

DR. MAX GEHLENS TECHNISCHE FACHBÜCHER FÜR SCHULE UND BETRIEB

ARNOLD

14402
Taschenbuch
für
Elektriker



LEIPZIG · VERLAG DR. MAX GEHLEN · BERLIN

Das FACHKUNDLICHE SCHULBUCH

für die Hand des Schülers:

Grundlehre für Metallwerker

bearbeitet von Berufsschuldirektor Schumann

Fachkunde, Fachrechnen, Fachzeichnen

Preis 6.40 RM / Zahlentafel dazu 40 Rpf.

Dieses für die Hand des Schülers bearbeitete Buch ist kein Fachbuch im üblichen Sinne, sondern berücksichtigt neben der Darbietung der notwendigen Kenntnisgrundlagen die methodischen Grundsätze, die für eine erfolgreiche Unterrichtsarbeit notwendig sind. Der Aufbau der neuen Reichslehrpläne verlangt die Verwendung zweckmäßig gestalteter Unterrichtshilfen und Anwendung neuer Methoden.

Im einzelnen finden folgende Grundsätze ihre Berücksichtigung, die das vorliegende Buch vom bisher üblichen Fachkundebuch unterscheiden und es gerade deshalb für die Unterrichtsarbeit und den Unterrichtserfolg besonders wertvoll machen:

1. Aufbau nach dem Reichslehrplan für Maschinenschlosser durch Verknüpfung von Fachkunde, Fachrechnen und Fachzeichnen.
2. Herausstellung der Lehrstoffe, wie sie nach dem Reichslehrplan verlangt werden.
3. Berücksichtigung der Unterrichtsgrundsätze der Anschauung, Einprägung, Zusammenfassung, Übung und Wiederholung, der Selbstbetätigung usw.
4. Ausreichende Vertiefung der rechnerischen und zeichnerischen Kenntnisgrundlagen durch zahlreiche Aufgaben.
5. Zahlreiche Skizzen, Fotos, Normblätter, Tabellen und Zahlentafeln ergänzen den Text, dessen Gliederung für jedes Stoffgebiet nach gleichen Grundsätzen erfolgte.
6. Zwanglose Eingliederung von kurzen Merksätzen und Hinweisen, die sich auf die Stellung und Haltung des Jugendlichen in der Betriebs- und Arbeitsgemeinschaft beziehen.
7. Ein Rechenbuch und Hilfsbuch für den Zeichenunterricht sind überflüssig.

Hierauf bauen auf: *Fachkunde für Maschinenschlosser von Gewerbeoberlehrer Winter,*

Fachkunde für Feinmechaniker von Gewerbeoberlehrer Kreth. (Die beiden Werke erscheinen im Frühjahr 1944).

Gemeinschaftsverlag

Moritz Diesterweg / Dr. Max Gehlen

Polz

DR. MAX GEHLENS
TECHNISCHE FACHBÜCHER FÜR SCHULE UND BETRIEB

I. Band

Taschenbuch für Elektriker

Erweitertes Formel- und Tabellenbuch

von

Ing. R. Arnold VDE

Gewerbeoberlehrer an der Berufsschule
für Elektriker, Berlin

2. durchgesehene Auflage



1943

LEIPZIG / VERLAG DR. MAX GEHLEN / BERLIN

Gutschein (nach Anweisung des Börsenvereins der Deutschen
Buchhändler) für Schulen, die dem Reichserziehungsministerium
unterstellt sind, befindet sich am Schluß des Buches.



141 141

Sämtliche Bücher des Verlages Dr. Max Gehlen
sind durch jede gute Buchhandlung zu beziehen

Vorwort zur ersten und zweiten Auflage.

