm,

h die Ganghöhe der Schnecke in cm,

μ der Reibungskoeffizient,

dann berechnet sich das Drehmoment, welches zum Drehen der Schraube nötig ist, zu

$$M_t = (1,02 \div 1,1) \cdot P \cdot r \cdot \frac{2 \pi r \mu + h}{2 \pi r - \mu h}.$$

Es ist

für eine eingängige Schraube $h = t$,

für eine zweigängige Schraube $h = 2 t$, usw.,

für Gußeisen $\mu = 0,1$,

für Stahl und Phosphorbronze $\mu = 0,03$.

Aus der obigen Gleichung ist P bekannt; dieser Wert wird in die Gleichung $P = k b t$ eingesetzt. Man nimmt

$$\psi = \frac{b}{t} = 1,5 \div 2,5,$$

$$k = 18 \div 28$$

für Gußeisen, wenn Festigkeit in Betracht kommt,

$$k = 8 \div 20$$

für Gußeisen, wenn Abnutzung in Betracht kommt,

$$k = 32 \div 50$$

für Stahl auf Phosphorbronze.

§ 5. Reib- und Keilräder.

Der Druck, mit dem die Räder zusammengedrückt werden, um die Umfangskraft P kg übertragen zu können, sei gleich Q kg. Ist μ der Reibungskoeffizient,

$$\left. \begin{array}{l} \mu = 0,10 \div 0,15 \\ \mu = 0,15 \div 0,20 \\ \mu = 0,20 \div 0,30 \\ \mu = 0,20 \div 0,50 \end{array} \right\} \text{für Gußeisen auf } \left\{ \begin{array}{l} \text{Gußeisen,} \\ \text{Papier,} \\ \text{Leder,} \\ \text{Holz,} \end{array} \right.$$

so gilt:

1. für zwei zylindrische Reibräder die Beziehung

$$P \leq \mu Q \text{ (Fig. 78),}$$

2. für zwei Keilräder zur Übertragung größerer Kräfte die Beziehung

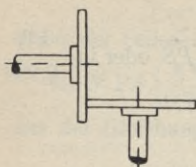


Fig. 78.

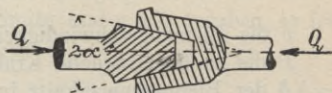


Fig. 79.

$$P \leq Q \frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha} \quad (\text{Fig. 79}).$$

Man nimmt $\alpha \sim 15^\circ$.

§ 6. Riemen- und Seiltrieb.

Wenn ein Seil oder Riemen um einen Zylinder mit dem Beaufschlagungswinkel α geschlungen und S_1 die Spannkraft im ziehenden Teil, S_2 die Spannkraft im gezogenen Teil des Seiles ist, so ist die zu übertragende Umfangskraft

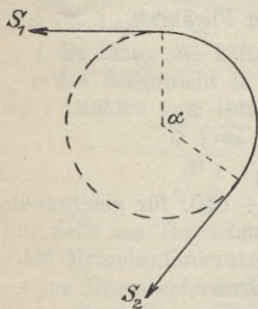


Fig. 80.

$$P = S_1 - S_2 \quad (\text{Fig. 80}).$$

Zwischen S_1 und S_2 besteht Gleichgewicht, wenn

$$S_1 = S_2 e^{\mu_0 \alpha}$$

ist.

Die größte Umfangskraft, welche sich ohne Gleitung durch die Scheibe übertragen läßt, ist also

$$P = S_2 (e^{\mu_0 \alpha} - 1);$$

hierin bedeutet

e die Basis der natürlichen Logarithmen,

μ_0 den Reibungskoeffizient der Ruhe.

1. Rientrieb.

Es sei

N die zu übertragende Leistung in PS oder in $\frac{kW}{0,736}$

v die Riemengeschwindigkeit in m/s ,

P die zu übertragende Kraft in kg ,

$f = b \delta$ der Riemenquerschnitt in qcm ,

D der Scheibendurchmesser in m ,

n die Drehzahl in der Minute,

μ der Reibungskoeffizient zwischen Riemen und Scheibe,

σ_z die Zugspannung in kg/qcm ,

$g = 9,81 m/s^2$ die Beschleunigung beim freien Fall,

α der kleinere von beiden Beaufschlagungswinkeln in Bogenmaß,

q das Gewicht des Riemens für $1 m$ Länge und $1 qcm$ Querschnitt,

dann ist unter Berücksichtigung der Fliehkraft

$$P = c f = c b \delta.$$

Hierin ist

$$c = \left(\sigma_z - q \frac{v^2}{g} \right) \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}.$$

(Über Werte von μ s. „Reibung“.)

Für offene Riemen ist $c \sim 10 \div 12,5$, für geschränkte Riemen dagegen niedriger zu wählen.

Es ist

$$N = \frac{P v}{75} = \frac{c b \delta D \pi n}{75 \cdot 60},$$

$$\delta = 0,5 \div 0,9 \text{ cm},$$

$$b \leq 20 \div 30 \text{ cm},$$

$$v = 3 \div 50 \text{ m/s}.$$

2. Seiltrieb.

a) Drahtseile.

Für $v = 25 m/s$ ist die zu übertragende Kraft

$$P = 100 d^2 \quad (d = \text{Seildurchmesser}),$$

wobei der Seilscheibendurchmesser $D = 150 \div 200 d$ ist.

Ist N PS $\left(\frac{\text{kW}}{0,736}\right)$, n /Minute und v m/s gegeben, so folgt aus der Gleichung

$$N = \frac{P v}{75}$$

unter der Voraussetzung, daß $D = 200 d$ ist,

$$d^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{N}{v}$$

oder

$$d = 1,93 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

Berechnung eines Seiles auf Zugfestigkeit:

Ist

Q die Last in kg,

l die Länge des hängenden Seilstückes in m,

q das Seilgewicht in kg/m = $(0,75 \div 0,80) \cdot i \cdot \delta^2$, so ist bei i Drähten vom Durchmesser δ cm

$$\frac{Q + ql}{i \frac{\delta^2 \pi}{4}} + 800\,000 \frac{\delta}{D} \leq k_z.$$

Für Seile aus Tiegelstahldraht ist

bei Menschenförderung $k_z \div 2500$ kg/qcm zulässig,

ohne Menschenförderung $k_z \div 3500$ kg/qcm zulässig.

b) Hanfseile.

Man nimmt die Seilgeschwindigkeit

$$v = 15 \div 20 \text{ m/sek.}$$

Mit der Umfangskraft geht man bis

$$P = 3 d^2 \div 4 d^2 \quad \text{bei} \quad D \geq 30 d \quad \text{und} \quad \alpha \geq 2,5,$$

$$P = 5 d^2 \div 6 d^2 \quad \text{bei} \quad D \geq 50 d \quad \text{und} \quad \alpha \geq 3,0,$$

wenn

D der Scheibendurchmesser in cm,

d der Seildurchmesser in cm,

ist. α der Beaufschlagungswinkel

Die Anzahl der Seile z ergibt sich aus der Gleichung

$$d^2 z = (12,5 \div 25) \cdot \frac{N}{v},$$

wenn $P = 6 \div 3 d^2$ ist.

Drahtseile für Krane, Flasenzüge und dergl.

Lit-zen	Draht-zahl je Litze	Ge-samt-draht-zahl	Seil-durch-messer mm	Draht-durch-messer mm	Ge-samter Draht-quer-schnitt-qmm	Ge-wicht kg/m	Drahtfestigkeit kg/qmm		
							130	160	180
							Seilbruchfestigkeit kg		
A. 6	19	114	6,5	0,4	14,3	0,135	1 860	2 290	2 570
			8	0,5	22,4	0,21	2 910	3 580	4 030
			9,5	0,6	32,2	0,30	4 190	5 150	5 800
			11	0,7	43,9	0,41	5 700	7 020	7 900
			13	0,8	57,3	0,54	7 450	9 170	10 310
			14	0,9	72,5	0,68	9 430	11 600	13 050
			16	1,0	89,4	0,84	11 620	14 300	16 090
			17	1,1	108,3	1,02	14 080	17 330	19 490
			19	1,2	128,9	1,22	16 760	20 620	23 300
			20	1,3	151,3	1,43	19 670	24 190	27 230
			22	1,4	175,5	1,66	22 820	28 060	31 590
B. 6	37	222	9	0,4	27,9	0,26	3 630	4 460	5 020
			11	0,5	43,6	0,41	5 670	6 980	7 850
			13	0,6	62,8	0,59	8 160	10 050	11 300
			15	0,7	85,4	0,81	11 100	13 660	15 370
			18	0,8	111,6	1,06	14 510	17 860	20 090
			20	0,9	141,2	1,34	18 360	22 590	25 420
			22	1,0	174,4	1,65	22 670	27 900	31 390
			24	1,1	211,0	2,00	27 430	33 750	37 980
			26	1,2	251,1	2,38	32 670	40 180	45 200
			28	1,3	294,7	2,80	38 310	47 150	53 050
			31	1,4	341,7	3,24	44 420	54 670	61 510
			33	1,5	392,3	3,72	51 000	62 770	70 610

Lit-zen	Draht-zahl je Litze	Ge-samt-draht-zahl	Seil-durch-messer mm	Draht-durch-messer mm	Ge-samter Draht-quer-schnitt-qmm	Ge-wicht kg/m	Drahtfestigkeit kg/qmm		
							130	160	180
							Seilbruchfestigkeit kg		
			35	1,6	446,4	4,24	58 030	71 420	80 350
			37	1,7	503,9	4,78	65 510	80 620	90 700
			39	1,8	564,9	5,36	73 440	90 380	101 680
			42	1,9	629,4	5,97	81 820	100 700	113 290
			44	2,0	697,4	6,62	90 660	111 600	125 530
C. 6	61	366	20	0,7	140,9	1,33	18 320	22 540	25 360
			22	0,8	183,9	1,74	23 900	29 420	33 100
			25	0,9	232,8	2,21	30 260	37 250	41 900
			28	1,0	287,5	2,73	37 380	46 000	51 750
			31	1,1	347,8	3,30	45 210	55 650	61 600
			34	1,2	413,9	3,93	53 800	66 200	74 500
			36	1,3	485,8	4,61	63 150	77 730	87 440
			39	1,4	563,4	5,35	73 240	90 140	111 410
			42	1,5	646,8	6,14	84 080	103 490	116 420
			45	1,6	735,9	6,99	95 670	117 740	132 460
			48	1,7	830,7	7,89	107 990	132 910	149 530
			51	1,8	931,4	8,84	121 080	149 020	167 650
			53	1,9	1034,7	9,95	134 900	166 030	186 790
			56	2,0	1149,8	10,92	149 470	183 970	206 960

Hanfseile:

Seildicke mm	Seilgewicht kg/m	Tragkraft in kg bei 8-facher Sicherheit		
		Russischer Reinhanf	Reiner Schleißhanf	Badischer Schleißhanf
13	0,14	130	145	165
16	0,21	200	230	251
18	0,25	254	290	330
20	0,31	314	350	393
23	0,39	416	470	519
26	0,51	531	600	663
29	0,67	660	740	825
33	0,80	855	960	1 067
36	0,96	1 017	1 145	1 271
39	1,15	1 194	1 340	1 492

Seildicke mm	Seilgewicht kg/m	Tragkraft in kg bei 8-facher Sicherheit		
		Russischer Reinhanf	Reiner Schleißhanf	Badischer Schleißhanf
46	1,50	1 661	1 870	2 055
52	1,95	2 122	2 390	2 599
55	2,25	2 226	2 493	2 783
60	2,55	2 473	2 755	3 180
65	2,90	2 694	2 984	3 563
70	3,50	2 885	3 221	3 846
75	3,90	3 160	3 587	4 101
80	4,50	3 328	4 020	4 460
85	5,00	3 757	4 395	4 890
90	5,60	4 133	4 848	5 404
95	6,30	4 665	5 400	5 932
100	7,20	5 163	5 887	6 476
110	8,50	6 056	6 886	7 598
120	9,60	7 206	8 051	8 890
130	11,50	8 300	9 286	10 103
140	13,60	9 610	10 577	11 535
150	15,30	10 810	11 700	12 805

§ 7. Ketten.

Unkalibrierte Ketten.

Rundeisen- Durchmesser mm	Innere Glied- breite mm	Innere Glied- länge mm	Nutzzug- kraft kg	Gewicht kg/m
7	10	22	350	1,1
8	12	24	500	1,35
9,5	14	27	750	2
11	17	31	1 000	2,7
13	20	36	1 500	3,8
16	24	45	2 500	6
19	29	53	3 500	8,1
22	34	62	4 500	11
24	36	67	5 500	13
27	40	75	6 750	17
30	45	84	8 500	21
33	49	92	10 500	25
36	54	100	12 250	30
40	60	110	15 100	36
44	66	120	18 500	45

Kalibrierte Ketten.

Rundesein- durchmesser mm	Innere Gliedbreite mm	Innere Gliedlänge mm	Nutzzugkraft für Handbetrieb kg	Gewicht kg/m
Handketten				
5	8	18,5	175	0,5
6	8	18,5	250	0,72
Lastketten				
7	8	22	350	1
8	9,5	24	500	1,3
9,5	11	27	750	1,9
11	13	31	1 000	2,7
13	16	36	1 500	3,75
16	19	45	2 500	5,8
19	23	53	3 500	8
23	28	64	5 000	12

§ 8. Zapfen.

1. Stirn- und Halszapfen.

Die Biegungsbeanspruchung k_b , sowie die Flächenpressung p kg/qcm müssen innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben.

Es sei

P der Zapfendruck in kg,

l die Länge in cm,

D der Durchmesser in cm,

d der innere Durchmesser beim Hohlzapfen in cm,

n die minutliche Umdrehungszahl,

dann berechnet sich der Zapfen mit Rücksicht auf Biegung und Flächenpressung nach den Gleichungen

$$P \frac{l}{2} = \frac{D^3}{10} k_b \text{ für volle Zapfen}$$

bzw.

$$P \frac{l}{2} = \frac{D^4 - d^4}{10 D} k_b \text{ für hohle Zapfen}$$

und

$$\frac{l}{D} = \sqrt[3]{0,2 \frac{k_b}{p}}.$$

Werte für k_b :

für Flußstahl	400 ÷ 500 kg/qcm,
für Schmiedeeisen	300 ÷ 400 kg/qcm,
für Stahlguß	250 ÷ 350 kg/qcm,
für Gußeisen	150 ÷ 250 kg/qcm.

Werte für p :

für gehärteten Tiegelstahl auf gehärtetem

Tiegelstahl ÷ 150 kg/qcm,

für gehärteten Tiegelstahl auf Bronze ÷ 90 kg/qcm,

für ungehärteten Tiegelstahl auf Bronze ÷ 60 kg/qcm,

für Schmiedeeisen auf Bronze ÷ 40 kg/qcm,

für Gußeisen auf Bronze ÷ 30 kg/qcm,

für Schmiedeeisen auf Gußeisen ÷ 25 kg/qcm,

für Schmiedeeisen auf Pockholz ÷ 25 kg/qcm,

für Kurbel- und Kreuzkopfpapfen

 $p = 60 \div 70$ bzw. $75 \div 80$ kg/qcm,für Schwungradwellenzapfen $p = 15 \div 16$ kg/qcm,für Kurbelzapfen bei Lokomotiven $p = 100$ kg/qcm,für Kreuzkopfpapfen bei Lokomotiven $p = 150$ kg/qcm,

für Kurbelzapfen von Lochmaschinen

und Scheren

 $p = 200$ kg/qcm.

Wegen der Gefahr des Heißlaufens muß folgende Bedingung erfüllt sein:

$$l \geq \frac{Pn}{c}.$$

Werte für c :

für Schwungrad- und Kurbelwellenzapfen

 $c = 15\,000 \div 40\,000$,

für Kurbelzapfen

 $c = 30\,000 \div 90\,000$.

2. Spurzapfen.

Der Durchmesser des ebenen Spurzapfens ergibt sich nach der Gleichung

$$P = \frac{d^2 \pi}{4} p \sim 0,8 d^2 p.$$

Hierbei muß

$$d \geq \frac{Pn}{c}$$

sein.

Für den ringförmigen Spurzapfen bestehen die Gleichungen

$$P = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \sim 0,8 (D^2 - d^2) p$$

und

$$D - d \geq \frac{Pn}{c}.$$

Für Kammzapfen mit z tragenden Ringen und dem mittleren Durchmesser d_m ist bei einer Ringbreite von b cm (Fig. 81)

$$P = \pi d_m b z p$$

$$b z \geq \frac{Pn}{c};$$

$$d_m = \frac{1}{2} (D + d),$$

$$b = \frac{1}{2} (D - d) \sim 0,1 \div 0,15 d.$$

Man nimmt bei Luftkühlung $c = 20\,000$.

Die Werte für p betragen $\sim \frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$ der oben angegebenen Werte.

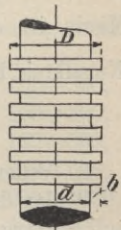


Fig. 81.

§ 9. Kugellager.

Es sei

P_0 die Last für jede Kugel in kg,

P der Lagerdruck in kg,

d der Kugeldurchmesser in cm,

i die Anzahl der Kugeln.

1. Traglager.

$$P_0 = c d^2$$

oder

$$P_0 \cong \frac{5}{i} P.$$

Hierin ist $c = 30 \div 50 \div 100$ für gehärtete Stahlkugeln.

2. Spurlager.

$$P_0 = c d^2,$$

$$P_0 = \frac{P}{i}.$$

Hierin ist $c \cong \frac{50}{v}$, wenn v die Umfangsgeschwindigkeit im Kugelkreis bedeutet.

§ 10. Wellen und Achsen.

1. Wellen.

Wellen dienen zur Übertragung von Kräften; sie werden auf Biegung und Verdrehung beansprucht.

Der Durchmesser normaler Triebwerkwellen aus gewöhnlichem Walzeisen berechnet sich nach der Formel

$$d = \sqrt[3]{3000 \frac{N}{n}} \text{ cm}$$

oder

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_t}{24}} \text{ cm,}$$

wobei
und

$$k_t = 120 \text{ kg/qcm}$$

$$M_t = 71\,620 \frac{N}{n} = P R$$

ist. Es ist $1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW}$.

2. Achsen.

Achsen werden nur auf Biegung beansprucht. Sie berechnen sich nach der allgemeinen Biegungsformel

$$M_b = Wk_b = \frac{\pi d^3}{32} k.$$

Werte für k_b :

Flußstahl	$k_b = 400 \div 600$	kg/qcm,
Flußeisen	$k_b = 300 \div 400$	kg/qcm,
Schweißeisen	$k_b = 300$	kg/qcm,
Stahlguß	$k_b = 250 \div 300$	kg/qcm,
Gußeisen	$k_b = 130 \div 250$	kg/qcm,
Eichenholz	$k_b = 60$	kg/qcm.

Die Drehzahlen je Minute für Triebwerkwellen sind üblicherweise für

Hauptwellen.....	100 ÷ 300,
schwere Metallbearbeitungsmaschinen.....	100 ÷ 300,
leichte	150 ÷ 500,
Nebenwellen.....	200 ÷ 600,
Holzbearbeitungsmaschinen.....	250 ÷ 600 ÷ 1000,
Textilmaschinen.....	300 ÷ 800.

Durchmesser d normaler Triebwerkwellen in mm:
(1 PS = 0,736 kW)

N PS	Drehzahl n pro Minute															
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400	
1	50	45	45	40	40	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30	
2	60	55	50	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35	
3	65	60	55	50	50	50	45	45	45	45	40	40	40	40	40	
4	70	65	60	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45	40	40	
5	75	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45	
6	75	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45	
8	85	75	70	65	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50	
10	85	80	75	70	65	65	60	60	60	55	55	55	55	50	50	
12	90	85	75	75	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55	50	
14	95	85	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	60	55	55	
15	95	85	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	60	55	55	
16	100	90	85	80	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60	55	

N PS	Drehzahl n pro Minute														
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400
18	100	90	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60
20	105	95	85	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60
25	110	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65	60
30	115	105	95	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65
35	120	105	100	95	90	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70
40	120	110	105	100	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70	70
45	125	115	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70
50	130	115	110	105	100	95	90	90	85	85	85	80	80	75	75
55	130	120	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	80	75
60	135	120	115	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	75
65	140	125	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80	80
70	140	125	120	110	105	105	100	95	95	90	90	90	85	85	80
75	145	130	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80
80	145	130	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85	85
85	145	135	125	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85
90	150	135	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85
95	150	135	130	120	115	110	110	105	100	100	95	95	90	90	85
100	155	140	130	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95	90	85
105	155	140	130	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90
110	155	140	130	125	120	115	110	110	105	105	100	100	95	90	90
115	160	145	135	125	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95	90
120	160	145	135	130	120	120	115	110	110	105	100	100	100	95	90
130	—	150	140	130	125	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95
140	—	150	140	135	125	120	120	115	110	110	105	105	100	100	95
150	—	155	145	135	130	125	120	115	115	110	110	105	105	100	95
160	—	155	145	135	130	125	120	120	115	110	110	105	105	100	100
170	—	160	145	140	135	130	125	120	120	115	110	110	105	105	100
180	—	160	150	140	135	130	125	120	120	115	115	110	110	105	100
190	—	160	150	145	135	130	130	125	120	120	115	110	110	105	100
200	—	—	155	145	140	135	130	125	120	120	115	115	110	105	105
220	—	—	155	150	140	135	130	130	125	120	120	115	115	110	105
240	—	—	160	150	145	140	135	130	130	125	120	120	115	110	110
260	—	—	165	155	145	140	135	135	130	125	125	120	120	115	110
280	—	—	165	160	150	145	140	135	135	130	125	120	120	115	110
300	—	—	170	160	150	145	140	140	135	130	130	125	120	120	115
320	—	—	170	165	155	150	145	140	135	135	130	125	125	120	115
340	—	—	175	165	160	150	145	145	140	135	130	130	125	120	120
360	—	—	180	170	160	155	150	145	140	135	135	130	130	125	120

Leistung normaler Triebwerkwellen (1 PS = 0,736 kW):

d cm	M_t cm kg	$\frac{N}{n}$	d cm	M_t cm kg	$\frac{N}{n}$	d cm	M_t cm kg	$\frac{N}{n}$	d cm	M_t cm kg	$\frac{N}{n}$
3,0	648	0,009	6,0	5184	0,072	9,0	17496	0,243	14,0	65856	0,915
3,5	1029	0,014	6,5	6591	0,092	9,5	20577	0,286	15,0	81000	1,125
4,0	1536	0,021	7,0	8232	0,114	10,0	24000	0,333	16,0	98304	1,365
4,5	2187	0,030	7,5	10125	0,141	11,0	31944	0,444	17,0	117912	1,638
5,0	3000	0,042	8,0	12288	0,171	12,0	41472	0,576	18,0	139968	1,944
5,5	3993	0,055	8,5	14739	0,205	13,0	52728	0,732	20,0	192000	2,666

§ 11. Bremsvorrichtungen.

Es bezeichne

P die Bremskraft am Umfange der Bremsscheibe in kg.

K die Kraft am Bremshebelgriff in kg,

μ den Reibungskoeffizienten der gleitenden Reibung,

$\mu = 0,18 \div 0,25$ für Eisen auf Eisen,

$\mu < 0,5$ für Holz auf Eisen (trocken).

1. Backenbremsen:

$$K = P \frac{b}{a+b} \left(\frac{1}{\mu} + \frac{c}{b} \right) \text{ für Drehrichtung links} \quad \left. \begin{array}{l} \text{siehe} \\ \text{Fig. 82.} \end{array} \right\}$$

$$K = P \frac{b}{a+b} \left(\frac{1}{\mu} - \frac{c}{b} \right) \text{ für Drehrichtung rechts}$$

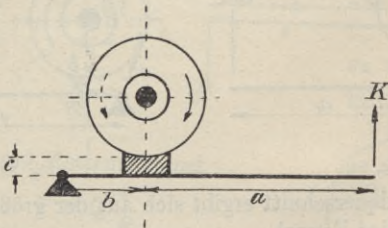


Fig. 82.

Wenn statt der flachen Backen eine Keilnute mit dem

Nutenwinkel 2α angewendet wird, so ist statt μ zu setzen

$$\frac{\mu}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}.$$

2. Bandbremsen.

Es bedeute

T die Spannkraft im ablaufenden Band,

t die Spannkraft im auflaufenden Band,

$b \leq 8$ cm die Breite des Bandes,

$s \div 0,4$ cm die Dicke des Bandes,

α den vom Bremsband umspannten Bogen,

k_z die zulässige Zugspannung des Bandes,

$e = 2,718 \dots$ die Basis der natürlichen Logarithmen.

Dann ist

$$T = \frac{P}{e^{\mu\alpha} - 1},$$

$$t = T e^{\mu\alpha};$$

für $\frac{\alpha}{2\pi} = 0,7$ und $\mu = 0,18$ ist $e^{\mu\alpha} = 2,21$, mithin

$$T = 0,83 P,$$

$$t = 2,21 T = 1,83 P.$$

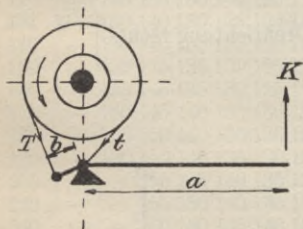


Fig. 83.

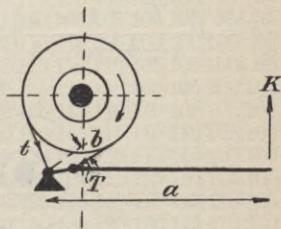


Fig. 84.

Der Bandquerschnitt ergibt sich aus der größten Spannkraft nach der Formel

$$b s = \frac{t}{k_z} = \frac{P}{k_z} \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}.$$

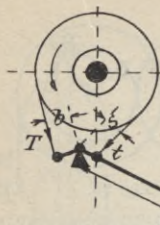


Fig. 85.

a) Einfache Bandbremsen (Fig. 83 u. 84).

$$K = T \frac{b}{a}$$

b) Differentialbremsen (Fig. 85).

$$K = \frac{Tb - ts}{a} \\ = \frac{P b - s e^{\mu\alpha}}{a e^{\mu\alpha} - 1}$$

§ 12. Einfache Maschinen.

1. Einarmiger Hebel.

$$P = Q \frac{b}{a}; a = \frac{Ql}{P - Q}$$

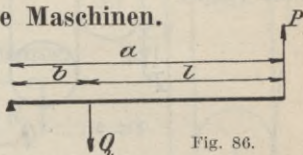


Fig. 86.

$$P = Q \frac{b}{a}; a = \frac{Ql}{P - Q}$$

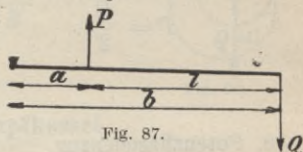


Fig. 87.

2. Zweiarmiger Hebel.

$$P = Q \frac{b}{a}; a = \frac{Ql}{Q + P}$$

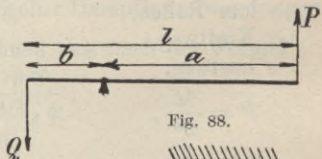


Fig. 88.

3. Seil- und Kettentrommel.

$$P = Q \frac{r}{R}$$

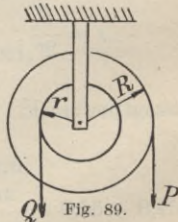


Fig. 89.

4. Vorgelege.

$$P = Q \frac{r r_1}{R R_1}$$

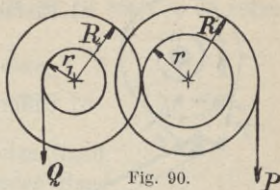


Fig. 90.

5. Lose Rollen.

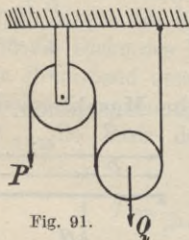


Fig. 91.

$$P = \frac{Q}{2}$$

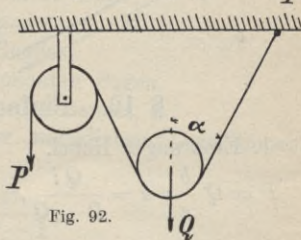


Fig. 92.

$$P = \frac{Q}{2 \cos \alpha}$$

6. Potenzflaschenzug.

n lose Rollen,

S Kraftweg,

s Lastweg.

$$P = \frac{Q}{2^n}$$

$$s = \frac{S}{2^n}$$

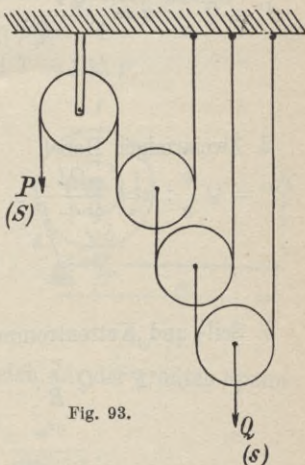
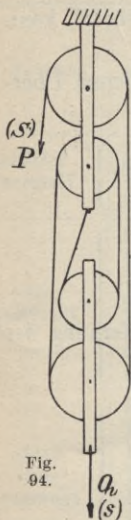


Fig. 93.



7. Faktorenflaschenzug.

 n Rollen.

$$P = \frac{Q}{n},$$

$$s = \frac{S}{n}.$$

8. Differentialflaschenzug.

$$P = Q \frac{R - r}{2R},$$

$$s = S \frac{R - r}{2R}.$$

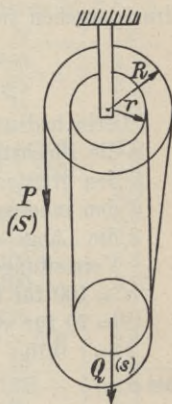
Fig.
94.

Fig. 95.

§ 13. Dampfkessel.

1. Die Blechstärken zylindrischer Dampfkesselwandungen mit innerem Überdruck berechnen sich nach der Formel

$$s = D \frac{p S}{2 K_z \varphi},$$

worin s die Blechstärke in cm

D der innere Kesseldurchmesser in cm,

p der größte Betriebsüberdruck in kg/qcm,

$S = 4,5$ bei Überlappungsnietung,

$= 4,0$ bei Doppellashennietung der Sicherheitsgrad gegen Zerreißen,

K_z die Zugfestigkeit des Bleches in kg/qcm,

φ das Verhältnis $\frac{\text{Festigkeit der Nietnaht}}{\text{Festigkeit d. vollen Bleches}} = 0,56 \div 0,75$

ist. s darf den Wert 0,7 cm nicht unterschreiten; K_z kann zu ~ 3400 kg/qcm angenommen werden.

2. Die Blechstärken der Flammrohre mit äußerem Überdruck ergeben sich nach der Formel

$$s = \frac{p d}{2000} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \frac{l}{(l+d)}} \right) + c.$$

Hierin bedeutet

s die Blechstärke in cm ($\geq 0,7$ cm),

p den größten Betriebsüberdruck in kg/qcm,

d den inneren Flammrohrdurchmesser in cm,

l die Länge des Flammrohres bzw. die Entfernung der Versteifungen in cm,

$a = 100$ für liegende Rohre,

$= 70$ für stehende Rohre,

$c = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0,15 & 0,1 & 0,05 & 0 \\ \hline \end{array}$

bei $p = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \div 5 & 6 & 7 & > 7 \text{ kg/qcm.} \\ \hline \end{array}$

3. Leistungstabelle für Brennstoffe.

Feuerung	Brennstoff	Stündlich auf 1 qm Heizfläche		Zulässiger Brennstoffverbrauch in 1Stde. auf 1 qm Rostfläche in kg	Erzeugte Dampfmenge für 1 kg Brennstoff in kg
		Brennstoffverbrauch in kg	erzeugte Dampfmenge in kg		
schwach	Steinkohle .	1,2	10	60	8,3
	Braunkohle	3,0		100	3,3
	Koks	2,0		40	5,0
	Torf	2,5		70	4,0
	Holz	2,5		70	4,0
	Lohe	2,4		60	4,5
	Sägespäne..	2,4		60	4,5
schärfer (normal)	Steinkohle .	2,0	16	70 ÷ 90	8,0
	Braunkohle	5,5		120 ÷ 180	3,0
	Koks	4,0		50	4,5
	Torf	4,5		90	3,5

Feuerung	Brennstoff	Stündlich auf 1 qm Heizfläche		Zulässiger Brennstoffverbrauch in 1 Stde auf 1 qm Rostfläche in kg	Erzeugte Dampfmenge für 1 kg Brennstoff in kg
		Brennstoffverbrauch in kg	erzeugte Dampfmenge in kg		
schärfer (normal)	Holz	4,5	16	90	3,75
	Lohe	4,25		75	3,75
	Sägespäne..	4,25		75	4,0
an-gestrengt	Steinkohle .	3,3	23	90 ÷ 100	7,0
	Braunkohle	8,5		190 ÷ 250	2,6
	Koks	6		60	4,0
	Torf	6,5		100	3,0
	Holz	6,5		100	3,5
	Lohe	6,25		100	3,6
	Sägespäne..	6,25		100	3,75
stark an-gestrengt	Steinkohle .	5,0	30	110	6,0
	Braunkohle	12,0		260 ÷ 350	2,3
	Koks	7,5		75	3,6
	Torf	8,0		120	2,5
	Holz	8,0		120	3,2
	Lohe	7,75		130	3,4
	Sägespäne..	7,75		130	3,4

In der nachfolgenden Tabelle bezeichnet

B die Brennstoffmenge in kg/h,

D die erzeugte Dampfmenge in kg/h,

H die Heizfläche in qm,

R die gesamte Rostfläche in qm,

L die zur Verbrennung von 1 kg Brennstoff erforderliche Luftmenge in kg,

T die Verbrennungstemperatur auf dem Rost,

T_f die Temperatur der Heizgase im Fuchs,

η_f der Wirkungsgrad der Feuerung,

η_H der Wirkungsgrad der Heizfläche,

η_g der Wirkungsgrad der gesamten Kesselanlage,

$\eta_g = \frac{\text{von 1 kg Brennstoff a.d. Kessel abgegeb. Wärmemenge}}{\text{von 1 kg Brennstoff erzeugte Wärmemenge.}}$

Kessel und Ver- brennung	$\frac{B}{H}$	$\frac{B}{R}$	$\frac{H}{R}$	L	η_f	T	T_i	η_H	η_g	$\frac{D}{B}$ ohne Vor- wärmer	$\frac{D}{B}$ mit Vor- wärmer	$\frac{D}{H}$ ohne Vor- wärmer	$\frac{D}{H}$ mit Vor- wärmer
Feste Kessel:													
sehr langsam	1	40 ÷ 50	40 ÷ 50	22,0	0,90	856 978	169	0,862	0,776	8,95	10,01	8,95	10,01
langsam ...	2	50 ÷ 70	25 ÷ 35	20,5	0,85	1223 865	174	0,858	0,762	8,94	10,00	8,94	10,00
normal	3	70 ÷ 100	23 ÷ 33	19,0	0,85	1235 930	233	0,811	0,689	8,79	9,83	8,79	9,83
lebhaft	5	100	20	17,5	0,80	1062 1328	246	0,801	0,681	7,95	8,89	15,90	17,78
						1285 930	272	0,780	0,663	7,86	8,78	15,72	17,56
						1081 1351	314	0,764	0,649	7,65	8,55	15,30	17,10
						1081 1351	341	0,743	0,631	7,49	8,37	22,47	25,11
						1081 1351	394	0,713	0,596	7,28	8,14	21,84	24,42
						1081 1351	434	0,679	0,543	6,88	7,69	20,64	23,07
						1081 1351	482	0,643	0,514	6,27	7,00	31,35	35,00
						1081 1351	586	0,567	0,454	5,93	6,63	29,65	33,15
						1081 1351				5,24	5,86	26,20	29,30
Schiffskessel:													
natürlicher													
Zug	3 ÷ 3,5	85 ÷ 90	28	17,5	0,80	946	319 ÷ 358	0,821 ÷ 0,770	0,657 ÷ 0,616	7,17 ÷ 6,73	—	21,05 ÷ 24,56	—
mäßiger													
Unterwind ..	4	130 ÷ 140	33	17,5	0,80	946	391	0,728	0,582	6,36	—	25,44	—
Lokomotiv- kessel													
Gebirgs- lokomotive .	5 ÷ 6	350 ÷ 500	70 ÷ 100	15	0,80	1094	374 ÷ 431	0,760 ÷ 0,724	0,609 ÷ 0,579	6,81 ÷ 6,43	—	34,04 ÷ 38,57	—
Güterzug- lokomotive .	6 ÷ 8	350 ÷ 500	50 ÷ 70	15	0,80	1094	431 ÷ 527	0,724 ÷ 0,663	0,579 ÷ 0,532	6,43 ÷ 5,92	—	38,57 ÷ 47,36	—
Personenzug- lokomotive .	8 ÷ 10	350 ÷ 500	35 ÷ 55	15	0,80	1094	527 ÷ 591	0,663 ÷ 0,622	0,532 ÷ 0,497	5,92 ÷ 5,46	—	47,36 ÷ 54,6	—

4. Verbrennungstemperatur T .

Es ist

$$T = \frac{h_w + T_L \cdot c_{pL} \cdot L}{c_p \cdot h_g}.$$

Hierin ist

h_w der Wärmewert der aus 1 kg Brennstoff entstandenen Heizgase,

T_L die Temperatur der zugeführten Luft,

c_{pL} die spez. Wärme der Luft bei konst. Druck,

c_p die spez. Wärme der Heizgase bei konst. Druck,

h_g die Heizgasmenge in kg für 1 kg Brennstoff.

5. Brennstoffleistung.

Die in einer Stunde erzeugte Dampfmenge beträgt in kg

$$D = \eta_f \cdot \eta_H \cdot \frac{h}{\lambda_0} \cdot B = \eta_{fg} \cdot \frac{h}{\lambda_0} \cdot B.$$

Hierin ist

h der Heizwert des Brennstoffes,

λ_0 die Wärmemenge zur Erzeugung von 1 kg trockenem Dampf von t^0 aus Wasser von t_0^0 .

Für $\lambda = 600$ und $\eta_{fg} = 0,7$ ist für

$$\text{Gichtgas} \quad D: B = 0,85 \div 1,0,$$

$$\text{Koksofengas} \quad 4,5 \div 5,3.$$

6. Brennstoffmenge.

Die in einer Stunde verbrannte Brennstoffmenge beträgt in kg

$$B = \frac{4680 m v}{L} \cdot R.$$

Hierin ist

v die Luftgeschwindigkeit im Rost = $0,75 \div 1,60 \div 4$ m/s,

m das Verhältnis $\frac{\text{freie}}{\text{gesamte}}$ Rostfläche für:

Braunkohlen	$m = 0,20 \div 0,30$	Holz u. Torf	$m = 0,15 \div 0,20$
Steinkohlen	$m = 0,25 \div 0,50$	Koks	$m = 0,30 \div 0,50$

§ 14. Deutsche Rohrnormalien.