Das vorliegende Taschenbuch will und kann kein Lehrbuch ersetzen. Es soll dem Elektrohandwerker lediglich als Hilfs- und Nachschlagebuch dienen. In übersichtlicher Form ist deshalb all das zusammengestellt, was der Elektriker täglich in seinem Beruf braucht. Die wichtigsten elektrotechnischen Formeln werden kurz wiedergegeben und ihre Anwendung in der Praxis gezeigt. Die neuesten Schaltzeichen sind nicht wahllos aneinandergereiht wiedergegeben worden, sondern ihre Anwendung wird in Schaltbildern und Schaltplänen aufgezeigt. Die wichtigsten VDE-Bestimmungen werden in einer für den Handwerker brauchbaren Form erläutert.

Hieraus ergibt sich, daß das Buch nicht nur für den Betrieb bestimmt ist, sondern es wird auch in Berufsschulen eine gute Unterlage für den fachkundlichen Unterricht sein.

Um die Benutzung dieses Buches weiter zu erleichtern und die Übersicht zu verbessern, wurde in der zweiten Auflage ein Sachwortverzeichnis angefügt. Die günstige Aufnahme des Buches in seiner ersten Auflage und die große Verbreitung ermöglichen zusammen mit einigen kriegsbedingten buchtechnischen Vereinfachungen trotz inhaltlicher Erweiterung den Preis herabzusetzen. Der AEG, die mir die Verwendung von Abbildungen, Tabellen usw. aus ihrem „Hilfsbuch für elektrische Licht- und Kraftanlagen“, Buchverlag W. Girardet, Essen, gestattete, sei besonders gedankt.

Fördernde Kritik und Anregungen sind erwünscht.

Berlin, im Juni 1943.

R. Arnold.

Inhaltsverzeichnis

A. Grundlagen und Grundgesetze	Seite 7
B. Installationstechnik	Seite 33
C. Lichttechnik	Seite 55
D. Meßtechnik	Seite 69
E. Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil	Seite 77
F. Gleich-, Wechsel- und Drehstrommaschinen	Seite 87
G. Umspanner — Stromrichter — Umformer	Seite 123
H. Elektrische Sammler und Elemente	Seite 139
J. Fernmeldeanlagen	Seite 146
K. Allgemeines — Werkstoffe, Zahlentafeln	Seite 151
L. Schlagwortverzeichnis	Seite 164

**Chemische Zeichen, spez. Widerstand, Leitfähigkeit,
Wärmegradzahl (gültig zwischen 0° . . . 100° C)
Wichte und elektrochemisches Äquivalent.**

Stoff	Chemisches Zeichen oder Zusammensetzung	Spez. Widerstand ρ bei 20° C	Leitfähigkeit γ bei 20° C	Wärmegradzahl α	Wichte γ bei 20° C	Elektrochemisches Äquivalent a
		$\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	$\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$	$\frac{\Omega}{^\circ \text{C}}$	$\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	$\frac{\text{mg}}{\text{As}}$
Aluminium	Al	0,029	34	0,0038	2,7	0,0935
Aluminiumbronze	Cu + Al	0,13	7,7	0,0010	7,6	0,415
Blei	Pb	0,21	4,8	0,0038	11,35	1,072
Bronze (Bz III)	Cu + Sn	0,17	5,9	0,002	8,2	—
Chromnickel (WM 100)	{ Ni + Cr + Fe + Mn	1	1	0,0007	8,5	—
Eisen (WM 13)	Fe	0,13	7,7	0,0045	7,8	0,280
Gold	Au	0,021	47,5	0,0036	19,3	0,680
Kohle	C	65	0,015	-0,0004	2,0	—
Konstantan (WM 50)	Cu + Ni	0,5	2	-0,000005	8,8	—
Kruppin	Fe + Ni	0,85	1,25	0,0007	8,1	—
Kupfer	Cu	0,01784	56	0,0044	8,9	0,329
Manganin (WM 43)	Cu + Ni + Mn	0,43	2,3	0,00001	8,4	—
Messing	Cu + Zn	0,075	13	0,0015	8,5	—
Nickel	Ni	0,10	10	0,0042	8,9	0,304
Nikelin (WM 30)	Cu + Ni + Zn	0,3	3,3	0,0002	8,8	—
Phosphorbronze	Cu + Sn	0,14	7,15	—	8,85	—
Platin	Pt	0,111	9	0,0021	21,4	0,506
Quecksilber	Hg	0,953	1,05	0,0009	13,6	1,036
Rheotan	Cu + Ni + Zn	0,48	2,1	0,00023	8,4	—
Silber	Ag	0,016	62,5	0,0036	10,5	1,118
Wolfram	W	0,059	17	0,0047	19,2	0,95
Zink	Zn	0,06	16,7	0,004	7,2	0,339
Zinn	Sn	0,10	10	0,0045	7,3	0,617