1. Abmessungen und Gewichte für gußeiserne Muffenrohre.

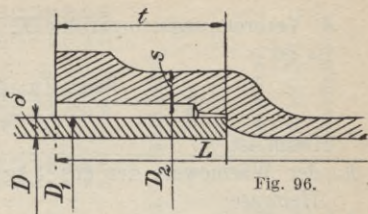


Fig. 96.

Nennweite	Rohr			Muffe			Gewicht ohne Muffe kg/m
	Außendurchmesser mm	Wanddicke mm	Baulängen m	Innendurchmesser mm	Tiefe mm	Wandstärke mm	
40	55	7,5	2 ÷ 3	69	74	11	8,11
50	65	7,5	2,5 ÷ 3	80	77	11	9,82
70	86	8	3 ÷ 3,5	101	82	12	14,2
80	97	8,5	3,5 ÷ 4	112	84	12,5	17,1
100	118	9	3,5 ÷ 4	133	88	13	22,3
125	144	9,5	4	159	91	13,5	29,1
150	170	10	4 ÷ 5	185	94	14	36,4
200	222	11	4 ÷ 5	238	100	15	52,9
250	274	12	4 ÷ 5	291	103	17	71,6
300	326	13	4 ÷ 5	343	105	18	92,7
350	378	14	4 ÷ 5	395	107	19,5	116
400	428	14	4 ÷ 5	447	110	20,5	132
450	480	15	4 ÷ 5	499	112	21	159
500	532	16	4 ÷ 5	552	115	22,5	188
600	634	17	4 ÷ 5	655	120	24	239
700	738	19	4 ÷ 5	760	125	26,5	311
800	842	21	4 ÷ 5	866	130	29,5	393
900	946	23	4 ÷ 5	971	135	31,5	484
1000	1048	24	4 ÷ 5	1074	140	33,5	560
1100	1152	26	4 ÷ 5	1178	145	36,5	667
1200	1256	28	4 ÷ 5	1282	150	39	783

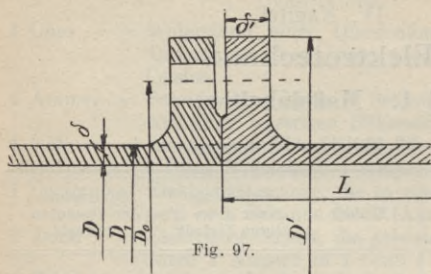


Fig. 97.

2. Abmessungen
und Gewichte für
gußeiserne Flan-
schenrohre.

Lagerlängen 2 ÷ 3 m für Rohre bis 170 mm Durchmesser
 „ 3 ÷ 4 m „ „ über 170 mm „

Nenn- weite	Rohr		Flansch			Schrauben		Gewicht ohne Flansch kg/m
	Außen- durch- messer mm	Wand- dicke mm	Durch- messer mm	Dicke mm	Loch- kreis- durch- messer mm	Zahl	Stärke Zoll	
40	55	7,5	150	18	110	4	5/8	8,11
50	65	7,5	165	20	125	4	5/8	9,82
70	86	8	185	20	145	4	5/8	14,2
80	97	8,5	200	22	160	4	5/8	17,1
100	118	9	220	22	180	8	5/8	22,3
125	144	9,5	250	24	210	8	5/8	29,1
150	170	10	285	24	240	8	3/4	36,4
200	222	11	340	26	295	12	3/4	52,9
250	274	12	395	28	350	12	3/4	71,6
300	326	13	445	28	400	12	3/4	92,7
350	378	14	505	30	460	16	3/4	116
400	428	14	565	32	515	16	7/8	132
450	480	15	615	32	565	20	7/8	159
500	532	16	670	34	620	20	7/8	188
600	634	17	780	36	725	20	1	239
700	738	19	895	40	840	24	1	311
800	842	21	1015	44	950	24	1 1/8	393
900	946	23	1115	46	1050	28	1 1/8	484
1000	1048	24	1230	50	1160	28	1 1/4	560
1100	1152	26	1340	52	1270	32	1 1/4	667
1200	1256	28	1455	56	1380	32	1 3/8	783

IV. Kapitel.

Elektrotechnik.

§ 1. Maßeinheiten.

1. Elektrische Einheiten.

Größe	Einheit	Verhältnis zur absoluten Einheit	Dimension der absoluten Einheit
Elektromotorische Kraft (Spannung) E	Volt	10^8	$\text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{gr}^{\frac{1}{2}} \text{sek}^{-2}$
Stromstärke J	Ampere	10^{-1}	$\text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{gr}^{\frac{1}{2}} \text{sek}^{-1}$
Widerstand R	Ohm	10^9	$\text{cm} \text{sek}^{-1}$
Elektrizitätsmenge Q	Coulomb	10^{-1}	$\text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{gr}^{\frac{1}{2}}$
Kapazität C	Farad	10^{-9}	$\text{cm}^{-1} \text{sek}^2$
Elektrische Arbeit A .	Joule	10^7	$\text{cm}^2 \text{gr} \text{sek}^{-2}$
Elektrische Leistung (Effekt) N	Watt (Voltampere)	10^7	$\text{cm}^2 \text{gr} \text{sek}^{-3}$
Induktivität L	Henry	10^9	cm

Einige wichtige Vergleichseinheiten:

1 Pferdestärke (PS)	= 75 mkg/s	= 736 Watt
1 Joule (J)	= 1 Wattsekunde (Ws)	= 0,102 mkg = 0,24 cal
1 Watt (W)	= 1 Voltampere (VA)	= 1 Joule/s = 1/736 PS = 0,102 mkg/s = 0,24 cal/s
1 Wattstunde (Wh)	= 367 mkg	= 3600 Joule
1 Kilowatt (kW)	= 1000 Watt	= 1,36 PS = 0,24 kcal/s
1 Kilowattstunde (kWh)	= 1,36 PSh	= 864 kcal
1 Coulomb (C)	= 1 Amperesekunde (As)	
1 Amperestunde (Ah)	= 3600 Coulomb	
1 Farad (F)	= $1 \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$	
1 Mikrofarad (μF)	= 10^{-6} Farad	
1 Millivolt (mV)	= 10^{-3} Volt	
1 Megohm (M Ω)	= 10^3 Ohm.	

Definitionen:

- 1 Ohm = Widerstand einer Quecksilber-Säule von 1 qmm Querschnitt, 1 m Länge (14,4521 gr Masse) bei 0° Celsius.
- 1 Ampere = Stromstärke, die in 1 Sekunde 0,001 118 gr Silber aus einer wässrigen Silbernitratlösung ausscheidet.
- 1 Volt = Elektromotorische Kraft, die in einem Leiter von 1 Ohm Widerstand 1 Ampere erzeugt.
- 1 Coulomb = Elektrizitätsmenge, die in einem Strom von 1 Ampere in 1 Sekunde fließt (Amperesekunde).
- 1 Joule = Elektrische Arbeit, die geleistet wird in 1 Sekunde durch 1 Ampere in 1 Ohm (Wattsekunde).
- 1 Watt = Leistung von 1 Joule in 1 Sekunde (Voltampere).
- 1 Farad = Kapazität eines Kondensators, der bei 1 Coulomb Ladung 1 Volt hat.
- 1 Henry = Induktivität, in der die Stromänderung von 1 Ampere in 1 Sekunde 1 Volt erzeugt.

2. Magnetische Einheiten.

Größe	Dimension der absoluten Einheit		
Magnetische Menge Φ	$\text{cm}^{\frac{3}{2}}$	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}
Feldstärke \mathfrak{H}	cm^{-1}	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}
Kraftlinienzahl Φ	$\text{cm}^{\frac{3}{2}}$	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}
Magnetomotorische Kraft V	$\text{cm}^{\frac{1}{2}}$	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}
Magnetischer Widerstand R_m	cm^{-1}		
Magnetische Induktion \mathfrak{B}	$\text{cm}^{-\frac{1}{2}}$	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}
Intensität der Magnetisierung J	$\text{cm}^{-\frac{1}{2}}$	$\text{gr}^{\frac{1}{2}}$	sek^{-1}

§ 2. Magnetismus.

1. Allgemeines.

Coulombsches Gesetz: Eine punktförmige magnetische Menge m_1 übt auf eine andere Menge m_2 in der Entfernung r eine Kraft

$$p = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

aus.

Dividiert man die Kraft p , welche in einem magnetischen

Felde auf eine Magnetismusmenge m wirkt, durch diese, so erhält man die Feldstärke \mathfrak{H} des betreffenden Feldes

$$\mathfrak{H} = \frac{p}{m}.$$

Als Maß für die Feldstärke dient die Kraftlinienzahl Φ , d. h. die Feldstärke ist die Anzahl der Kraftlinien für 1 qcm Niveaulfläche (Fläche \perp Kraftlinienrichtung).

Bei einem Querschnitt f eines Feldes \mathfrak{H} ist demnach

$$\Phi = f \mathfrak{H}.$$

Wird ein Eisenkörper f' in ein Feld \mathfrak{H} gebracht, so heißt die Feldstärke innerhalb des Eisens

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H} = \frac{\Phi}{f'}$$

die magnetische Induktion. Diese ist also die Anzahl der Kraftlinien für 1 qcm Eisenquerschnitt.

Man nennt $\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{H}}$ die „Permeabilität“ (Durchlässigkeit oder magnetisches Leitvermögen).

Für Luft ist $\mu = 1$; ist $\mu > 1$, so heißt der Körper „paramagnetisch“, ist $\mu < 1$, so heißt er „diamagnetisch“.

Setzt man $\frac{\mu - 1}{4\pi} = \kappa$ oder $\mu = 1 + 4\pi\kappa$, so ist

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + 4\pi\kappa\mathfrak{H} = \mathfrak{H} + 4\pi J.$$

$J = \kappa \mathfrak{H}$ heißt „Intensität der Magnetisierung“ und

$\kappa = \frac{J}{\mathfrak{H}}$ magnetische „Suszeptibilität“ (Aufnahmefähigkeit).

Werte für κ bei 18° C:

Silber	— $1,7 \cdot 10^{-6}$,
Kupfer	— $1,0 \cdot 10^{-6}$,
Wasser	— $0,75 \cdot 10^{-6}$,
Vakuum	0,
Luft (1 Atm.)	+ $0,027 \cdot 10^{-6}$,
Platin	+ $25 \cdot 10^{-6}$.

2. Magnetisierungstafel.

H	Amperewindungen für 1 cm Kraftlinienweg			H	Amperewindungen für 1 cm Kraftlinienweg		
	Anker- blech	Stahl- guß	Guß- eisen		Anker- blech	Stahl- guß	Guß- eisen
1 000	—	—	1,2	13 500	11	12,3	—
2 000	—	—	3,3	14 000	13	15,4	—
3 000	—	1,0	6,0	14 500	16	19,6	—
4 000	1,0	1,4	9,5	15 000	21	24	—
5 000	1,3	1,9	14	15 500	30	31,5	—
6 000	1,7	2,4	21	16 000	40	41	—
7 000	2,1	3,1	35	16 500	52	54	—
8 000	2,5	3,8	56	17 000	70	72	—
9 000	3,1	4,7	80	17 500	90	92	—
10 000	3,9	5,7	120	18 000	110	117	—
10 500	4,4	6,2	150	18 500	145	146	—
11 000	5,1	6,8	—	19 000	180	181	—
11 500	5,9	7,4	—	19 500	225	—	—
12 000	6,8	8,2	—	20 000	280	—	—
12 500	7,9	9,0	—	20 500	350	—	—
13 000	9,0	10,4	—	21 000	450	—	—
				22 000	780	—	—

Die Tragkraft eines Magneten errechnet sich nach der Gleichung

$$P = \frac{H^2 f}{8\pi} \text{ Dyn} \cong \left(\frac{H}{5000} \right)^2 \cdot f \text{ kg.}$$

f = Querschnitt der Kraftlinien in qcm,

$H \div 10\,000$ für gehärteten Stahl.

3. Das magnetische Feld einer Ringspule (Fig. 98).

Eine Spule, deren Kraftlinien in einem Ring verlaufen, möge w Windungen haben. Die Länge des Ringes sei $l = 2r_0\pi$ cm und der Querschnitt f qcm. Dann berechnet sich die Feldstärke

$$H_s \cong \frac{4\pi i w}{10 l},$$

oder da

$$\Phi = \mathfrak{S}_s \mu f,$$

so

$$\Phi = \frac{4\pi i w}{10 l} \mu f.$$

Der Ausdruck $4\pi i w$ heißt magneto-
motorische Kraft, während man $\frac{l}{\mu f}$
den magnetischen Widerstand nennt.

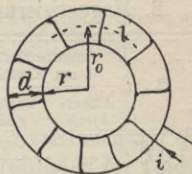


Fig. 98.

§ 3. Selbstinduktion.

Jeder vom Strom durchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinienzahl durch Änderung des Stromes auch geändert wird. Es entsteht dadurch in dem Leiter eine elektromotorische Kraft der Selbstinduktion

$$e = -L \frac{di}{dt}.$$

Der Selbstinduktionskoeffizient L berechnet sich aus der Formel

$$L = \frac{4\pi w^2 f}{10 l}.$$

Aus den folgenden Gleichungen wird L in cm erhalten; um L in Henry umzurechnen, muß der betreffende Wert mit 10^{-9} multipliziert werden.

1. Drahting vom Durchmesser D cm und der Drahtstärke d cm.

$$L = \pi \frac{D}{2} \left(4 \ln \frac{8D}{d} - 8 \right) \text{ cm}.$$

2. Spule (1 Drahtlage) mit einem Kreiszyylinderquerschnitt F qcm, dessen Radius r cm, und dessen Länge bei w Windungen l cm ist.

$$L = \frac{4\pi w^2 F}{l} = \frac{4\pi^2 w^2 r^2}{l}.$$

3. Lange zylindrische Spule mit dem inneren Radius r und dem äußeren Radius R cm.

$$L = \frac{4}{3} \pi^2 \frac{w^4}{l^3} (R - r) (R^3 - r^3).$$

4. Ringförmige Spule mit dem Radius R_m und dem Querschnittsradius r cm.

$$L = 4 \pi w^2 (R_m - \sqrt{R_m^2 - r^2}).$$

5. Flache Spule, deren mittlerer Durchmesser groß gegenüber dem Windungsraum ist.

$$L \cong 4 \pi w^2 r \left(\ln \frac{8r}{d} - 2 \right).$$

6. Zwei parallele, zu einer Schleife verbundene, geradlinige Leiter; Abstand der Drähte d , Länge der Schleife l .

$$L = l \left(1 + 4 \ln \frac{d - r}{r} \right);$$

für hohe Frequenz ist

$$L_h = l 4 \ln \frac{d - r}{r}.$$

Werte für L in Millihenry für $l = 1$ km:

Draht- radius r mm	d 25 cm	d 50 cm	d 75 cm	d 100 cm	d 150 cm	d 200 cm
0,5	2,584	2,862	3,024	3,140	3,290	3,410
1,0	2,310	2,584	2,744	2,862	3,028	3,140
1,5	2,140	2,418	2,584	2,696	2,860	2,974
2,0	2,034	2,310	2,480	2,584	2,744	2,860
2,5	1,940	2,220	2,380	2,494	2,658	2,772
3,0	1,868	2,140	2,300	2,438	2,584	2,692
3,5	1,810	2,088	2,258	2,366	2,526	2,640
4,0	1,754	2,034	2,174	2,310	2,452	2,584
4,5	1,700	1,980	2,140	2,254	2,424	2,540
5,0	1,664	1,942	2,104	2,220	2,362	2,498

§ 4. Gegenseitige Induktion.

Die gegenseitige Induktion tritt bei dem Vorhandensein zweier Stromkreise auf. Es sei w_1 die Windungszahl der einen Spule, w_2 diejenige der andern. Durch die Spule w_1 gehe ein Strom i . Wenn i geändert wird, so entsteht durch die damit verbundene Änderung der Kraftlinienzahl in der Spule w_2 eine elektromotorische Kraft der gegenseitigen Induktion

$$e = M \frac{di}{dt}.$$

Hierin ist der Koeffizient der gegenseitigen Induktion

$$M = \frac{4\pi w_1 w_2}{10 l} f \text{ cm} = \frac{4\pi w_1 w_2}{10 l} f 10^{-9} \text{ Henry.}$$

Für 2 ringförmige, konzentrische Spulen mit dem mittleren Radius R und r cm für die äußere bzw. innere Spule ist

$$M = 4\pi w_1 w_2 (R - \sqrt{R^2 - r^2}).$$

§ 5. Hysteresis.

Unter Hysteresis versteht man das Zurückbleiben des Magnetismus gegenüber der magnetisierenden Kraft.

Die Hysteresisschleife stellt sich also dar durch eine Gleichung

$$\mathfrak{B} = f(\mathfrak{H}),$$

wobei \mathfrak{H} die magnetische Feldstärke und \mathfrak{B} die magnetische Induktion ist. Die von der Schleife eingeschlossene Fläche gibt die durch die Ummagnetisierung aufgenommene Energie wieder, welche sich in Wärme umsetzt. (Fig. 99.)

Der Wert von \mathfrak{B} für $\mathfrak{H} = 0$ heißt Remanenz, derjenige von \mathfrak{H} für $\mathfrak{B} = 0$ Koerzitivkraft.

Es sei

N der Leistungsverbrauch in Watt,

V das Volumen des Körpers in ccm,

p die Periodenzahl/s, d. h. die Anzahl der vollständigen Ummagnetisierungen in der Sekunde,

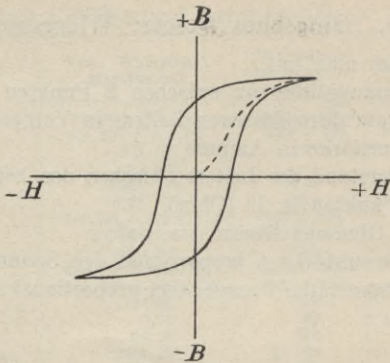


Fig. 99.

dann besteht nach Steinmetz die Gleichung

$$N = \eta \cdot \mathfrak{B}^{1,6} \cdot V \cdot p \cdot 10^{-7} \text{ Watt.}$$

Werte für η :

weiches Schmiedeeisen	0,0015 ÷ 0,0045,
geglühter Stahl	0,004 ÷ 0,012,
gehärteter Stahl	0,010 ÷ 0,025,
Gußeisen	0,012 ÷ 0,016,
Nickel	0,013 ÷ 0,039.

Werte für $\eta \mathfrak{B}^{1,6}$:

\mathfrak{B}	$\eta = 0,002$	$\eta = 0,003$	$\eta = 0,004$	\mathfrak{B}	$\eta = 0,002$	$\eta = 0,003$	$\eta = 0,004$
1000	126,2	189,3	252,4	10 000	5 024	7 536	10 048
2000	382,5	573,8	765,1	11 000	5 850	8 775	11 700
3000	731,8	1097,8	1463,7	12 000	6 725	10 088	13 451
4000	1160	1740	2320	13 000	7 644	11 467	15 289
5000	1657	2486	3314	14 000	8 607	12 910	17 213
6000	2219	3328	4437	15 000	9 611	14 417	19 222
7000	2839	4259	5678	16 000	10 657	15 985	21 314
8000	3515	5273	7031	17 000	11 742	17 613	23 484
9000	4244	6367	8489	18 000	12 867	19 300	25 733

§ 6. Ohmsches Gesetz; Widerstand.

Bezeichnet man mit

e die Spannungsdifferenz zwischen 2 Punkten eines vom Gleichstrom durchflossenen Leiters in Volt,

i die Stromstärke in Ampere,

r den Widerstand des Leiters zwischen den beiden betreffenden Punkten in Ω (Ohm),

so sagt das Ohmsche Gesetz aus, daß

1. die Stromstärke i proportional der Spannung e und
2. die Stromstärke i umgekehrt proportional dem Widerstande r

ist.

$$i = \frac{e}{r}; \quad e = i r; \quad r = \frac{e}{i}.$$

Dieses Gesetz gilt in vorstehender Form nur für Gleichstrom- und induktionsfreie Wechselstromkreise.

Der Widerstand r eines Leiters hängt ab:

1. von seiner Länge l in m,
2. von seinem Querschnitt f in qmm,
3. von seinem spez. Widerstand ϱ .

ϱ ist derjenige Widerstand, welchen ein Leiter von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bietet. Es ist

$$r = \varrho \frac{l}{f} = \frac{1}{\kappa} \frac{l}{f}.$$

$\kappa = \frac{1}{\varrho}$ heißt spez. Leitvermögen.

Der Widerstand eines Leiters nimmt im allgemeinen mit der Temperatur zu. Es ist angenähert

$$r_t = r_0 (1 + \alpha t),$$

wobei

r_t der Widerstand bei $t^\circ \text{C}$,

r_0 der Widerstand bei 0°C ,

α der Temperaturkoeffizient ist.

Spezifischer Widerstand fester Isolatoren:

Material	Spez. Widerstand Megohm cm	Gleichstrom- Spannung für 1 mm Dicke	Luft- Temperat. °C	Luft- feuchtig- keit %
Zelluloid, weiß	71 000 ÷ 79 000	3980 ÷ 2040	16	70
Fensterglas ...	6,6.10 ⁶ ÷ 8,2.10 ⁶	690 ÷ 405	17 ÷ 19	70 ÷ 48
Glimmer.....	2,3.10 ⁶	4000	19	48
Guttapercha ..	450.10 ⁶	—	—	—
Hartgummi ..	3600.10 ⁶	910	17	70
Holzkohle	0,26.10 ⁶	215	19	48
Linoleum	1,0.10 ⁶ ÷ 1,3.10 ⁶	572 ÷ 286	16	70
Marmor	435 ÷ 510	66,5 ÷ 33,7	16	70
Mikantit	6500.10 ⁶	1250	19	48
Okonit	620.10 ⁶ ÷ 640.10 ⁶	1880 ÷ 1425	16	70
Paraffin	240.10 ⁶ ÷ 3900.10 ⁶	2860 ÷ 435	17	80 ÷ 70
Preßspan	11 000	940	19	48
Schiefer	0,78	40	16	70
Stabilit.....	24.10 ⁶	361	19	48
Sterlingfirnis .	26,6.10 ⁶	10 700	16	70
Ton, gebrannt.	13 000	92	19	48
Vulkanfaser ...	53	371	19	48

Spezifischer Widerstand flüssiger Isolatoren:

Material	Spez. Widerstand Megohm cm	Tem- perat. °C	Material	Spez. Widerst. Megohm cm	Tem- perat. °C
Holzteer.....	1 700 000 000	18	Benzin	14 000 000	18
Rohes Ozokerit ..	450 000 000	18	Schwer.Paraffinöl ..	8 000 000	18
Stearinsäure	350 000 000	18	Olivenöl	1 000 000	18
Paraffinwachs ...	110 000 000	18	Benzol	1 300	18

Spez. Leitvermögen von Lösungen bei 18^o C:

Lösung	KCl	NH ₄ Cl	NaCl	Na ₂ CO ₃	MgSO ₄	ZnSO ₄	H ₂ SO ₄	CuSO ₄	HNO ₃	HCl	KOH
5	0,069	0,092	0,067	0,045	0,026	0,019	0,209	0,019	0,258	0,395	0,172
10	136	178	121	70	41	32	392	32	461	630	315
15	202	259	164	84	48	42	543	42	613	745	425
20	268	337	196		48	47	653		711	762	499
25		403	214		42	48	717		770	723	540
30						44	740		785	662	542
35							724		769	591	509
40							680		733	515	450
50							541		631		
60							373		513		
70							216		396		
80							111		267		
Größtwerth					49	48	740		785	767	544
bei %					17,4	23,5	30,0		29,7	18,3	20,8

Werte für ρ , α und κ bei 15°C :

$$r_t = r_{15} [1 + \alpha (t - 15)].$$

Material	Spez. Widerstand $\rho \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$	Temperaturkoeffizient bez. auf 15°C $\frac{1}{1000} \frac{^{\circ}\text{C}}{}$	Leitfähigkeit $\kappa \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$	Spez. Gewicht $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
Aluminium, gewalzt	0,02874	3,7	34,8	2,70
Blei, gepreßt	0,20	3,7	5,0	11,37
Eisen, rein	0,104	4,8	9,6	—
Eisendraht und -blech	0,12 ÷ 0,14	4,8 ÷ 4,5	8,3 ÷ 7,1	7,86
Eisentelegraphdraht	0,135	—	7,4	7,65
Gold	0,022	3,5	45	19,32
Graphit und Retortenkohle	13 ÷ 100	0,8 ÷ 0,2	0,08 ÷ 0,01	2,3 ÷ 1,9
Kadmium	0,068	3,8	14,7	8,6
Kupfer, rein	0,0162	4,0	62	—
Kupfer (deutsch), weich	0,0172	4,0	58,1	8,913
Kupfer (deutsch), hart	0,0175	4,0	7,50	8,913
Nickel	0,11 ÷ 0,13	4 ÷ 3	9,0 ÷ 7,5	8,9
Osmium	0,095	—	—	—
Palladium	0,11	3	9	11,4

Platin	0,094	2,35	10,7	21,5
Quecksilber	0,9532	0,873	1,049	13,55
Silber, weich	0,0158	3,6	63,5	10,55
Silber, hart	0,0175	3,6	57	10,55
Tantal	0,165	3,0	6,06	16,8
Wismut, gepreßt	1,1 ÷ 1,4	3,5	0,9 ÷ 0,7	9,8
Zink, gepreßt	0,059	3,9	17	7,2
Zinn	0,11 ÷ 0,14	4,5	9 ÷ 7	7,3
Aluminiumbronze (Cu, 5% Al)	0,13	0,5 ÷ 1,0	7,5 ÷ 3,5	8,4
Aluminiumbronze (Cu, 10% Al)	0,29	0,5 ÷ 1,0	3,5	7,65
Messingdraht (30% Zn)	0,085 ÷ 0,065	1,2 ÷ 2,0	12 ÷ 15	8,3
Platinrhodium (10% Rh)	0,20	1,0 ÷ 1,7	5	21,6
Platinsilber (20% Pt)	0,20	0,2 ÷ 0,3	5	21,6
Manganin (84 Cu + 12 Mn + 4Ni)	0,41 ÷ 0,46	— 0,003 ÷ + 0,01	2,3 ÷ 2,35	8,4 ÷ 8,43
Konstantan (Cu, Ni)	0,47 ÷ 0,488	— 0,03 ÷ — 0,005	2,1 ÷ 2,05	8,8
Nickelin (Cu, Ni)	0,33 ÷ 0,43	0,053 ÷ 0,019	3,0 ÷ 2,4	8,87 ÷ 8,88
Rheotan (Cu, Ni, Zn)	0,47	0,23	2,1	8,55
Neusilber (Cu, Ni, Zn)	0,36 ÷ 0,38	0,073 ÷ 0,072	2,7	8,77
Kruppin (Fe, Ni)	0,85 ÷ 0,86	0,7	1,19	8,1

Formeln für die Übergangswiderstände von Erdleitungen im unbegrenzten Medium:

1. Kugel mit dem Durchmesser d .

$$r_{\bar{a}} = \frac{\rho}{2 d \pi}.$$

2. Kreisförmige Platte mit dem Durchmesser d .

$$r_{\bar{u}} = \frac{\rho}{4 d}.$$

3. Zylindrische Walze mit dem Durchmesser d und der Länge $n \cdot d$.

$$r_{\bar{u}} = \frac{\rho}{d\pi} \frac{\ln 2 n}{2 n}.$$

§ 7. Kirchhoffsche Gesetze.

Die Kirchhoffschen Gesetze handeln über Stromverzweigungen.

1. Gesetz:

Für jeden Verzweigungspunkt ist die Summe der zufließenden gleich der Summe der abfließenden Ströme, oder die algebraische Summe aller Ströme ist gleich 0.

$$\Sigma(i) = 0.$$

2. Gesetz:

Bei verzweigten Stromkreisen, in denen mehrere elektromotorische Kräfte wirken, ist für jeden einzelnen Schließungskreis die algebraische Summe der elektromotorischen Kräfte gleich der algebraischen Summe der Produkte aus den Stromstärken und den zugehörigen Widerständen.

$$\Sigma(E) = \Sigma(i r).$$

Auf diesen Sätzen beruht die Theorie der Stromverzweigung.

1. Parallelschaltung:

$$J = i_1 + i_2 + i_3 + \dots = \Sigma(i),$$

$$i_1 : i_2 : i_3 \dots = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} \dots$$

Kombinationswiderstand: Der resultierende Widerstand

R_c berechnet sich aus der Formel

$$\frac{1}{R_c} = \sum \left(\frac{1}{R} \right) = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

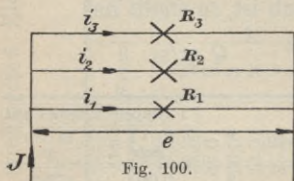


Fig. 100.

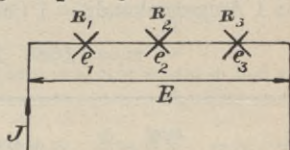


Fig. 101.

2. Hintereinander-(Folge-)Schaltung:

$$E = e_1 + e_2 + e_3 \dots = \Sigma(e)$$

$$e_1 : e_2 : e_3 \dots = R_1 : R_2 : R_3 \dots$$

Kombinationswiderstand:

$$R_c = \Sigma(R) = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

§ 8. Joulesches Gesetz.

Wird durch einen Leiter r ein Strom i während t Sekunden geschickt, so entsteht in ihm eine Wärmemenge

$$Q = 0,24 i e t = 0,24 i^2 r t \text{ cal,}$$

indem die vom Strome geleistete Arbeit $= e i t = i^2 r t$ Wattsekunden in Form von Wärme zum Ausdruck kommt. Demnach ist die elektrische Leistung (Effekt)

$$N = e i = i^2 r.$$

§ 9. Faradaysches Gesetz.

Ein Strom i scheidet in der Zeit t beim Durchgang durch ein elektrolytisches Bad eine Menge

$$m = k a i t \text{ gr}$$

aus. Hierin bedeutet a das chemische Äquivalent, welches sich aus Atomgewicht A und Wertigkeit n (Wasserstoff $H = 1$) zusammensetzt:

$$a = \frac{A}{n};$$

für t in s ist $k = 1,0386 \cdot 10^{-5}$,
 t in min ist $k = 0,6232 \cdot 10^{-3}$,
 t in h ist $k = 0,3739 \cdot 10^{-1}$;

da 1 Amperesekunde = 1 Coulomb ist, so ergibt sich

$$m = 1,0386 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{A}{n} Q \text{ gr/s.}$$

Stoff	A abgerundet	n	1 Ampere scheidet aus	
			in 1 s mgr	in 1 h gr
Aluminium	27	3	0,094	0,337
Antimon	120	3	0,414	1,492
Blei	206,5	2	1,072	3,852
Brom	80	1	0,829	2,984
Chlor	35,4	1	0,367	1,322
Chrom	52,5	2	0,273	0,983
Chrom	52,5	3	0,182	0,655
Eisen	56	2	0,290	1,045
Eisen	56	3	0,193	0,696
Gold	196	3	0,681	2,452
Kalium	39	1	0,405	1,459
Kalzium	40	2	0,207	0,746
Kupfer	63,2	1	0,656	2,362
Kupfer	63,2	2	0,328	1,181
Magnesium	24	2	0,126	0,454
Mangan	55	2	0,284	1,022
Mangan	55	3	0,190	0,684
Natrium	23	1	0,239	0,860
Nickel	58,6	2	0,304	1,094
Nickel	58,6	3	0,202	0,729
Platin	194	4	0,504	1,814
Quecksilber	200	1	2,076	7,473
Quecksilber	200	2	1,037	3,734
Sauerstoff	16	2	0,083	0,299
Schwefel	32	2	0,166	0,598
Silber	108	1	1,118	4,025
Wasserstoff	1	1	0,010	0,037
Wismut	207	3	0,721	2,597
Zink	65	2	0,338	1,218
Zinn	117,4	2	0,617	2,221
Zinn	117,4	4	0,309	1,112

§ 10. Atomgewichte und chemische Konstanten der wichtigsten Elemente.
(Nach den chemischen Zeichen geordnet.)

Zeichen	Name	Atomgewicht	Valenz	Äquivalentgewicht	Zeichen	Name	Atomgewicht	Valenz	Äquivalentgewicht
Ag	Silber	107,93	1	107,93	K	Kalium ...	39,15	1	39,15
Al	Aluminium	27,1	3	9,03	Mg	Magnesium	24,36	2	12,18
As	Arsen.....	75,0	3	25,0	Mn	Mangan ...	55,0	2	27,5
Au	Gold	197,2	3	65,73	Mo	Molybdän .	96,0	5	19,2
B	Bor	11,0	3	3,67	N	Stickstoff ..	14,01	3	4,67
Bi	Wismut ...	208,0	3	69,33	Na	Natrium ...	23,05	1	23,05
Br	Brom).....	79,96	1	79,96	Ni	Nickel	58,7	2	29,35
C	Kohlenstoff	12,0	4	3,0	O	Sauerstoff .	16,0	2	8,0
Ca	Kalzium ...	40,1	2	20,05	P	Phosphor ..	31,0	3	10,33
Cd	Kadmium ..	112,4	2	56,2	Pb	Blei	206,9	2	103,45
Cl	Chlor	35,45	1	35,45	Pt	Platin	194,8	4	48,7
Co	Kobalt	59,0	2	29,5	R	Radium.....	225	2	112,5
Cr	Chrom	52,1	3	17,37	S	Schwefel ..	32,06	2	16,03
Cu	Kupfer	63,6	1 u. 2	63,6 u. 31,8	Sb	Antimon ..	120,2	3	40,07
Fl	Fluor	19,0	1	19,0	Si	Silizium ...	28,4	4	7,1
Fe	Eisen	55,9	2 u. 3	27,95 u. 18,63	Sn	Zinn.....	119,0	2 u. 4	59,5 u. 29,75
H	Wasserstoff.	1,008	1	1	Ta	Tantal	181	5	36,2
He	Helium	4,0	—	—	Ti	Titan	48,1	4	12,0
Hg	Quecksilber	200,0	1 u. 2	200 u. 100	V	Vanadium..	51,2	5	10,24
Ir	Iridium ...	193,0	4	47,89	W	Wolfram ..	184	5	36,8
J	Jod	126,97	1	126,97	Zn	Zink.....	65,4	2	32,7

§ 11. Kapazität (Kondensator).

Unter der Kapazität C eines Kondensators versteht man den Quotienten aus der auf ihm befindlichen Elektrizitätsmenge Q und der ladenden elektromotorischen Kraft E

$$C = \frac{Q}{E} \text{ Farad.}$$

Die Ladung Q_l eines Kondensators C ist nach t s bei einer ladenden elektromotorischen Kraft E durch einen Widerstand R

$$Q_l = C E \left(1 - e^{-\frac{t}{CR}} \right).$$

Der Ladungsrückstand Q_r beträgt bei Schließung des Kondensators durch den Widerstand R nach t s

$$Q_r = C E e^{-\frac{t}{CR}}.$$

In beiden Formeln bedeutet e die Basis der nat. Logarithmen = 2,71828.

Die in dem Kondensator aufgespeicherte Arbeit, ausgedrückt durch die Kapazität und Spannung, beträgt

$$A = \frac{1}{2} C E^2.$$

Parallelschaltung von Kondensatoren: Resultierende Kapazität

$$C_r = C_1 + C_2 + C_3 + \dots = \Sigma(C).$$

Folgeschaltung von Kondensatoren: Resultierende Kapazität

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots = \Sigma \left(\frac{1}{C} \right).$$

Im folgenden sind die Kapazitäten mehrerer Kondensatorformen verzeichnet:

1. Kugel vom Radius r cm

$$C = \varkappa r \text{ cm.}$$

2. Zylinder vom Radius r cm und der Länge l cm

$$C = \varkappa \frac{l}{2 \ln \frac{l}{r}} \text{ cm.}$$

3. 2 parallele Zylinder (Leitungen) im Abstände a cm

$$C = \varkappa \frac{l}{4 \ln \left(\frac{a}{r} \right)} \text{ cm.}$$

4. 2 konzentrische Zylinder mit den Radien r_1 und r_2 und der Länge l cm

$$C = \varkappa \frac{l}{2 \ln \left(\frac{r_1}{r_2} \right)} \text{ cm.}$$

5. 2 parallele Flächen von F qcm im Abstände a cm

$$C = \varkappa \frac{F}{4 \pi a} \text{ cm.}$$

Um die Kapazität in Mikrofarad zu erhalten, sind die Werte noch durch $9 \cdot 10^5$ zu dividieren.

6. 2 parallele Luftleitungen (Gleichstrom oder Einphasenwechselstrom)

$$C = \frac{0,01207}{\log \left(\frac{d}{r} \right)} \mu F \text{ für 1 km}$$

d = Achsenabstand in cm,

r = Leiterradius in cm.

7. Drehstromluftleitung (die drei Leiter bilden ein gleichseitiges Dreieck, Nulleiter nicht vorhanden oder in Erde verlegt)

$$C = \frac{0,02414}{\log \frac{d}{r}} \mu F \text{ für 1 km}$$

d = Achsenabstand in cm,

r = Leiterradius in cm.

8. Einadriges Kabel (Seele gegen Mantel)

$$C = \varkappa \frac{1}{9} \frac{1}{2 \ln \frac{r_i}{r}} \mu F \text{ für 1 km,}$$

r = Leiterradius in cm,

r_i = innerer Mantelradius in cm.

9. Zweileiterkabel (Mantel geerdet)

$$C = \varkappa \frac{1}{9} \frac{1}{4 \ln \left[\frac{2a}{r} \cdot \frac{(r_i^2 - a^2)}{r_i^2 + a^2} \right]} \mu F \text{ für 1 km.}$$

10. Drehstromkabel (Mantel geerdet)

$$C = \varkappa \frac{1}{9} \frac{1}{\ln \left[\frac{3a^2}{r^2} \cdot \frac{(r_i^2 - a^2)^3}{r_i^6 - a^6} \right]} \mu F \text{ für 1 km.}$$

a = Abstand der Leiterachsen von Kabelachse in cm.