Maßeinheiten und Formelzeichen.

Benennung	Formelzeichen	Maßeinheit	Kurzzeichen	Erklärung
Stromstärke	I	Ampere	A	1 A ist diejenige Stromstärke, die in 1 Sekunde aus einer wässrigen Silbernitratlösung 0,001118 g = 1,118 mg Silber ausscheidet.
Widerstand	R	Ohm	Ω	1 Ω ist der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,063 m Länge und 1 mm ² Querschnitt bei 0 ^o C.
Spannung	U	Volt	V	1 V ist die Spannung, die in einem Widerstand von 1 Ω die Stromstärke 1 A erzeugt.
Spezifischer Widerstand	ρ	Ohm-millimeter-quadrat je Meter	$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm ² Querschnitt heißt spez. Widerstand. (Bezugstemperatur 20 ^o C.)
Elektrische Leitfähigkeit	κ	Meter je Ohm-millimeter-quadrat	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$	Den umgekehrten Wert des spez. Widerstandes nennt man Leitfähigkeit. ($\kappa = 1/\rho$)
Elektrischer Leitwert	G	Siemens	S	Der Leitwert ist der umgekehrte Wert des Ohmschen Widerstandes R. ($G = 1/R$)
Elektrische Leistung	N	Watt	W	Ein Strom von 1 A leistet bei 1 V Spannung 1 W. (1 W = 1 Volt · 1 Ampere)
Elektrische Arbeit	A	Wattsekunde (Joule)	Ws (J)	1 Ws wird verbraucht, wenn 1 W 1 Sekunde lang wirkt. (1 Ws = 1 Joule = 1 J)

Maßeinheiten und Formelzeichen. (Fortsetzung)

Benennung	Formelzeichen	Maßeinheit	Kurzzeichen	Erklärung
Elektrizitätsmenge	Q	Ampere- sekunde (Coulomb)	As (C)	Die Elektrizitätsmenge 1 As wird von der Stromstärke 1 A in 1 Sekunde gefördert.
Kapazität	C	Farad	F	Ein Kondensator hat die Kapazität 1 F, wenn er bei 1 V Spannung 1 As aufnimmt.
Selbstinduktion	L	Henry	H	Eine Spule hat die Induktivität 1 H, wenn in ihr eine Stromänderung von 1 A je Sekunde eine Spannung von 1 V induziert.
Frequenz	f	Hertz	Hz	1 Hz = 1 Periode je Sekunde.
Wärmemenge	Q	Kilo- kalorie	kcal	1 kcal ist diejenige Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 kg Wasser um 10° C zu erwärmen.
Magnetische Feldstärke	H	Oersted*)	Oe	1 AW/cm = 1,257 Oe.
Magnetische Induktion	B	Gauß	G	1 G = 1 Feldlinie je cm ² .
Magnetischer Induktionsfluß	Φ	Maxwell	M	1 M = 1 Feldlinie im ganzen Feld.
Durchflutung (erregende Kraft)	Θ	Ampere (Ampere- win- dungen)	A (AW)	1 AW = 1 Ampere × 1 Windung.

*) In maßgeblichen Nachschlagewerken „Oersted“, nach DIN VDE 121 „Oersted“.

Vorsätze für Einheiten.