Werte für \varkappa bezogen auf das Vakuum:

Material	\varkappa
Ebonit	2,0 ÷ 3,0
Flintglas	6,61 ÷ 9,90
Glimmer	4 ÷ 8
Guttapercha	2,8 ÷ 4,2
Kautschuk, rein	2,12
Kautschuk, vulkanisiert	2,69
Kolophonium	2,55
Luft 1 mm Hg-Druck	0,94
Luft 5 mm Hg-Druck	0,9985
Ozokerit, Schmieröl	2,16
Papier	1,8 ÷ 2,6
Paraffin fest	1,9 ÷ 2,2
Petroleum	2,0 ÷ 2,3
Porzellan (Gleichstrom)	5,3
Porzellan (Wechselstrom)	4,4
Rapsöl	2,3
Rüböl	3

Material	x
Mineralöl } Transformatoröl	2,22
Harzöl }	2,45
Schellack	2,6 ÷ 3,7
Schwefel	2,42
Kabelisolation (imprägniertes Papier oder Jute) .	4,31
Terpentinöl	2,2
Wasser	~80

§ 12. Durchschlagwiderstand.

a) Effektivwerte bei sinusförmiger Wechselspannung und beim Durchschlag zwischen Platten:

Material	Volt/mm
Reiner Hartgummi	10 000 ÷ 38 000
Glimmer	17 500 ÷ 28 500
Weichgummi	18 500
Stabilit	9000 ÷ 17 500
Paraffin	11 500
Wachs	11 500
Kolophonium	11 000
Hartporzellan	9000 ÷ 10 500
Gewöhnliches Porzellan ...	7500 ÷ 9500
Gewöhnliches Glas	8000 ÷ 9000
Marmor	6500

b) Durchschlagentfernung in mm bei sinusförmigem Wechselstrom:

Elektroden	Kugeln 20mm Ø	Spitze und Platte	Hör- ner	Platten			Spitze und Platte			
				Luft	Glim- mer	Por- zellan	Paraffin	Par.- Öl	Harz-	Riz.-
10 000	5	10	3	0,085	0,7	—	4	3	4	4
20 000	10	24	8	0,215	1,5	—	9	8	10	9
40 000	32	58	25	0,55	3,5	1,5 ÷ 3,0	20	22	26	22
60 000	80	104	64	0,98	5,9	3,0 ÷ 6,5	36	38	52	39
100 000	229	230	200	—	11,2	10,5 ÷ 16,0	73	73	106	78
140 000	390	390	380	—	—	—	111	113	174	134

§ 13. Batterien.

Name	Lösungselektrode	Lösungsflüssigkeit	Ableitungselektrode	Depolarisierende Körper	Elektromot. Kraft, Volt
Daniell*	amalg. Zink	Schwefelsäure 1 : 12	Kupfer	Kupfervitriol, gesättigt	} 0,95 ÷ 1,05
Daniell*	amalg. Zink	Schwefelsäure 1 : 4	Kupfer	Kupfervitriol, gesättigt	
Daniell*	amalg. Zink	Zinkvitriol	Kupfer	Kupfervitriol	0,9 ÷ 1,1
Siemens	amalg. Zink	Papiermasse mit Schwefelsäure	verkupf. Bleiplatte	Kupfervitriol	1,008
Krüger	Zink	Zinkvitriol	Blei	Kupfervitriol, gesättigt	0,95 ÷ 1,35
Meißinger	amalg. Zink	Bittersalzlösung, gesättigt	Platin	Salpetersäure, spez. Gew. 1,33	1,8
Grove*	amalg. Zink	Schwefelsäure 1 : 12	Kohle	rauchende Salpetersäure	1,9
Bunsen*	Zink	Schwefelsäure 1 : 12	Kohle	12 G.-T. Kaliumbichromat	2 ÷ 2,2
Bunsen	Zink	Schwefelsäure 1 : 17	Kohle	25 „ Schwefelsäure	2,3
Bunsen	amalg. Zink	16 G.-T. Kaliumbichromat	Kohle	100 „ Wasser	
Bunsen	amalg. Zink	37 „ reine Schwefelsäure	Kohle	16 G.-T. Kaliumbichromat	1,47
Bunsen	amalg. Zink	100 „ Wasser	Kohle mit Braunstein	37 „ reine Schwefelsäure	
Leclanché	amalg. Zink	Salmiaklösung	Eisen	100 „ Salmiaklösung	1,0
Lalande u. Chaperon	Zink	Kalilauge oder Pottaschelösung 30 ÷ 40%		—	

* Mit Tonzelle.

2. Normalelement von Weston.

Von $+5 \div 25^{\circ} \text{C}$ ist $E = 1,0190$ Volt.

3. Akkumulatoren.

Zur Füllung dient Schwefelsäure vom spez. Gewicht $1,18 \div 1,25$.

Die Ladungsstromstärke beträgt ca. $0,6 \div 0,9$ A pro 1 qdem Plattenoberfläche.

Die Entladungsstromstärke beträgt ca. $0,9 \div 1,2$ A pro 1 qdem Plattenoberfläche.

§ 14. Leitungen.

Installationsleitungen:

Querschnitt qmm	Widerstand der Einfachleitung Ohm $\frac{\text{Ohm}}{1000 \text{ m}}$	Gewicht kg $\frac{\text{kg}}{1000 \text{ m}}$	Für geschlossene Räume	
			höchste zul. Strom- stärke	Normalstrom der Abschmelz- sicherung
0,75	23,333	6,68	9	6
1	17,500	8,91	11	6
1,5	11,667	13,37	14	10
2,5	7,000	22,28	20	15
4	4,3750	35,65	25	20
6	2,9167	53,48	31	25
10	1,7500	89,13	43	35
16	1,09375	142,6	75	60
25	0,7000	222,8	100	80
35	0,5000	311,9	125	100
50	0,3500	445,6	160	125
70	0,2500	623,9	200	160
95	0,18421	846,7	240	190
120	0,14584	1069,5	280	225
150	0,11667	1336,9	325	260
185	0,09460	1649	380	300
240	0,07272	2139	450	360
310	0,05645	2763	540	430
400	0,04375	3565	640	500
500	0,03500	4456	760	600
625	0,02800	5570	880	700
800	0,02187	7130	1050	850
1000	0,01750	8913	1250	1000

Die Berechnung der Leitungen geschieht:

1. auf Erwärmung,
2. auf größten Spannungsverlust,
3. auf Wirtschaftlichkeit.

Kabel:

Belastungstabelle.

Querschnitt qmm	Einleiterkabel bis 700 Volt	Zweileiter- kabel bis		Verseilte Drei- leiterkabel bis		Verseilte Vier- leiterkabe) bis		Konzentrische	
		3000 Volt	10000 Volt	3000 Volt	10 000 Volt	3000 Volt	10 000 Volt	Zweileiter- kabel bis 3000 Volt	Dreileiter- kabel bis 3000 Volt
1	24	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	31	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	41	—	—	—	—	—	—	—	—
4	55	42	—	37	—	34	—	—	—
6	70	53	—	47	—	43	—	—	—
10	95	70	65	65	60	57	55	70	55
16	130	95	90	85	80	75	70	90	75
25	170	125	115	110	105	100	95	120	100
35	210	150	140	135	125	120	115	145	120
50	260	190	175	165	155	150	140	180	150
70	320	230	215	200	190	185	170	220	185
95	385	275	255	240	225	220	205	270	220
120	450	315	290	280	260	250	240	310	255
150	510	360	335	315	300	290	275	360	290
185	575	405	380	360	340	330	310	405	330
240	670	470	—	420	—	385	—	470	385
310	785	545	—	490	—	445	—	550	455
400	910	635	—	570	—	—	—	645	530
500	1035	—	—	—	—	—	—	—	—
625	1190	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1380	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	1585	—	—	—	—	—	—	—	—

Diese Werte gelten für eine zulässige Erwärmung der Kabel um 25° C.

I. Die Rücksicht auf die zulässige Erwärmung ergibt für

jeden Drahtquerschnitt eine bestimmte Belastungsstromstärke. Bei den Werten der Tabelle auf S. 143 bewirken die größten Stromstärken eine Temperaturerhöhung um 20° C. Für die zugehörigen Sicherungen gelten die Zahlen der letzten Reihe.

II. Die Berechnung der Leitungen auf Spannungsverlust geschieht nach folgenden Formeln.

Es bedeuten für Leitungen mit Stromentnahme nur am Endpunkte:

- e_1 die Primärspannung } in Volt, gemessen zwischen
 e_2 die Sekundärspannung } 2 Drähten,
 N_1 die Leistung in Watt, gemessen bei e_1 ,
 N_2 die Leistung in Watt, gemessen bei e_2 ,
 r der Widerstand in Ohm der einfachen Leitung von e_1
 bis e_2 ,
 i die Stromstärke in A,
 l die Länge der einfachen Leitung in m,
 q den Querschnitt der einfachen Leitung in qmm,
 φ_1 } die Phasenverschiebungswinkel bei e_1 bzw. e_2 ,
 φ_2 }
 ε den Leistungsverlust in sämtlichen Leitungen in % der sekundären Leistung.

Der spez. Widerstand des Kupfers sei $\frac{1}{57}$.

1. Gleichstrom und einphasiger Wechselstrom mit induktionsfreier Belastung.

Der Spannungsverlust beträgt $e_1 - e_2 = 2 i r$.

Der Leistungsverlust beträgt $N = N_1 - N_2 = 2 i^2 r$.

Der Leitungsquerschnitt beträgt $q = \frac{N_2 \cdot 2 l \cdot 100}{57 \varepsilon \cdot e_2^2}$ für Kupfer.

2. Einphasiger Wechselstrom mit Induktion.

Der Leitungsquerschnitt beträgt $q = \frac{2 N_2 \cdot l \cdot 100}{57 \varepsilon e_2^2 \cos^2 \varphi_2}$ für

Kupfer.

Die Leistung berechnet sich aus $N_1 = e_1 i \cos \varphi_1$,

$$N_2 = e_2 i \cos \varphi_2.$$

Der Leistungsverlust ist

$$N = 2 i^2 r.$$

3. Drehstrom.

Der Leitungsquerschnitt beträgt $q = \frac{N_2 l 100}{57 \varepsilon e_2^2 \cos^2 \varphi_2}$ für

Kupfer.

Die Leistung berechnet sich aus $N_1 = e_1 i \cos \varphi_1 \sqrt{3}$,

$$N_2 = e_2 i \cos \varphi_2 \sqrt{3}.$$

Der Leistungsverlust ist

$$N = 3 i^2 r.$$

Vergleichende Zusammenstellung von Kupfer- und Aluminiumdrähten und -Seilen für gleichen Widerstand:

Querschnitt qmm		Anzahl der Drähte		Durchmesser der Drähte mm		Gesamtdurchmesser mm		Gewicht kg/1000 m	
Kupf.	Alum.	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.
0,5	0,82	1	1	0,798	1,04	0,8	1,04	4,5	2,13
1,0	1,65	1	1	1,128	1,45	1,13	1,45	8,9	4,3
1,5	2,47	1	1	1,382	1,77	1,4	1,77	13,4	6,4
2,0	3,29	1	1	1,546	2,05	1,6	2,05	17,8	8,6
2,5	4,12	1	1	1,783	2,29	1,8	2,29	22,2	10,7
3,0	4,94	1	1	1,955	2,51	1,95	2,51	26,4	12,8
4,0	6,60	1	1	2,258	2,90	2,25	2,90	36,0	17,2
5,0	8,24	1	1	2,522	3,24	2,52	3,24	45,0	21,4
6,0	9,88	1	1	2,762	3,55	2,8	3,55	53,0	25,7
7,0	11,53	1	1	2,986	3,83	3,0	3,83	62,0	30,0
10,0	16,47	1	1	3,565	4,58	3,56	4,58	89,0	43,0
12,5	20,57	1	1	3,990	5,12	4,0	5,12	111,0	54,0
16,0	26,35	1	7	4,520	2,18	4,5	6,50	142,0	69,0
20,0	32,94	1	7	5,048	2,45	5,05	7,40	178,0	86,0
25,0	41,18	1	7	5,640	2,74	5,64	8,20	223,5	107,0
35,0	57,64	7	19	2,522	1,97	7,6	9,85	311,0	150,0
50,0	82,35	19	19	1,831	2,35	9,1	11,75	445,0	214,0
70,0	115,29	19	19	2,163	2,78	10,8	13,40	623,0	300,0
95,0	156,46	19	19	2,522	3,24	12,6	16,18	846,0	407,0
115,0	189,41	19	19	2,780	3,56	13,9	17,80	1023,0	492,0
120,0	197,64	19	19	2,840	3,64	14,2	18,20	1068,0	514,0
125,0	205,80	19	19	2,905	3,71	14,5	18,55	1113,0	535,0
130,0	214,10	19	19	2,960	3,79	14,8	18,95	1157,0	557,0
140,0	230,58	19	19	3,070	3,93	15,5	19,65	1246,0	600,0
150,0	247,05	19	19	3,180	4,07	16,0	20,35	1335,0	642,5

§ 15. Wechselstromkreise.

Für die Formeln der Wechselstromkreise gelten folgende Bezeichnungen. Es sei

R Ohmscher (induktionsfreier) Widerstand,

L Induktivität,

C Kapazität,

e Momentanwerte der Spannung,

e' Effektivwerte der Spannung,

$\bar{e} = e' \sqrt{2}$ Größtwerte der Spannung,

i Momentanwerte der Stromstärke,

i' Effektivwerte der Stromstärke,

$\bar{i} = i' \sqrt{2}$ Größtwerte der Stromstärke,

f = Anzahl der Schwingungen in 1 s ($2\pi f = \omega$),

φ Phasenverschiebungswinkel,

t Zeit in s,

dann ist $e = \bar{e} \sin(\omega t)$

und $i = \bar{i} \sin(\omega t)$.

1. Ohmscher Widerstand (induktionsfrei).

$$e = i R = \bar{i} R \sin(\omega t) = \bar{e} \sin(\omega t),$$

$$e' = i' R,$$

$$\bar{e} = \bar{i} R.$$

Phasenverschiebung 0.

Leistung = $e' i'$.

2. Ohmscher Widerstand und Selbstinduktion.

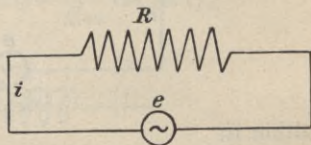


Fig. 102.

$$e = e_R + e_L = i R + L \frac{di}{dt} = \bar{i} R \sin(\omega t) + L \frac{d(\bar{i} \sin \omega t)}{dt},$$

$$e = \bar{i} R \sin(\omega t) + \bar{i} L \omega \cos(\omega t),$$

$$e = \bar{i} \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R},$$

$$\sin \varphi = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}},$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}},$$

$$e' = i' \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

$$\bar{e} = \bar{i} \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}.$$

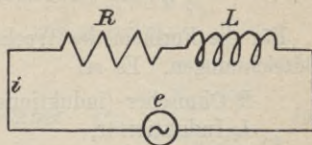


Fig. 103.

Der Strom folgt der Spannung zeitlich um den φ nach.

Man nennt $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ scheinbaren Widerstand oder Impedanz und ωL induktiven Widerstand oder Reaktanz.

Die Leistung ist $e' i' \cos \varphi$.

3. Ohmscher Widerstand und Kapazität.

$$e = e_R + e_C = \bar{i} R \sin(\omega t) + e_C.$$

Es ist

$$Q = C e_C \quad \text{oder} \quad dQ = C d e_C = i dt,$$

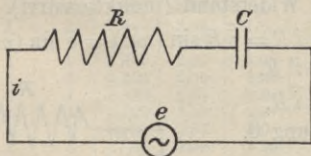


Fig. 104.

mithin ist

$$e_C = \frac{1}{C} \int \bar{i} \sin(\omega t) dt = \frac{\bar{i}}{C \omega} \sin(\omega t - 90),$$

also ist

$$e = \bar{i} R \sin(\omega t) - \frac{\bar{i}}{C \omega} \cos(\omega t)$$

oder

$$e = \bar{i} \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\operatorname{tg} \varphi = -\bar{i} C \omega,$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}}.$$

Der Strom eilt der Spannung zeitlich um den $\sphericalangle \varphi$ vor.

$$e' = i' \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2},$$

$$\bar{e} = \bar{i} \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}.$$

$\frac{1}{C\omega}$ heißt Kapazitätsreaktanz.

Die Leistung berechnet sich zu $e' i' \cos \varphi$.

Ist R zu vernachlässigen, so wird $\varphi = 90^\circ$ und $i' = e' C\omega$.

4. Ohmscher Widerstand, Kapazität und Selbstinduktion.

$$e = e_R + e_L + e_C = \bar{i} R \sin(\omega t) + \bar{i} \omega L \cos(\omega t) - \frac{\bar{i}}{C\omega} \cos(\omega t),$$

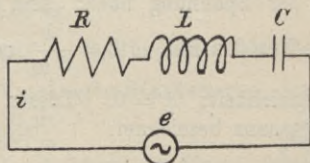


Fig. 105.

$$e = \bar{i} \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{C \omega}}{R},$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)^2}}.$$

$$\sin \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{C \omega}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)^2}},$$

$$e' = i' \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)^2},$$

$$\bar{e} = \bar{i} \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)^2}.$$

Man nennt $\left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)$ totale Reaktanz und

$$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C \omega}\right)^2}$$

scheinbaren Widerstand oder Impedanz.

Ist der Wert der totalen Reaktanz und φ positiv, so eilt der Strom der Spannung nach; sind beide negativ,

so eilt er vor. Für den Fall $\omega L = \frac{1}{C \omega}$ oder $m = \frac{1}{\sqrt{CL}}$

besteht Phasengleichheit: $\varphi = 0$. Dieser Zustand wird als Spannungsresonanz bezeichnet.

Anhang.

Maße und Gewichte von Deutschland, England
und Vereinigten Staaten von Amerika.

I. Deutschland.

- 1 Landmeile = 7500 m.
 1 geogr. Meile = 7420,44 m = 4 Seemeilen.
 1 Seemeile = 1852 m.
- 1 Ar = 0,01 Hektar = 100 qm.
 1 Quadratmeile = 5625 Hektar.
- 1 Pfund = 500 gr.
 1 Zentner = 100 Pfund = 50 kg = 0,05 t.
 1 Doppelzentner (Meterzentner) = 100 kg = 0,1 t.
 1 t = 1000 kg.
- 1 Liter = 0,01 Hektoliter = 1000 ccm.
 1 Pferdestärke = 75 mkg/s = 736 Watt.

II. England.

- 1 Zoll = 25,39 mm.
 1 Fuß = 12 Zoll = 0,333 Yard = 0,3048 m.
 1 Seemeile = 1853 m.
 1 Gallon = 4,5435 l.
 1 Barrel = 163,56 l.
 1 Quarter = 64 Gallons = 512 Pints = 8 Bushels = 290,781 l.
- 1 Hundred-weight (cwt) = 112 Pfund = 50,83 kg.
 1 Tonne = 1016,05 kg.
- 1 Pferdestärke (HP) = 76,041 mkg/s = 746 Watt.

III. Vereinigte Staaten von Amerika.

- 1 Meile = 1609,33 m.
 1 Seemeile = 1855 m.
 1 Gallon (Wein) = 4 Quarts = 8 Pints = 3,7852 l.
- 1 Hundred-weight = 4 Quarters = 100 Pfund = 45,359 kg.
 1 Short-Ton = 2000 Pfund = 907,1853 kg.
 1 Long-Ton = 2240 Pfund = 1016,0475 kg.



Literatur zur Physik

Mit einem Anhang: Mathematische Literatur
für den Physiker

WALTER DE GRUYTER & CO. / BERLIN W 10

Lehrbuch der Physik. Von Eduard Riecke, weiland Geheimer Regierungsrat, o. Professor an der Universität Göttingen. Zu eigenem Studium und zum Gebrauche bei Vorlesungen herausgegeben von Professor Dr. Ernst Lecher †, Vorstand des I. Physikalischen Instituts der Universität Wien, und Professor Dr. Adolf Smekal, o. Assistent am II. Physikalischen Institut der Universität Wien. Siebente, verbesserte und um eine Darstellung der Atomphysik vermehrte Auflage. Groß-Oktav.

I. Band: Mechanik und Akustik. Wärme. Optik. Mit 458 Figuren im Text. XVI, 656 Seiten. 1923 RM. 12.60, geb. RM. 14.—

II. Band: Magnetismus und Elektrizität. Atomphysik. Mit einem Bildnis von E. Lecher † und 319 Figuren im Text. XVI, 725 Seiten. 1928.

RM. 15.—, geb. RM. 17.—

Rieckes berühmtes „Lehrbuch der Physik“, das die Mitte zwischen ausführlichen Werken und kurzen Kompendien hält, liegt nach Erscheinen des zweiten Bandes nunmehr vollständig in siebenter Auflage vor. Smekal hat den vorliegenden zweiten Band auf den letzten Stand der Forschungsergebnisse gebracht, verschiedene Änderungen vorgenommen und das Kapitel „Atomphysik“ neu eingefügt.

Lehrbuch der Physik. Nach Vorlesungen an der Technischen Hochschule zu München. Von H. Ebert, weil. Professor an der Technischen Hochschule München.

I. Band. Mechanik. Wärmelehre. Mit 168 Abbildungen. Zweite Auflage. Groß-Oktav. XX, 661 Seiten. 1917. Anastatischer Neudruck. 1920.
Geb. RM. 21.50

II. Band, I. Teil. Die elektrischen Energieformen. Fertiggestellt und herausgegeben von Professor C. Heinke. Mit 341 Abbildungen im Text. Groß-Oktav. XX, 687 Seiten. 1920 RM 22.— geb. RM. 24.—

II. Band, II. Teil. Die strahlende Energie. Mit 196 Abbildungen im Text. Groß-Oktav. XII, 416 Seiten. 1923 RM. 15.—, geb. RM. 16.50

Das Lehrbuch ist nach Umfang und Stoffbehandlung für diejenigen Physikstudierenden bestimmt, denen die Anwendung bei der Lösung technischer Probleme Endzweck des Studiums ist.

Die Physik. Von Dr. Leo Graetz, o. ö. Professor der Physik an der Universität München. Mit 395 teils farbigen Abbildungen im Text und 12 farbigen und schwarzen Tafeln. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Royal-Oktav. XII, 582 Seiten. 1923 RM. 10.—, geb. RM. 12.50

Der Stoff ist in folgende Abschnitte eingeteilt: Die materiellen Körper. Die Elektronen, Strahlungserscheinungen und der Äther. Strahlen, Elektronen und Materien. Die Darstellung ist trotz aller Wissenschaftlichkeit allgemeinverständlich und lebhaft.

Einführung in die theoretische Physik. Von Dr. Clemens Schaefer, Professor an der Universität Breslau.

- I. Band. Mechanik materieller Punkte, Mechanik starrer Körper, Mechanik der Kontinua (Elastizität und Hydromechanik). Mit 272 Figuren im Text. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Groß-Oktav. XII, 991 Seiten. 1929 RM. 45.—, geb. RM. 48.—
- II. Band. Theorie der Wärme. Molekular-kinetische Theorie der Materie. Mit 88 Figuren im Text. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1929. Groß-Oktav. X, 660 Seiten RM. 28.—, geb. RM. 30.—
- III. Band. 1930. In Vorbereitung.

„Das vorliegende Werk füllt eine merkbare Lücke in der bisher vorliegenden Literatur über theoretische Physik aus. Was es von seinen Vorgängern unterscheidet, ist einmal die Verwendung aller modernen Methoden und zum zweiten die klare und ausführliche Darstellungsweise, welche auch das Studium schwieriger Kapitel zu einem Genuß macht.“ *Annalen der Physik.*

Einführung in die theoretische Physik, mit besonderer Berücksichtigung ihrer modernen Probleme. Von Arthur Haas, a. o. Professor an der Universität Wien.

- I. Band. Dritte und vierte, völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 58 Abbildungen im Text. Groß-Oktav. X, 307 Seiten. 1923. RM. 7.50, geb. RM. 9.—
- II. Band. Dritte und vierte, völlig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 72 Abbildungen im Text und auf zwei Tafeln. Groß-Oktav. VIII, 379 Seiten. 1924 RM. 8.50, geb. RM. 10.—

„Der Vorzug des Buches liegt zweifellos in dem Umstande, daß es dem Verfasser gelingt, den Leser unter Vermeidung jedes überflüssigen Wissensballastes bis an die Probleme der modernen theoretisch-physikalischen Forschung heranzuführen. Es gibt gewiß kein anderes Buch ähnlichen Umfanges, das den Studierenden gleichzeitig mit den Elementen der theoretischen Physik und mit den wichtigsten modernen Forschungsergebnissen, wie Röntgenspektroskopie, Kristallanalyse, Isotopenbestimmung usw., vertraut macht.“ *Monatshefte für Mathem. u. Physik.*

Theoretische Physik. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. 5 Bände.

- I. Mechanik. Mit 25 Figuren. Sechste, verbesserte Auflage. 150 Seiten. 1930. (Sammlung Götschen Bd. 76) Geb. RM. 1.80
- II. Schall und Wärme. Mit 7 Figuren. Sechste, umgearbeitete und vermehrte Auflage. 133 Seiten. 1930. (Sammlung Götschen Bd. 77) Geb. RM. 1.80
- III. Elektrizität und Magnetismus. Mit 35 Figuren. Sechste, verbesserte Auflage. 151 Seiten. 1930. (Sammlung Götschen Bd. 78) . Geb. RM. 1.80
- IV. Optik. Mit 44 Figuren. Sechste, umgearbeitete und vermehrte Auflage. 148 Seiten. 1930. (Sammlung Götschen Bd. 374) . Geb. RM. 1.80
- V. Wärmestrahlung, Elektronik und Atomphysik. Mit 16 Figuren. Sechste, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Ca. 132 Seiten. 1930. (Sammlung Götschen Bd. 1017) Geb. RM. 1.80

Eine Anleitung für Studenten, auf der sich das Studium größerer Werke aufbauen kann.

Methoden der praktischen Analysis. Von Dr. Fr. A. Willers, o. Professor an der Bergakademie Freiberg (Sachsen). Mit 132 Figuren. Groß-Oktav. 344 Seiten. 1928. (Götschens Lehrbücherei Bd. 12.) RM. 20.—, geb. RM. 21.50

Das Buch befaßt sich mit dem Zahlenrechnen und seinen Hilfsmitteln, mit der Interpolation, mit der angenäherten Integration und Differentiation, der praktischen Gleichungslehre, der Analyse empirischer Funktionen und der angenäherten Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen.

Vektoranalysis in ihren Grundzügen und wichtigen physikalischen Anwendungen. Von Dr. phil. Arthur Haas, a. o. Professor an der Universität Wien. Mit 37 Abbildungen im Text. Zweite, verbesserte Auflage. Groß-Oktav. VI, 147 Seiten. 1929 RM. 5.—, geb. RM. 6.—

Eine gemeinverständliche Darstellung der Vektor- und Tensoranalysis. Zur Einführung fürs Hauptfach — zum Studium fürs Neben- und Grenzfach.

Vektoranalysis. Von Dr. Siegfried Valentiner, Professor für Physik an der Bergakademie Clausthal. Mit 16 Figuren. Vierte, umgearbeitete Auflage. 136 Seiten. 1929. (Sammlung Göschen Bd. 354). Geb. RM. 1.80

Ein für Studium und Praxis mit Erfolg benutztes Hilfsmittel zur Lösung technischer Aufgaben.

Punkt- und Vektor-Rechnung. Von Dr. Alfred Lotze, Privatdozent für Mathematik an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 7 Figuren. Groß-Oktav. 132 Seiten. 1929. (Göschens Lehrbücherei Bd. 13.) RM. 12.—, geb. RM. 13.—

Atomphysik. Von Dr. Hans Leßheim in Breslau. I. Band. Mit 36 Abbildungen. 134 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 1009.) Geb. RM. 1.80

Atomtheorie. Von Dr. phil. Arthur Haas, Professor für Physik an der Universität in Wien. Mit 64 Figuren im Text und auf 4 Tafeln. Zweite, völlig umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage. Groß-Oktav. VIII, 258 Seiten. 1929. RM. 10.—, geb. RM. 11.50

Inhalt: Elektronen, Atome und Lichtquanten. Die Grundlagen der Atommechanik. Die Spektren der Atome. Die Röntgenstrahlen. Die Atomkerne. Die Molekeln. Wechselwirkung zwischen Licht und Materie.

Die Welt der Atome. Zehn gemeinverständliche Vorträge. Von Arthur Haas, Dr. phil., a. o. Professor für Physik an der Universität Wien. Mit 37 Figuren im Text und auf 3 Tafeln. Oktav. XII, 130 Seiten. 1926. RM. 4.80, geb. RM. 6.—

Materie und Elektrizität. Die Bausteine der Atome. Die Quanten des Lichtes. Spektren und Energiestufen. Das Wasserstoffatom. Die Grundstoffe. Das Atom als Planetensystem. Die Molekeln. Die Radioaktivität. Die Umwandlungen der Grundstoffe.

Künstliche Verwandlung der Elemente (Zertrümmerung der Atome). Von Dr. Hans Pettersson in Göteborg (Schweden). Aus dem Schwedischen übersetzt von Elisabeth Kirsch. Mit 59 Figuren im Text. Groß-Oktav. VIII, 151 Seiten. 1929. RM. 8.—, geb. RM. 9.—

Die Grundlagen der Physik. Synthetische Prinzipien der mathematischen Naturphilosophie. Von Dr. Hugo Dingler, a. o. Professor an der Universität München. Zweite Auflage. Oktav. XIV, 336 Seiten. 1923. RM. 4.—, geb. RM. 5.—

Aus dem Inhalt: Das Geltungsproblem. Das Zweckprinzip. Die Logik. Raum und Zeit. Kausalität. Die Mechanik.

Physik und Hypothese. Versuch einer induktiven Wissenschaftslehre nebst einer kritischen Analyse der Fundamente der Relativitätstheorie. Von Dr. Hugo Dingler, a. o. Professor an der Universität München. Oktav. XI, 200 Seiten. 1921 RM. 3.—, geb. RM. 4.—

Das Naturbild der neuen Physik. Von Dr. phil. Arthur Haas, a. o. Professor an der Universität Wien. Zweite Auflage. Mit 6 Figuren im Text. Oktav. V, 160 Seiten. 1924. RM. 5.—, geb. RM. 6.—

Elektromagnetische Theorie des Lichtes. Molekularstatistik, Elektronentheorie. Quantentheorie. Theorie der Grundstoffe. Relativitätstheorie. Physik der Sterne. Weltall.

Wörterbuch der Physik. Von Dr. Felix Auerbach, a. o. Professor an der Universität Jena. Mit 267 Figuren. Oktav. X, 466 Seiten. 1920. Geb. RM. 4.50

Ein unentbehrliches Nachschlagewerk für Wissenschaft und Praxis der Physiker, Chemiker, Mediziner und Techniker.

Experimentalphysik. Von Professor Robert Lang, Rektor des Realgymnasiums in Stuttgart.

I. Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper. Dritte Auflage. Mit 125 Figuren im Text. 146 Seiten. 1921. (Sammlung Göschen Bd. 611) Geb. RM. 1.80

II. Wellenlehre und Akustik. Mit 69 Figuren im Text. Zweite Auflage. 96 Seiten. 1920. (Sammlung Göschen Bd. 612) Geb. RM. 1.80

III. Wärmelehre. Mit 55 Figuren im Text. 98 Seiten. 1919. (Sammlung Göschen Bd. 613) Geb. RM. 1.80

IV. Optik. Mit vielen Figuren im Text. 110 Seiten. 1925. (Sammlung Göschen Bd. 614) Geb. RM. 1.80

Eine bewährte Einführung für Studierende.

Physikalische Formelsammlung. Von G. Mahler †, Professor der Mathematik und Physik am Gymnasium in Ulm. Fünfte, völlig umgearbeitete Auflage, besorgt von Prof. K. Mahler, Studienrat an der Oberrealschule Aalen in Württemberg. Mit 71 Figuren. 162 Seiten. 1927. (Sammlung Göschen Bd. 136) Geb. RM. 1.80

Das Buch gibt fertige Resultate und ermöglicht einen raschen Überblick über die Teilgebiete der Physik.

Physikalische Aufgabensammlung. Von G. Mahler †, Professor der Mathematik und Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Neubearbeitet von Prof. K. Mahler, Studienrat an der Oberrealschule Aalen. Vierte, verbesserte Auflage. 136 Seiten. 1930. (Sammlung Göschen Bd. 243) Geb. RM. 1.80

Zum Studium und Selbststudium für den Anfänger und zum Gebrauch in der Ingenieurpraxis.

Physikalische Tabellen. Von Dr. A. Leick. Zweite Auflage, neubearbeitet von Prof. Dr. W. Leick in Berlin-Lichterfelde. 96 Seiten. 1920. (Sammlung Göschen Bd. 650) Geb. RM. 1.80

Ein wertvolles Orientierungsmittel für ein rationelles Studium.

Physikalische Messungsmethoden. Von Professor Dr. Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde. Mit 54 Figuren. Zweite, verbesserte Auflage. Durchgesehener Neudruck. 147 Seiten. 1921. (Sammlung Göschen Bd. 301) Geb. RM. 1.80

Eine Anleitung zu Versuchen, die besonders bei Übungen wertvolle Dienste leisten wird.

Kristallographie. Von Dr. W. Bruhns, Professor an der Bergakademie Clausthal. Zweite Auflage, neubearbeitet von Dr. P. Ramdohr, o. Professor an der Technischen Hochschule Aachen. Mit 184 Abbildungen. 114 Seiten. 1926. (Sammlung Göschen Bd. 210) Geb. RM. 1.80

Das vor allem für Studierende der Naturwissenschaften bestimmte Buch hat in der Neuauflage eine grundlegende Umarbeitung erfahren und ist auf den gegenwärtigen Stand der kristallographischen Wissenschaft gebracht.

Einführung in die Kristalloptik. Von Dr. Eberhard Buchwald, Privatdozent der Physik an der Universität Breslau. Mit 124 Abbildungen. Neudruck. 124 Seiten. 1920. (Sammlung Göschen Bd. 619.) Geb. RM. 1.80

Der Band behandelt ein- und zweiachsige Kristalle ohne Drehvermögen und Kristalle mit Drehvermögen, Absorption, Einfluß von Temperatur usw. und eignet sich zur allgemeinen Orientierung für Studierende und Praktiker.

Einführung in die geometrische Optik. Von Dr. W. Hinrichs in Berlin-Wilmersdorf. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 56 Figuren. 1924. (Sammlung Göschen Bd. 532) Geb. RM. 1.80

Das Buch gibt die Grundlagen des Gebiets bis zur Brechung durch ein zentriertes System von Kugelflächen und zu den einfachsten Linsenfällen. Jedem Abschnitt sind Übungsbeispiele beigegeben.

Radioaktivität. Von Dr. P. Ludewig, Professor an der Bergakademie in Freiberg in Sachsen. Mit 37 Abbildungen. 133 Seiten. 1921. (Sammlung Göschen Bd. 317) Geb. RM. 1.80

Kurze Einführung in das periodische System der Elemente, Atomzerfall und Radioaktivität, Radioelemente und physikalische Eigenschaften und Wirkungen der radioaktiven Strahlen, in die Grundlagen der radioaktiven Messungen und Anwendung der radioaktiven Strahlen in der Medizin.

Röntgenstrahlen. (Physik, Technik und Anwendung.) Von Dr. phil. nat. Richard Herz in Frankfurt a. M. Mit 48 Figuren im Text und 36 Abbildungen auf 16 Tafeln. 1926. (Samml. Göschen Bd. 950) Geb. RM. 1.80

Das Buch wendet sich an Ärzte, Röntgenassistenten, Ingenieure, Techniker und vor allem an Studierende der Medizin und Naturwissenschaften.

Luftlektrizität. Von Dr. Karl Kähler, wissenschaftlicher Hilfsarbeiter am Preußischen Meteorologisch-Magnetischen Observatorium in Potsdam. Zweite Auflage. Mit 19 Abbildungen. 134 Seiten. 1921. (Sammlung Göschen Bd. 649) Geb. RM. 1.80

Das natürliche Feld der Erde. Das elektrische Teilvermögen der Atmosphäre. Die elektrischen Ströme in der Luft. Die radioaktiven Vorgänge in der Atmosphäre. Elektrische Wirkungen des Sonnenlichts. Ursprung der Luftlektrizität.

Röntgenspektroskopie und Kristallstrukturanalyse. Von Dr. Arthur Schleede und Dr. Erich Schneider. Zwei Bände. Groß-Oktav. 1929.

I. Band: Mit 249 Figuren und 57 Tabellen im Text. VIII, 336 Seiten. RM. 18.50, geb. RM. 20.—

II. Band: Mit 553 Figuren und 40 Tabellen im Text. IV, 344 Seiten. RM. 22.50, geb. RM. 24.—

Das vorliegende Werk behandelt — auf einem Minimum an Voraussetzungen aufbauend — Theorie und Praxis der Röntgenspektroskopie und Kristallstrukturanalyse. Zur Beherrschung dieser Methoden ist jedoch eine so große Zahl verschiedenartigster Kenntnisse und Fertigkeiten (Röntgenstrahlen, Hochspannung, Vakuum, Atomtheorie usw.) erforderlich, daß es denen, die sie auf irgendein Spezialproblem anwenden wollen, zur gründlichen Einarbeitung zumeist an Zeit gebricht. Hier greift das vorliegende Werk von Schleede und Schneider ein, das den Gegenstand nach der praktischen und theoretischen Seite erschöpfend behandelt.

Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht. Von Prof. Dr. A. Nippoldt, Mitglied des Preuß. Meteorolog. Instituts (Magnetisches Observatorium zu Potsdam). Mit 7 Tafeln und 18 Figuren. Dritte, verbesserte Auflage. 131 Seiten. 1921. (Sammlung Göschen Bd. 175) Geb. RM. 1.80

Eine kurze, übersichtliche und eindringliche Einführung in das Studium des Erdmagnetismus.

Einführung in die Theorie der Wärme. Von Dr. Heinrich Mache, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 96 Textfiguren. Groß-Oktav. VIII, 319 Seiten. 1921 RM. 8.—, geb. RM. 9.—

Aus dem Material von Vorlesungen entstanden und auf einem Minimum von mathematischen und physikalischen Kenntnissen aufbauend, ist das Werk eine Einführung zur streng wissenschaftlichen Behandlung dieses Themas.

Die Physik der Verbrennungserscheinungen. Von Dr. Heinrich Mache, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 43 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. Groß-Oktav. V, 133 Seiten. 1918.

RM. 3.—, geb. RM. 3.80

Empfindliche Galvanometer für Gleich- und Wechselstrom. Von Dr. Otto Werner. Mit 23 Abbildungen und 17 Tabellen. Groß-Oktav. VIII, 208 Seiten. 1928 RM. 13.—, geb. RM. 14.—

Der Verfasser erörtert Aufbau, Arbeitsweise und Empfindlichkeitsarten der Galvanometerkonstruktionen sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom und gibt Gesichtspunkte für die Galvanometerauswahl und kritische Vergleiche der Galvanometertypen.

Vorlesungen über Thermodynamik. Von Dr. Max Planck, Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin. Mit 5 Figuren im Text. Neunte Auflage. 1930. Groß-Oktav. X, 288 Seiten . . . Geb. RM. 11.50

Das vorliegende Buch geht von einigen allgemeinen Erfahrungstatsachen aus, namentlich von den beiden Hauptsätzen der Wärmelehre, und entwickelt hieraus die wichtigsten physikalischen und chemischen Sätze. Zunächst werden die Grundtatsachen und Begriffserklärungen für Temperatur, Molgewicht und Wärmemenge erläutert, dann die beiden Hauptsätze der Wärmetheorie aufgestellt und bewiesen, endlich die Anwendungen auf die besonderen Gleichgewichtszustände ausführlich besprochen.