Die auf Seite 8 und 9 genannten Einheiten können durch folgende Vorsätze vervielfacht oder unterteilt werden:

T	= Tera	= 10^{12}	= (billionenfach)
G	= Giga	= 10^9	= (milliardenfach)
M	= Mega	= 10^6	= (millionenfach)
k	= Kilo	= 10^3	= (tausendfach)
h	= Hekto	= 10^2	= (hundertfach)
D	= Deka	= 10^1	= (zehnfach)
d	= Dezi	= 10^{-1}	= (zehntel)
c	= Zenti	= 10^{-2}	= (hundertstel)
m	= Milli	= 10^{-3}	= (tausendstel)
μ	= Mikro	= 10^{-6}	= (millionstel)
n	= Nano	= 10^{-9}	= (milliardenstel)
p	= Pico	= 10^{-12}	= (billionstel)

Beispiele:

8 nF (Nanofarad)	= $8 \cdot 10^{-9}$ F	= 0,000 000 008 F
9 M Ω (Megaohm)	= $9 \cdot 10^6$ Ω	= 9 000 000 Ω
3 hW (Hektowatt)	= $3 \cdot 10^2$ W	= 300 W
20 mV (Millivolt)	= $20 \cdot 10^{-3}$ V	= 0,02 V
16 kHz (Kiloherz)	= $16 \cdot 10^3$ Hz	= 16 000 Hz

Vergleich zwischen mechanischen und elektrischen Maßeinheiten.

Arbeit	Leistung
1 kcal = 427 kgm	1 kgm/s = 9,81 W
1 kgm = $2,34 \cdot 10^{-3}$ = 0,00234 kcal	1 W = $\frac{1}{9,81}$ = 0,102 kgm/s
1 PSh = 635 kcal	1 kW = 102 kgm/s
1 kWh = 1000 Wh = 3 600 000 Ws	1 PS = 75 kgm/s
1 Ws = 0,102 kgm	1 PS = $75 \cdot 9,81$ = 736 W
1 Ws = 0,000239 kcal	1 kW = 1,36 PS
1 Ws = 0,239 cal	
1 kcal = 4,19 kWs	
1 cal = 4,19 Ws	
1 kWs = 0,239 kcal	
1 kWh = $3600 \cdot 0,239$ = 860 kcal	

Ohmsches Gesetz.

$$\boxed{I = \frac{U}{R}} \text{ in A} \quad \boxed{R = \frac{U}{I}} \text{ in } \Omega \quad \boxed{U = R \cdot I} \text{ in V}$$

Beispiele: 1. Welcher Strom I fließt durch einen Heizwiderstand von $R = 25 \Omega$, wenn die Spannung $U = 10 \text{ V}$ beträgt?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ A}$$

2. An den Enden eines Widerstandes R herrscht eine Spannung von $U = 12 \text{ V}$. Wie groß ist der Widerstand R , wenn durch ihn ein Strom von $I = 2 \text{ A}$ fließt?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2} = 6 \Omega$$

3. Welche Spannung U treibt durch einen Widerstand $R = 18 \Omega$ einen Strom von 3 A ?

$$U = R \cdot I = 18 \cdot 3 = 54 \text{ V}$$

Spannungsverlust.

Alle Stromerzeuger haben einen inneren Widerstand R_i . Zur Überwindung wird die Spannung $u = I \cdot R_i$ benötigt. Folglich ist: Klemmenspannung eines Stromerzeugers = erzeugte elektromotorische Kraft — Spannungsverlust.

$$\boxed{U = E - I \cdot R_i} \text{ in V}$$

Äußerer Widerstand R_a und innerer Widerstand R_i sind stets hintereinander geschaltet. Also ist:

$$\boxed{I = \frac{E}{R_a + R_i}} \text{ in A und } \boxed{E = I \cdot (R_a + R_i)} \text{ in V}$$

Beispiel: Ein Element erzeugt eine Spannung von $E = 1,5 \text{ V}$. Der innere Widerstand betrage $R = 0,2 \Omega$. Berechne den Strom I und die Klemmenspannung U , wenn ein äußerer Widerstand von $R = 0,55 \Omega$ angeschlossen ist!