Die Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung. Vorlesungen zur Einführung in die theoretische Physik, gehalten im Sommersemester 1914 an der Universität Leipzig. Von Dr. phil. Arthur Haas, a. o. Professor an der Universität Wien. Mit 45 Abbildungen im Text. Groß-Oktav. VI, 216 Seiten. 1914 . . . RM. 7.50

Zum Gebrauch bei Vorlesungen und zum Selbststudium für Anfänger.

Die Prinzipie der Dynamik. Von Dr. Clemens Schaefer, o. Professor an der Universität Marburg. Mit 6 Figuren im Text. Groß-Oktav. IV, 76 Seiten. 1919 RM. 2.50

„Das ausgezeichnete Werk behandelt in eingehender, elementarer Weise die Fragen der Ableitung und Äquivalenz der verschiedenen mechanischen Prinzipien.“
Monatshefte für Mathematik und Physik.

Geschichte der Physik. Von A. Kistner, Professor am Gymnasium zu Karlsruhe i. B.

I. Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Zweite, verbesserte Auflage. 126 Seiten. 1919. (Sammlung Göschen Bd. 293) Geb. RM. 1.80

II. Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Zweite, erweiterte Auflage. 149 Seiten. 1919. (Sammlung Göschen Bd. 294)

Geb. RM. 1.80

Wilhelm von Siemens. Ein Lebensbild. Gedenkblätter zum 75 jährigen Bestehen des Hauses Siemens & Halske. Von August Rothh. Mit 5 Tafeln in Lichtdruck. Oktav. V, 224 Seiten. 1922 . . . RM. 2.60, geb. RM. 4.—

Die Biographie gibt zugleich ein Bild der Entwicklung der Siemenswerke und ein Stück Geschichte der deutschen Technik.

Einführung in die Elektrotechnik. Hochschulvorlesungen von Dr. C. Heinke, o. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München, Geh. Reg.-Rat. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 560 Abbildungen. Oktav. 490 Seiten. 1924 Geb. RM. 18.—

Aus dem Inhalt: Die elektrotechnisch wichtigen Grunderscheinungen und elektromagnetischen Begriffe, Energiewandlungen mit Erzeugung elektrischer Spannungen. Die technische Erzeugung elektrischer Arbeit. Die technische Verwertung elektrischer Arbeit. Elektrische Meßgeräte.

Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Professor E. Stöckhardt, Diplomingenieur und Studienrat. Dritte, umgearbeitete Auflage. Mit mehreren hundert Abbildungen. Oktav. VIII, 327 Seiten. 1925. Geb. RM. 13.—

Einer Erläuterung der allgemeinen theoretischen Grundlagen folgt eine zusammenfassende Übersicht über Leitungen und Zubehör, Beleuchtung, Magnetismus, Gleichstromerzeuger, Sammler, Wechselstrom, Atomlehre, Quecksilberdampfgleichrichter, drahtlose Telegraphie und Telephonie.

Elektrische Stromerzeugungsmaschinen und Motoren. Kurzer Abriss ihres Aufbaues und ihrer Wirkungsweise. Leichtfaßlich dargestellt von Richard Vater, Geh. Bergrat, o. Professor an der Technischen Hochschule Berlin. Herausgegeben von Dr. Fritz Schmidt, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin. Mit 116 Abbildungen im Text. Groß-Oktav. VIII, 128 Seiten. 1920 RM. 3.—, geb. RM. 3.60

Eine gute Einführung in die technischen Grundlagen und die Wirkungsweise der Generatoren, Motoren und Transformatoren, unter Vermeidung mathematischer Ableitungen.

Die Kommutatormaschinen für einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom. Von Dr.-Ing. e. h. M. Schenkel, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke. Mit 124 Abbildungen. Oktav. VII, 259 Seiten. 1924.

RM. 10.50, geb. RM. 12.—

Der Verfasser, der seit Jahrzehnten an der Entwicklung der Kommutatormaschinen praktisch mitarbeitet, hat unter Berücksichtigung der modernsten Maschinentypen alles verstreute Material in diesem Lehrbuch zusammengefaßt.

Die Schwingung als Vortriebsfaktor in Natur und Technik. Gedanken eines Ingenieurs über das Problem der schwingenden Propulsion in Technik und Biologie. Von Hans Schramm. Mit 54 Abbildungen. Oktav. VI, 91 Seiten. 1927 RM. 4.—

Aus dem Inhalt: Die Schwingung in der Natur. Biochemische Kritik. Die Schwingung als Vortriebsfaktor im Wasser. Schwingungsleistungen der Fische. Die Schwingung im Luftmeer. Der Insektenflug. Der Vogelflug. Die Theorie der Vortriebsschwingung. Die phasenmäßige Entwicklung der Schwingung.

MATHEMATISCHE LITERATUR FÜR DEN PHYSIKER

Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Eine Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie. Von Dr. Georg Scheffers, Geh. Regierungsrat, Prof. a. d. Techn. Hochschule Charlottenburg. Mit 438 Figuren. Sechste, verbesserte Auflage. Lexikon-Oktav. VIII, 743 Seiten. 1925 RM. 30.—, geb. RM. 33.—

Dieses vor allem für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik geschriebene Lehrbuch ist in erster Linie für den Selbstunterricht bestimmt und geht daher von dem denkbar geringsten Maß von Vorkenntnissen aus: der Leser braucht nur im Buchstabenrechnen, in der Auflösung von Gleichungen ersten Grades mit einer Unbekannten und in der niederen Geometrie bewandert zu sein.

Neue Rechentafeln. Für Multiplikation und Division mit allen ein- bis vierstelligen Zahlen. Herausgegeben von Professor Dr. J. Peters, Observator am Astronomischen Recheninstitut. Folio-Format. VI, 378 Seiten. 1909 Geb. RM. 20.—
Diese Rechentafeln von Peters sind ebenfalls in französischer wie englischer Ausgabe zu haben Geb. je RM. 20.—

Dr. A. L. Crelles Rechentafeln, welche alles Multiplizieren und Dividieren mit Zahlen unter Tausend ganz ersparen, bei größeren Zahlen aber die Rechnung erleichtern und sicherer machen. Neue Ausgabe. Besorgt von O. Seeliger. Mit Tafeln der Quadrat- und Kubikzahlen von 1—1000. VII, 501 Seiten. Folio. 1930 Geb. RM. 26.—
Diese Rechentafeln von Crelle liegen auch in französischer wie englischer Ausgabe vor Geb. je RM. 26.—

Fünfstellige Logarithmen. Mit mehreren graphischen Rechentafeln und häufig vorkommenden Zahlwerten. Von Regierungsrat Professor A. Adler. Zweite Aufl. 117 Seiten und 1 Tafel. 1929. (Samml. Göschen Bd. 423) Geb. RM. 1.80

Der Band enthält die gemeinen Logarithmen der ganzen Zahlen bis 1000, die der goniometrischen Funktionen, die wirklichen Werte dieser Funktionen und die Reihe von mathematischen, physikalischen und astronomischen Hilfstafeln, wie sie fünfstellige Logarithmentafeln gewöhnlich beigegeben sind.

Fünfstellige Logarithmentafeln der trigonometrischen Funktionen für jede Zeitsekunde des Quadranten. Herausgegeben von Prof. Dr. J. Peters, Observator am Astronomischen Recheninstitut. Lexikon-Oktav. IV, 82 Seiten. 1912 Geb. RM. 7.—

In den vorliegenden Tafeln bietet der Herausgeber, unter Benutzung des wertvollen Materials, das ihm als Resultat der mit J. Bauschinger ausgeführten Bearbeitung der 8stelligen Tafeln der trigonometrischen Funktionen zur Verfügung stand, der rechnenden Astronomie ein Hilfsmittel von großem Nutzen.

Vollständige logarithmische und trigonometrische Tafeln. Von Professor Dr. E. F. August, weiland Direktor des Köllnischen Realgymnasiums, Berlin. Achtundvierzigste Auflage in der Bearbeitung von Dr. F. August, weiland Professor an der Artillerie- und Ingenieur-Schule, Berlin. Oktav. VII, 204 Seiten. 1927 Geb. RM. 2.—

„Die Anordnungen des Zahlenmaterials in den Tafeln, der klare Druck, handliches Format und gediegene Ausstattung empfehlen das Buch allein.“
Allgemeine Vermessungs-Nachrichten.

Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt. Von Professor Dr. Hermann Schubert. Neue Ausgabe von Dr. Robert Haussner, o. ö. Professor an der Universität Jena. 175 Seiten. Neudruck 1926. (Samml. Göschen Bd. 81) Geb. RM. 1.80

„Die vierstelligen Logarithmen sind in der Form recht handlich und gefällig. Besonders zu empfehlen sind die Tafeln für Schulen, wo es von Vorteil ist, die Lernenden nicht mit umfangreichen Büchern zu belasten.“

Zeitschrift d. Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins.

Vierstellige Logarithmentafeln. Von Dr. Max Zacharias, Studienrat am Vereinigten Friedrichs- und Humboldt-Gymnasium in Berlin, und Dr. Paul Meth, Studienrat an der Herderschule in Charlottenburg. Groß-Oktav. 44 Seiten. 1927 Geb. RM. 1.50

„Diese Logarithmentafel zeichnet sich durch übersichtliche Anordnung und Reichtum des Gebotenen aus.“
Deutsche Schulzeitung in Polen.

Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. Gegründet von Professor Dr. F. W. Küster †. Für den Gebrauch im Unterrichtslaboratorium und in der Praxis berechnet und mit Erläuterungen versehen. Nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung bearbeitet von Dr. A. Thiel, o. ö. Professor der physikalischen Chemie, Direktor des Physik.-Chem. Instituts der Universität Marburg.

Fünfunddreißigste bis vierzigste, verbesserte und vermehrte Auflage. Oktav. 188 Seiten und eine Tafel. 1929 Geb. RM. 7.50

„Die wohl allseitig bekannten Küsterschen Rechentafeln sind dem Chemiker, der sich ihrer einmal bedient hat, zum ungern entbehrten Werkzeug geworden, das sich in seiner bewährten Anordnung des Stoffes zu einem wirklich nützlichen und fast notwendigen Hilfsbuch entwickelt hat. Die Neuauflage erscheint wie üblich nach dem neuesten Stande der Forschung.“

Zeitschrift für angewandte Chemie.

Fünfstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen sowie der Funktionen e^x und e^{-x} mit den natürlichen Zahlen als Argument. Von Dr.-Ing. Keiichi Hayashi, Professor an der Kaiserlichen Kyushu-Universität Fukuoka-Hakosaki, Japan. Oktav. IV, 182 Seiten. Neudruck 1928 RM. 9.—

„Der bekannte japanische Verfasser hat aus der Notwendigkeit, die Werte beider Funktionsarten gleichzeitig zur Verfügung zu haben, Tafeln berechnet, in denen nicht nur die Hyperbelfunktionen, sondern auch die Kreisfunktionen mit verschiedenen großen Abstufungen, auf fünf Dezimalstellen angewendet sind. Die Anordnung dieser Tafeln ist äußerst praktisch, Druck und Papier sind ausgezeichnet, so daß die Benutzung sich bequem und einfach gestaltet. Für alle, die zahlenmäßige Rechnungen mit den genannten Funktionen häufiger auszuführen haben, ist der Gebrauch der Tafeln als praktisch und zeitsparend zu empfehlen.“

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.

Tafeln der Funktionen Cosinus und Sinus mit den natürlichen sowohl reellen als rein imaginären Zahlen als Argument. (Kreis- und Hyperbelfunktionen.) Von Dr. Carl Burrau. Vorwort in deutscher, französischer und englischer Sprache. Oktav. XX, 63 Seiten. 1907 . Geb. RM. 4.—

Mathematische Formelsammlung. Von Professor O. Th. Bürklen †. Vollständig umgearbeitete Neuauflage von Dr. F. Ringleb. Mit 36 Figuren. 241 Seiten. 1928. (Sammlung Göschen Bd. 51) Geb. RM. 1.80

„Eine sehr geschickt ausgewählte und recht reichhaltige Sammlung, welche wohlgeeignet ist, die Abiturienten der Gymnasien und Oberrealschulen bei den Repetitionen zu unterstützen und ihnen einen klaren Überblick über das ganze System der Elementarmathematik zu geben.“

Fortschritt der Mathematik.

Höhere Algebra. Von Dr. Helmut Hasse, o. ö. Professor der Mathematik an der Universität Halle.

I: Lineare Gleichungen. 160 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 931) Geb. RM. 1.80

II: Gleichungen höheren Grades. 160 Seiten. 1927. (Samml. Göschen Bd. 932) Geb. RM. 1.80

„Es ist dem Verfasser gelungen, in engstem Rahmen das Gebäude der ‚allgemeinen‘ Algebra vor den Augen des Lesers aufzurichten, einer Algebra, die auf dem Fundament der Definitionen der Ringe, Körper und Integritätsbereiche aufgebaut ist.“

Zeitschrift für mathem. und naturw. Unterr.

Algebra I: Die Grundlagen. Von Dr. Oskar Perron, o. ö. Professor an der Universität München. Mit 4 Figuren. VIII, 307 Seiten. 1927. (Göschens Lehrbücherei Bd. 8) RM. 10.—, geb. RM. 11.50

Algebra II: Theorie der algebraischen Gleichungen. Von Dr. Oskar Perron, o. ö. Professor an der Universität München. Mit 5 Figuren. VIII, 243 S. 1927. (Göschens Lehrbücherei Bd. 9.) RM. 8.—, geb. RM. 9.50

Band I enthält die Grundbegriffe, es folgt ein Kapitel über den polynomischen und den Taylorschen Satz und der für den Ingenieur wichtige Abschnitt über Determinanten. Anschließend folgen Kapitel über symmetrische Funktionen, Teilbarkeit und über die Existenz von Wurzeln. Band II ist der Gleichungstheorie gewidmet.

Praxis der Gleichungen. Von Dr. C. Runge, Professor an der Universität Göttingen. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 8 Figuren. V, 172 Seiten. 1921. (Göschens Lehrbücherei Bd. 2) RM. 6.—, geb. RM. 7.—

Eine erschöpfende Darstellung der Verfahren zur numerischen Auswertung der linearen und nichtlinearen Gleichungen mit einer und mehreren Unbekannten. Dient das Werk auch in erster Linie den Bedürfnissen des praktischen Rechnens, so findet doch auch der Lehrer viele wertvolle Anregungen darin.

Einführung in die Determinantentheorie einschließlich der Fredholm'schen Determinanten. Von Dr. Gerhard Kowalewski, o. Professor an der Technischen Hochschule in Dresden. Zweite, verb. Aufl. Gr.-Okt. IV, 304 Seiten. 1925 RM. 14.—, geb. RM. 15.50

„Die Kowalewskische Darstellung des umfangreichen Gebietes zeichnet sich durch die anschauliche Kraft und Klarheit der Sprache vor anderen aus. Die Beschäftigung mit diesem Buche gewährt neben dem wissenschaftlichen Gewinn einen reichen ästhetischen Genuß.“
Schulwart.

Lehrbuch der Analysis. Von Professor Edouard Goursat. I. Band. Nach der zweiten Auflage des französischen Originals übersetzt von Felix James Schwarz. Mit Begleitwort von Dr. Gerhard Kowalewski, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule Dresden. Mit 53 Figuren. Groß-Oktav. XII, 592 Seiten. 1914 RM. 12.—, geb. RM. 13.50

Höhere Analysis. Von Dr. Fr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen (Württemberg). Erster Teil: Differentialrechnung. Mit 167 Übungsbeispielen und 67 Figuren im Text. Dritte, verbesserte Auflage. Neudruck. 204 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 87) Geb. RM. 1.80

Zweiter Teil: Integralrechnung. Mit 50 Figuren im Text. Vierte, verbesserte Auflage. Neudruck. 132 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 88) Geb. RM. 1.80

„Die Bändchen sind eine wahre Hochschule des abstrakten Denkens, und das Werk genießt in Fachkreisen mit Recht das höchste Ansehen.“
Magazin für Pädagogik.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung. Von Rektor Dr. Fr. Junker. Vierte, verbesserte Auflage von Oberstudienrat Professor Dr. A. Witting. Mit 47 Figuren im Text. 130 Seiten. 1928. (Samml. Göschen Bd. 146) Geb. RM. 1.80

Der Band, der sich als vorzügliches Mittel zur Einübung der elementaren Sätze und Formeln der Differentialrechnung bewährt hat, erfuhr bei seiner Neuauflage eine bedeutende Verbesserung und Erweiterung.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung. Von Rektor Dr. Fr. Junker. Mit 52 Figuren im Text. Dritte, verbesserte Auflage. Neudruck. 135 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 147) Geb. RM. 1.80

„Die reichhaltige Aufgabensammlung ist für den Selbstunterricht sehr geeignet. Das nützliche Büchlein wird weiterhin die verdiente große Verwendung finden.“
Schweizer Pädagogische Zeitschrift.

Elementare Reihenlehre. Von Dr. Hans Falckenberg, Professor an der Universität Gießen. Mit 4 Figuren im Text. 136 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 943) Geb. RM. 1.80

Das Bändchen will mehr bieten als das, was in jedem Lehrbuch der Infinitesimalrechnung über unendliche Reihen enthalten ist, und fügt deshalb z. B. der Erörterung über das Cauchy'sche Divergenz- und Konvergenzkriterium auch solche über das Raabesche, das logarithmische und das Gauß'sche an.

Lebesguesche Integrale und Fouriersche Reihen. Von Dr. L. Schlesinger, o. Professor an der Universität Gießen, und Dr. A. Pleßner. Groß-Oktav. VIII, 229 Seiten. 1926 RM. 14.—, geb. RM. 16.—

„Das System ist so durchgeführt, daß fast keine Vorkenntnisse gefordert und trotzdem das volle Beherrschen des Materials erzielt werden kann.“

Allgemeine Österr. Chemiker- u. Techniker-Zeitung.

Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen auf funktionentheoretischer Grundlage. Von Dr. Ludw. Schlesinger, o. Professor an der Universität Gießen. Dritte, neubearbeitete Auflage. Groß-Oktav. VIII, 326 Seiten. 1922 RM. 10.—, geb. RM. 11.—

Es war das Bestreben des Verfassers, durch die hier gegebene Darstellung die Theorie der Differentialgleichungen auch denjenigen leichter zugänglich zu machen, die es mit den Anwendungen der Analysis zu tun haben.

Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Prof. Dr. G. Hoheisel. 159 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 920) Geb. RM. 1.80

Der Band beginnt mit einer elementar gehaltenen Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, geht aber in den späteren Teilen über die Anfangsgründe hinaus. Bei der Auswahl des Stoffes wurden Gegenstände, welche Anwendungen zulassen, bevorzugt.

Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Dr. J. Horn, o. Professor an der Technischen Hochschule Darmstadt. Zweite, völlig umgearb. Auflage. Mit 4 Figuren. 1927. VIII, 197 Seiten. (Göschens Lehrbücherei Bd. 10.) RM. 9.—, geb. RM. 10.50

Inhalt: Elementare Integrationsmethoden, Existenzbeweise, Methode der schrittweisen Annäherung, numerische und graphische Näherungsmethoden, lineare Differentialgleichungen, elementare Integrationsmethoden und weitere Untersuchungen im reellen Gebiet, Existenzbeweise im komplexen Gebiet, Abhängigkeit der Lösungen von Parametern und Anfangswerten, Singularitäten nichtlinearer Differentialgleichungen.

Partielle Differentialgleichungen. Von Prof. Dr. G. Hoheisel. 159 Seiten. 1928. (Samml. Göschen Bd. 1003) Geb. RM. 1.80

Das Buch enthält alle wichtigen Lehrsätze und Methoden für die Integration der partiellen Differentialgleichungen. Trotz der Kürze sind alle wesentlichen Ideen und Wege aufgezeigt.