$$I = \frac{E}{R_a + R_i} = \frac{1,5}{0,55 + 0,2} = \frac{1,5}{0,75} = 2 \text{ A}$$

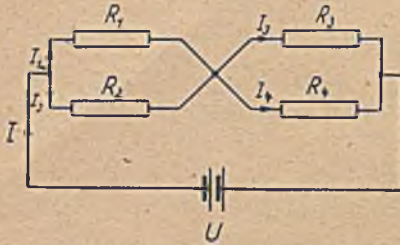
$$U = E - I \cdot R_i = 1,5 - 2 \cdot 0,2 = 1,1 \text{ V}$$

Kirchhoffsche Gesetze.



1. In jedem Stromverzweigungspunkt ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$



2. In jedem geschlossenen Stromkreis ist die Summe der erzeugten Spannungen gleich der Summe der verbrauchten Spannungen.

Beispiel: $U = R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_3$

oder: $U = R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3$

Reihenschaltung von Widerständen.

Kennzeichen der Reihenschaltung:

1. Der Strom I fließt durch alle Widerstände.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

2. Die Einzelspannungen verhalten sich wie die Widerstände.

$$U_1 : U_2 : U_3 : U_4 = R_1 : R_2 : R_3 : R_4$$

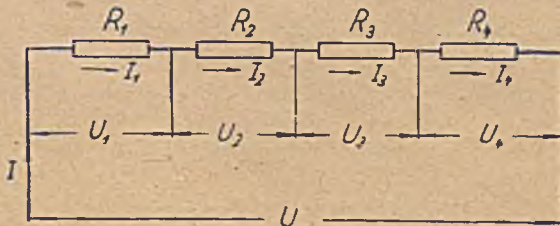
3. Die Gesamtspannung U ist gleich der Summe der Einzelspannungen.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Merke: Der Gesamtwiderstand R ist gleich der Summe der einzelnen Widerstände.

$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots$

 in Ω



Kirchhoffsche Gesetze. (Fortsetzung)

Nebeneinanderschaltung (Parallelschaltung) von Widerständen.

Kennzeichen der Nebeneinanderschaltung:

1. Alle Widerstände liegen an derselben Spannung U .

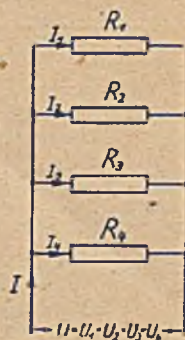
$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_4$$
2. Die Teilströme verhalten sich wie die umgekehrten Werte der dazugehörigen Zweigwiderstände.

$$I_1 : I_2 : I_3 : I_4 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \frac{1}{R_4}$$

3. Der Gesamtstrom I ist gleich der Summe der Einzelströme.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Merke: Der Gesamtleitwert ist gleich der Summe der einzelnen Leitwerte.



$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + \dots \quad \text{in S.}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots$$

Der umgekehrte Gesamtwiderstand ist gleich der Summe der umgekehrten Einzelwiderstände.

Beispiel: Zwei Widerstände $R_1 = 6 \Omega$, $R_2 = 12 \Omega$ sind nebeneinander geschaltet. Wie groß ist der Ersatzwiderstand R ?

Lösung:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12}; \quad R = \frac{12}{3} = 4 \Omega.$$

Elektrische Leistung (Gleichstrom)

$$N = U \cdot I \quad \text{in W}$$

$$U = \frac{N}{I} \quad \text{in V}$$

$$I = \frac{N}{U} \quad \text{in A}$$

$$N = \frac{U^2}{R} \quad \text{in W}$$

$$N = I^2 \cdot R \quad \text{in W}$$

Beispiel: Welche Leistung nimmt der Heizwiderstand eines elektrischen Kochtopfes auf, der bei 220 V von 4,5 A durchflossen wird?

Lösung:
$$N = U \cdot I = 220 \cdot 4,5 = 990 \text{ W.}$$

Berechnung von Widerständen.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{F} \quad \text{in } \Omega \qquad F = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad \text{in mm}^2 \qquad l = \frac{F \cdot R}{\rho} \quad \text{in m}$$

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot F} \quad \text{in } \Omega \qquad F = \frac{l}{\kappa \cdot R} \quad \text{in mm}^2 \qquad l = F \cdot R \cdot \kappa \quad \text{in m}$$

Werte für ρ und κ siehe Seite 7.

- Beispiele: 1. Welchen Widerstand hat ein Aluminiumdraht von 25 m Länge und 2,5 mm² Querschnitt? $R = \frac{0,029 \cdot 25}{2,5} = 0,29 \Omega$.
2. Welchen Querschnitt hat ein Kupferdraht von 100 m Länge und 1,78 Ω Widerstand? $F = \frac{0,0178 \cdot 100}{1,78} = 1 \text{ mm}^2$
3. Welche Länge hat ein Chromnickeldraht von 2 mm² Querschnitt und 20 Ω Widerstand? $l = \frac{2 \cdot 20}{1} = 40 \text{ m}$.

Einfluß der Wärme auf den Widerstand.

Der Widerstand reiner Metalle steigt bei zunehmender Erwärmung. Kohle und alle Metallsalzlösungen verhalten sich umgekehrt. Bei steigender Erwärmung sinkt der Widerstand. Bei allen Kupfer-Nickel-Legierungen (Widerstandsbaustoffen) bleibt der Widerstand bei Erwärmung beinahe gleich.

Die Wärmegradzahl α gibt die Widerstandsänderung an, die ein Leiter von 1 Ω Widerstand bei 1^o Temperaturerhöhung erfährt.

Werte für α siehe Seite 7.

Widerstand bei 20^o C: $R_{20} = \frac{\rho \cdot l}{F}$

Widerstand bei t^o C:

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)] \quad \text{in } \Omega$$

Temperaturerhöhung:

$$t - 20 = \frac{R_t - R_{20}}{\alpha \cdot R_{20}} \quad \text{in } ^\circ \text{C}$$

Einfluß der Wärme auf den Widerstand. (Fortsetzung)

Beispiele: 1. Welchen Widerstand hat ein 100 m langer Kupferdraht von 1 mm² Querschnitt bei a) 20^o C b) 100^o C?

$$a) R = \frac{0,0178 \cdot 100}{1} = 1,78 \ \Omega$$

$$b) R_{100} = 1,78 [1 + 0,0044 (100 - 20)] = 2,4 \ \Omega$$

2. Eine Feldwicklung aus Kupfer hat im kalten Zustand einen Widerstand von $R_{20} = 30 \ \Omega$. Nach einer Betriebsstunde beträgt der Widerstand $R_t = 40 \ \Omega$. Um wieviel Grad hat sich die Wicklung erwärmt?

$$t - 20 = \frac{40 - 30}{0,0044 \cdot 30} = 75,8^{\circ} \text{ C}$$

Nach den Regeln für die Bewertung und Prüfung von el. Maschinen (VDE 0530) berechnet sich die Wicklungserwärmung aus der Widerstandszunahme nach folgenden Formeln:

Für die Betriebsarten DB, AB und DAB:

Kupferwicklungen:

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} \cdot (235 + t_{\text{kalt}}) - (t_{\text{Kühlmittel}} - t_{\text{kalt}}) \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

Aluminiumwicklungen:

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} \cdot (245 + t_{\text{kalt}}) - (t_{\text{Kühlmittel}} - t_{\text{kalt}}) \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

Für die Betriebsarten KB und DKB:

Kupferwicklungen:

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} \cdot (235 + t_{\text{kalt}}) \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

Aluminiumwicklungen:

$$t = \frac{R_{\text{warm}} - R_{\text{kalt}}}{R_{\text{kalt}}} \cdot (245 + t_{\text{kalt}}) \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

Merke: t = Erwärmung in ^o C

t_{kalt} = Temperatur der kalten Wicklung

$t_{\text{Kühlmittel}}$ = Temperatur des umgebenden Kühlmittels

R_{warm} = Widerstand der warmen Wicklung

R_{kalt} = Widerstand der kalten Wicklung.