Funktionentheoretische Vorlesungen. Von Heinrich Burkhardt. Neu herausgegeben von Dr. Georg Faber, o. Professor an der Technischen Hochschule in München.

I. Band 1. Heft. Dritte, umgearbeitete Auflage. Groß-Oktav. X, 182 Seiten. 1920 RM. 6.—, geb. RM. 7.20

I. Band 2. Heft. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Groß-Oktav. X, 286 Seiten. 1921 RM. 9.—, geb. RM. 10.50

II. Band. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Groß-Oktav. VI, 444 Seiten. 1920 RM. 14.—, geb. RM. 15.50

Das Buch will in einer für Studierende geeigneten Form den Zugang zu den Funktionentheorien von Weierstraß und von Riemann zugleich erschließen.

Funktionentheorie. Von Dr. Konrad Knopp, o. Professor an der Universität Tübingen.

Erster Teil: Grundlagen der allgemeinen Theorie der analytischen Funktionen. Mit 8 Figuren. Zweite, vollständig neubearbeitete Auflage. Durchgesehener Neudruck. 140 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 668) Geb. RM. 1.80

Zweiter Teil: Anwendungen und Weiterführung der allgemeinen Theorie. Mit 7 Figuren. *Zweite, vollständig neubearbeitete Auflage.* Durchgesehener Neudruck. 138 S. 1926. (Samml. Göschen Bd. 703). Geb. RM. 1.80

„Die beiden vollständig neubearbeiteten Bände seien allen Studierenden der Mathematik als Muster klarer und strenger Darstellung aufs wärmste empfohlen.“
Monatsschrift für Mathematik und Physik.

Aufgabensammlung zur Funktionentheorie. Von Dr. Konrad Knopp, o. Professor an der Universität Tübingen.

Erster Teil: Aufgaben zur elementaren Funktionentheorie. 136 Seiten. 1923. (Samml. Göschen Bd. 877) Geb. RM. 1.80

Zweiter Teil: Aufgaben zur höheren Funktionentheorie. 143 Seiten. 1928. (Samml. Göschen Bd. 878) Geb. RM. 1.80

Die Mehrzahl der in den beiden Bänden enthaltenen Aufgaben beziehen sich auf Knopps „Funktionentheorie“ (Samml. Göschen Bd. 668 und 703). Sämtlichen Aufgaben sind die Lösungen beigegeben.

Elliptische Funktionen. Von Dr. R. König, o. Professor der Mathematik an der Universität Jena, und Dr. M. Krafft, a. o. Professor an der Universität Marburg i. H. Mit 4 Figuren. 263 Seiten. (Göschens Lehrbücherei Bd. 11) RM. 13.—, geb. RM. 14.50

Das Buch will den Studierenden und Fachmann die elliptischen Funktionen als Glied eines großen Organismus verstehen lehren, der mit den einfachsten analytischen Funktionen, den rationalen, beginnt und schließlich zu den Riemannschen Funktionensystemen emporwächst.

Potentialtheorie. Von Dr. W. Sternberg, a. o. Professor in Breslau.

I. Die Elemente der Potentialtheorie. Mit 5 Figuren. 136 Seiten. 1925. (Samml. Göschen Bd. 901) Geb. RM. 1.80

II. Die Randwertaufgaben der Potentialtheorie. Mit 1 Figur. 133 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 944) Geb. RM. 1.80

„Die Bände geben einen klaren Einblick in die Gedankengänge und Beweismethoden der Potentialtheorie. Da es dem Verfasser gelungen ist, trotz der räumlichen Enge alle erforderlichen Beweise exakt durchzuführen, ist das Werk als Hilfsbuch neben einer Vorlesung durchaus zu empfehlen.“

Zeitschrift für den mathem. u. naturw. Unterricht.

Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen. Von Professor Dr. A. Wangerin in Halle a. d. S.

I. Teil: Mit 46 Figuren. VIII, 255 Seiten. Unveränderter Neudruck, 1922. (Samml. Schubert Bd. 58) Geb. RM. 4.—

II. Teil: Mit 17 Figuren. VIII, 286 Seiten. 1921. (Samml. Schubert Bd. 59.) Geb. RM. 4.—

„Wer in die Potentialtheorie eindringen will, findet in dem leichtverständlichen Buch einen zuverlässigen und angenehmen Führer.“

Zeitschrift f. d. mathem. u. naturwiss. Unterricht.

Numerische Integration. Von Professor Dr. Fr. A. Willers. Mit 2 Figuren. 116 Seiten. 1923. (Samml. Göschen Bd. 864) Geb. RM. 1.80

Die Darstellung ist sehr übersichtlich und so elementar als möglich gehalten. Sie setzt nur die Kenntnisse der Grundgesetze der Differential- und Integralrechnung voraus und wendet sich an Mathematiker, Physiker und vor allem an Ingenieure, für die das Buch eine gute Anleitung und Einführung ist.

Graphische Integration. Von Professor Dr. Fr. A. Willers. Mit 53 Figuren. 142 Seiten. 1920. (Samml. Göschen Bd. 801) Geb. RM. 1.80

Der Verfasser versucht einem weiteren Kreise die immer noch zu wenig benutzten zeichnerischen Methoden bekanntzumachen. Er setzt dabei so wenig Vorkenntnisse wie möglich voraus.

Praktisches Zahlenrechnen. Von Professor Dr.-Ing. P. Werkmeister in Dresden. Mit 60 Figuren. Zweite, verbesserte Auflage. 136 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 405) Geb. RM. 1.80

Das Buch gibt eine übersichtliche Auskunft über die in der Praxis angewendeten Arten des Rechnens. Es wird daher in allen Kreisen der Technik und Naturwissenschaft ein willkommener Führer und Ratgeber sein.

Mathematische Instrumente. Von Professor Dr. Fr. A. Willers. Mit 68 Figuren. 144 Seiten. 1926. (Samml. Göschen Bd. 922.) Geb. RM. 1.80

Der Band bringt nicht nur eine Beschreibung der mathematischen Instrumente, sondern auch eine genaue Theorie, aus der die Anwendungsmöglichkeiten, die beste Art des Gebrauchs sowie die Größe der auftretenden Ungenauigkeiten abgeleitet werden.

Taschenbuch für praktische Geometrie. Von Dr. H. Löschner, o. ö. Professor an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn. Mit 10 Figuren im Text. Klein-Oktav. X, 147 Seiten. 1922. Geb. RM. 2.—

Der vorliegende Band enthält die wichtigen Formeln der praktischen Geometrie, die Konstanten und Genauigkeitsangaben, Leitsätze für die Beobachtungen und Merkgeln für die Behandlung, Beförderung und Aufbewahrung geodätischer Instrumente und Geräte.

Nichteuklidische Geometrie. Von Professor Dr. Richard Baldus. Mit 71 Figuren. 152 Seiten. 1927. (Samml. Göschen Bd. 970.) Geb. RM. 1.80

Wenn auch der Band durch möglichste Klarheit und zahlreiche Figuren, auf die besondere Sorgfalt verwendet wurde, zunächst auf den Neuling auf diesem Gebiet Rücksicht nimmt, so dürfte doch auch der Fachmann manches Neue darin finden. Daß bis zu den Übergängen aus dem mathematischen in das rein philosophische Gebiet vorgezogen wird, dürfte philosophisch interessierten Lesern willkommen sein.

Nichteuklidische Geometrie. Von Prof. Dr. H. Liebmann in Heidelberg. Mit 40 Figuren. Dritte Auflage. 150 Seiten. 1923. RM. 6.—, geb. RM. 7.—

Das vorliegende Buch will, möglichst wenig an mathematischen Kenntnissen voraussetzend, in die nichteuklidische Geometrie einführen, und zwar nur auf einem Gebiete — dem der Ebene —, auf diesem aber gründlich dargestellt.

Kreis und Kugel. Von Dr. Wilhelm Blaschke, o. Prof. a. d. Univ. Hamburg. Mit 27 Fig. im Text. Groß-Oktav. X, 169 S. 1916. RM. 4.40, geb. RM. 5.50

Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung. Von Dr. Karl Doehlemann, weil. Professor an der Technischen Hochschule München. Fünfte Auflage.

Erster Teil. Mit 59 Figuren. 132 Seiten. 1922. (Samml. Göschen Bd. 72.)

Zweiter Teil. Mit 55 Figuren. 138 Seiten. 1924. (Samml. Göschen Bd. 876.)
Geb. je RM. 1.80

„Die Darstellung ist musterhaft klar und leichtverständlich und wird durch übersichtliche Zeichnungen und zahlreiche Aufgaben aufs trefflichste illustriert.“

Bayerische Blätter für das Gymnasialschulwesen.

Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie.

Von Dr. Georg Scheffers, Geh. Reg.-Rat, Professor an der Technischen Hochschule Charlottenburg. I. Mit 107 Figuren. Dritte, verbesserte Auflage. XII, 482 Seiten. 1923 RM. 13.—, geb. RM. 14.50

II. Mit 110 Figuren. Dritte, verb. Auflage. XI, 582 Seiten. 1922.
RM. 15.—, geb. RM. 16.50

Die besprochenen Probleme werden alle mit großer Ausführlichkeit behandelt. Die am Schluß beigefügten Formeltafeln und Register erhöhen den Wert des Werkes das nicht nur einführen, sondern auch zu selbständigen Forschungen anregen soll.

Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen.

Von Oberstudiendirektor Dr. Viktor Kommerell in Tübingen und Prof. Dr. Karl Kommerell in Tübingen. I. Teil. Dritte Auflage. Mit 28 Figuren. VIII, 184 Seiten. 1921. (Samml. Schubert Bd. 29) Geb. RM. 3.—
II. Teil. Dritte Auflage. Mit 13 Figuren. IV, 196 Seiten. 1921. (Samml. Schubert Bd. 44) Geb. RM. 3.—

In der neuen Auflage werden u. a. die Untersuchungen Salkowskis über die Raumkurven und die Bertrandschen Kurven berücksichtigt.

Spezielle Flächen und Theorie der Strahlensysteme.

Von Oberstudiendirektor Dr. Viktor Kommerell in Tübingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Tübingen. Mit 9 Figuren. VI, 171 Seiten. 1911. (Sammlung Schubert Bd. 62) Geb. RM. 7.30

Darstellende Geometrie.

Von Dr. Robert Haußner, o. ö. Professor der Mathematik an der Universität Jena.

Erster Teil: Elemente; Ebenflächige Gebilde. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 110 Figuren im Text. 207 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 142) Geb. RM. 1.80

Zweiter Teil: Perspektive ebener Gebilde; Kegelschnitte. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 88 Figuren im Text. 168 Seiten. 1929. (Samml. Göschen Bd. 143) Geb. RM. 1.80

In vier Abschnitten werden die Parallelprojektion ebener und räumlicher Gebilde, die Darstellung von Punkt, Geraden und Ebene in senkrechter Projektion auf zwei zueinander senkrechte Ebenen sowie ebenflächige Gebilde behandelt.

Lehrbuch der darstellenden Geometrie.

Von Dr. Karl Rohn, Geh. Rat, weiland Professor an der Universität Leipzig, und Dr. Erwin Papperitz, Geh. Rat, Professor an der Bergakademie in Freiberg i. Sa. Drei Bände. Groß-Oktav. I. Orthogonalprojektion. Vielfache, Perspektivität ebener Figuren, Kurven, Zylinder, Kugel, Kegel, Rotations- und Schraubenflächen. Vierte, erweiterte Auflage. XX, 502 Seiten. Mit 351 Figuren. 1913. Anastatischer Nachdruck. 1921 RM. 16.50, geb. RM. 18.—

II. Axonometrie, Perspektive, Beleuchtung. Vierte, umgearbeitete Auflage. VI, 194 Seiten mit 118 Figuren. 1916 RM. 6.20, geb. RM. 7.20

III. Kegelschnitte, Flächen zweiten Grades, Regel-, abwickelbare und andere Flächen. Flächenkrümmung. Vierte, unveränderte Auflage. X, 334 Seiten. Mit 157 Figuren. 1923 RM. 10.80, geb. RM. 12.—

Darstellende Geometrie.

Von Theodor Schmid, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. I. Teil: Eckige Körper, Kugel, Zylinder, Kegel, Plankurven und Raumkurven mit den zugehörigen Torsen im Normalrißverfahren und in orthogonaler Axonometrie. Dritte Auflage. Mit 170 Figuren. 283 S. 1922. (Samml. Schubert Bd. 65.) Geb. RM. 6.—
II. Teil: Schiefe und zentrale Projektion. Dreh-, Rohr-, Schrauben- und Regelflächen. Geländedarstellung, Kartenprojektion, Nomographie. Zweite Auflage. Mit 163 Fig. 340 S. 1923. (Samml. Schubert Bd. 66.) Geb. RM. 7.50

„Unter den zahlreichen guten Lehrbüchern der darstellenden Geometrie steht das vorliegende mit in erster Reihe. Ausgezeichnete Figuren, klare Darstellung, reicher Inhalt sind seine besonderen Kennzeichen.“

Unterrichtsblätter f. Mathem. u. Naturw.

Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von Dr. Otto Knopf, o. Professor der Astronomie an der Universität Jena. I. 112 Seiten. 1923. II. Mit 10 Figuren. 112 Seiten. 1923. (Samml. Göschen Bd. 508 und 871.) Geb. je RM. 1.80

Eine knappe, klare Darstellung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, deren Wert für die mathematischen Grundlagen des Versicherungswesens, für die statistische Mechanik und neuerdings auch für das Fernsprechwesen auf der Hand liegt.

Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik. Von Professor Dr. Marcello Pirani, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Charlottenburg. Mit 58 Figuren. Neudruck. 126 Seiten. 1922. (Samml. Göschen Bd. 728) Geb. RM. 1.80

Von der einfachen Darstellung von Größen mit unbekanntem Zusammenhang in Form von Kurven oder Skalen ausgehend, geht der Verfasser zur Darstellung von Größen bekannter Abhängigkeit (Funktionsskalen, insbesondere logarithmische projektive Teilung) über und bespricht dann die Aufstellung von Rechentafeln namentlich mit der Methode der fluchtrechten Punkte oder mit Hilfe mehrerer gekreuzter Linien.

Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien. Von Dipl.-Ing. Otto Henkel, Bauingenieur und Studienrat an der Bauwerkschule in Erfurt. 2 Teile. (Samml. Göschen Bd. 603 u. 695).

Geb. je RM. 1.80

Vorlesungen über graphische Statik. Von Dr. Fr. Schur, o. Professor an der Technischen Hochschule in Breslau. Herausgegeben unter Mitwirkung von Wolfgang Vogt. Mit zahlreichen Figuren im Text. Groß-Oktav. VIII, 219 Seiten. 1915 RM. 7.—, geb. RM. 8.20

Statik. Von Professor Dipl.-Ing. W. Hauber in Stuttgart.

I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Figuren. Sechster Neudruck. 148 S. 1921. (Samml. Göschen Bd. 178) Geb. RM. 1.80

II. Teil: Angewandte (techn.) Statik. Mit 61 Figuren. Sechster Neudruck. 149 Seiten. 1922. (Samml. Göschen Bd. 179) Geb. RM. 1.80

Kinematik. Von Dr.-Ing. Hans Polster, Betriebsingenieur der Badischen Anilin- und Sodafabrik Merseburg-Leuna. Mit 76 Abbildungen. Zweite Auflage. 151 Seiten. 1920. (Samml. Göschen Bd. 584.) Geb. RM. 1.80

Der Band bietet dem Studierenden eine Einführung, will aber darüber hinaus den in der Praxis stehenden Ingenieuren, die sich in die schwierigen Bewegungsverhältnisse von Nocken-, Schwingdaumen- und Wälzhebelsteuerungen oder von anderen Gebieten tieferen Einblick verschaffen wollen, ein bequemer Führer sein.

Ballistik. Von Dr. Theodor Vahlen, o. ö. Professor der reinen und angewandten Mathematik an der Universität Greifswald. Mit 53 Abbildungen. Groß-Oktav. XII, 231 Seiten. 1922 RM. 9.—, geb. RM. 10.—

Im Gegensatz zu anderen Werken über Ballistik bringt dieses neue Buch gerade den mathematischen Gehalt der Ballistik zur Darstellung. Es gewinnt dadurch noch erhöhte Bedeutung, daß es seine Entstehung den praktischen Erfahrungen verdankt, die der Verfasser im Kriege machte. U. a. weist es als neu die zwischen innerer und äußerer Ballistik einzuschaltende Übergangsballistik und als Ballistik in großen Höhen die kosmische Ballistik auf.

Band III (Schlußband und Register). Erscheint in etwa 8 Lieferungen zu je RM. 4.—.

Festigkeitslehre. Von Professor Dipl.-Ing. W. Hauber in Stuttgart. Mit 56 Figuren und 1 Tafel. Achter Neudruck. 127 Seiten und 1 Tafel. 1923. (Samml. Göschen Bd. 288) Geb. RM. 1.80

In dem Band gibt der Verfasser eine kurze Übersicht über die Fundamentalsätze der elastischen Kräfte in ihrer Anwendung auf die einfacheren Fälle der Festigkeit, soweit sie für die gewöhnlichen Aufgaben des praktischen Lebens in Frage kommen.

Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen. Von R. Haren. Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage von Josef Furtmayr, Dipl.-Ing. in Stuttgart. Mit 43 Figuren. 116 Seiten. 1923. (Samml. Göschen Bd. 491) Geb. RM. 1.80

Hydraulik. Von Professor Dipl.-Ing. W. Hauber in Stuttgart. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Neudruck. Mit 45 Figuren. 156 Seiten. 1925. (Samml. Göschen Bd. 397) Geb. RM. 1.80

Das Buch enthält eine Darstellung der Hydrostatik und bringt aus der Hydrodynamik: Ausfluß des Wassers aus Gefäßen; Überfall des Wassers über Wehre; Die Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen; Die Bewegung des Wassers in Röhren mit konstantem Querschnitt; Stoß eines zylindrischen oder prismatischen Wasserstrahls auf eine Zylinderfläche.

Elastizitätslehre für Ingenieure. Von Professor Dr.-Ing. Max Ensslin an der Höheren Maschinenbauschule Eßlingen. 2 Bde. (Samml. Göschen Bd. 519 und 957) Geb. je RM. 1.80

Band I bespricht die Grundlagen der Elastizitätslehre sowie Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, ebene Platten, Torsion und gekrümmte Träger. Band II gibt eine Einführung in die Methoden zur Berechnung der statisch unbestimmten Konstruktion des Bau und Maschineningenieurs.

Etymologisches Wörterbuch der Naturwissenschaften und Medizin. Sprachliche Erklärung der wichtigeren Ausdrücke und Namen der Anatomie, Astronomie, Biologie, Botanik, Chemie, Geographie, Geologie, Medizin, Mineralogie, Naturphilosophie, Paläontologie, Physik, Psychologie und Zoologie. Von Dr. C. W. Schmidt. Oktav. VII, 138 Seiten. 1923.

Geb. RM. 2.—

Das Büchlein wendet sich in erster Linie an Nichthumanisten, wird aber auch von Studierenden mit griechischer und lateinischer Vorbildung mit Vorteil gebraucht.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Auf Wunsch kostenlose Zusendung unserer

FACHKATALOGE UND SONDERVERZEICHNISSE

Mathematik und verwandte Wissenschaften / Naturwissenschaften und Medizin / Zoologie und Botanik
Geologie und Mineralogie / Erdkunde / Rechts- und Staatswissenschaften u. a.

VERLAG VON WALTER DE GRUYTER & CO.
IN BERLIN W 10 UND LEIPZIG

S. 61

Röderdruck Leipzig.

>

2-22

22

S-96

2

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301411



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298024