(Betriebsarten siehe Seite 79.)

Faradaysches Gesetz.

Wird ein Strom durch ein Metallsalz (Elektrolyt) geleitet, so wird es zersetzt. Am negativen Pol scheidet sich das Metall ab. Die abgeschiedene Metallmenge ist abhängig von der Stromstärke I und von der Zeit t .

$$\boxed{G = a \cdot I \cdot t} \text{ in mg} \quad \boxed{I = \frac{G}{a \cdot t}} \text{ in A} \quad \boxed{t = \frac{G}{a \cdot I}} \text{ in s}$$

Werte für a siehe auch Seite 7.

Elektrolytische Niederschlagsmengen.			
Stoff	$\frac{a}{\text{mg/As}}$	Stoff	$\frac{a}{\text{mg/As}}$
Aluminium	0,0935	Sauerstoff	0,083
Chrom	0,18	Silber	1,118
Gold	0,680	Wasserstoff	0,01036
Kupfer	0,329	Zink	0,339
Nickel	0,304	Zinn	0,617

Beispiele: 1. Wieviel mg Silber werden aus einer Silbernitratlösung in 10 min abgeschieden, wenn $I = 2 \text{ A}$ ist?

$$G = 1,118 \cdot 2 \cdot 600 = 1340 \text{ mg}$$

2. In welcher Zeit können 2 kg Elektrolytkupfer hergestellt werden, wenn eine Stromstärke von $I = 500 \text{ A}$ zur Verfügung steht?

$$t = \frac{2\,000\,000}{0,329 \cdot 500} = 3,4 \text{ h}$$

Joulesches Gesetz.

Fließt ein Strom von I Ampere durch einen Leiter, dessen Widerstand R Ohm beträgt, so wird in t Sekunden in dem Widerstand eine Wärmemenge von:

$$\boxed{Q = 0,000239 \cdot I^2 \cdot R \cdot t} \text{ kcal erzeugt.}$$

$$\boxed{Q = 0,000239 \cdot I \cdot U \cdot t} \text{ in kcal}$$

$$\boxed{Q = 0,000239 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot t} \text{ in kcal}$$

Joulesches Gesetz. (Fortsetzung)

Beispiele: 1. Durch die Heizspirale ($R = 88 \Omega$) eines Tauchsieders fließen 2,5 A. Welche Wärmemenge wird in 20 min erzeugt?

$$Q = 0,000239 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 88 \cdot 1200 = 157,8 \text{ kcal}$$

2. Durch einen Heizwiderstand, der an $U = 110 \text{ V}$ angeschlossen ist, fließen 10 A. Welche Wärmemenge wird in 100 s erzeugt?

$$Q = 0,000239 \cdot 10 \cdot 110 \cdot 100 = 26,3 \text{ kcal.}$$

3. Ein Heizwiderstand $R = 110 \Omega$ liegt an $U = 220 \text{ V}$. Welche Wärmemenge erzeugt dieser Widerstand in 5 min?

$$Q = 0,000239 \cdot \frac{220 \cdot 220}{110} \cdot 300 = 31,6 \text{ kcal.}$$

Praktische Anwendung:

Soll eine bestimmte Gewichtsmenge Wasser erwärmt werden, so wird die erforderliche Wärmemenge nach folgender Gleichung berechnet:

$$Q = G \cdot (t_2 - t_1) \text{ in kcal}$$

Merke: G = Gewicht des Wassers in kg,

t_1 = Anfangstemperatur des Wassers in Grad C,

t_2 = Endtemperatur " " " " "

Die elektrische Arbeit, die aufgewendet werden muß, um das Wasser zu erwärmen, ist:

$$A = U \cdot I \cdot t \text{ in Ws} \quad 1 \text{ Ws} = 0,000239 \text{ kcal (siehe Seite 10)}$$

1 kWh = $3600 \cdot 0,000239 = 860 \text{ kcal}$. Umrechnung: $A = \frac{Q}{860}$ in kWh

unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades ist: $A = \frac{Q}{860 \cdot \eta}$ in kWh

Merke: Q in kcal,

$$\eta = \text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Wärmemenge, die an das Wasser abgegeben wird}}{\text{Wärmemenge, die vom el. Strom erzeugt wird}}$$

Beispiel: Wieviel kWh sind erforderlich, um 2 kg Wasser von 20° C in einem elektrischen Kocher zum Sieden zu bringen? Wirkungsgrad des Kochers $\eta = 0,9$.

$$Q = 2 (100 - 20) = 160 \text{ kcal}$$

$$A = \frac{160}{860 \cdot 0,9} = 0,2 \text{ kWh}$$



Magnetismus.

Dauermagnet

Jeder Magnet hat zwei Pole. Wird er drehbar aufgehängt, so stellt er sich ungefähr in die Nordsüdrichtung der Erde ein. Der Pol, der zum geographischen Nordpol weist, heißt *Nordpol*, der andere *Südpol*. Werden die Pole zweier Magnete einander genähert, so beobachtet man:

Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.

Wird eine Magnethülse in die Nähe eines Magneten gebracht, so wird sie aus ihrer Nordsüdrichtung abgelenkt. Kleine Eisen- oder Nickelteilchen werden angezogen. Der Raum, in dem der Magnetismus sich auswirkt, heißt magnetisches Feld.

Das magnetische Feld ist mit *Feldlinien* ausgefüllt. Sie verlaufen immer von einem Pol zum anderen. Die Richtung der Feldlinien ist festgelegt. Sie treten am Nordpol aus und gehen durch die Luft zum Südpol zurück.

Die Gesamtzahl der in einem magnetischen Feld vorhandenen Feldlinien heißt magnetischer Fluß Φ (sprich: Phi).

Er wird in Maxwell (M) gemessen. 1 Maxwell = 1 Feldlinie im ganzen Feld.

Die Anzahl der Feldlinien, die senkrecht durch eine Fläche von 1 cm² tritt, nennt man *Feldliniendichte* \mathfrak{B} .

Sie wird in Feldlinien je cm² oder Gauß (G) gemessen. 1 Gauß = Feldlinie je cm².

Bezeichnet man den Querschnitt des Feldes mit F , so besteht zwischen Φ und \mathfrak{B} folgende Beziehung:

$$\Phi = \mathfrak{B} \cdot F \quad \text{in M}$$

$$\mathfrak{B} = \frac{\Phi}{F} \quad \text{in G}$$

Anmerkung: Vielfach wird nur die Feldliniendichte im Eisen, auch magnetische Induktion genannt, mit \mathfrak{B} bezeichnet, die Feldliniendichte in Luft dagegen mit \mathfrak{H} . Die neuere Auffassung verwirft den Brauch, die gleiche Größe im Eisen anders zu benennen als in der Luft.

Die Stoffe setzen den Feldlinien einen verschieden großen Widerstand entgegen. Versuche haben ergeben, daß die meisten Werkstoffe die Feldlinien fast so schlecht leiten wie die Luft. Eisen leitet die Feldlinien gut oder anders ausgedrückt, es besitzt eine gute Leitfähigkeit oder gute Permeabilität.

Die Zahl, die angibt, wieviel Feldlinien auf 1 cm² in einem Stoff mehr auftreten als in Luft (genau: im luftleeren Raum), heißt *magnetische Leitfähigkeit* oder *Permeabilität* μ (sprich: My).

μ wird einer Tafel entnommen. Beispiel: $\mu = 2800$ heißt, der Stoff leitet die Feldlinien 2800 mal besser als Luft. Für Eisen ist μ kein fester Wert, er ist bei gleichem Werkstoff abhängig von der Feldliniendichte und der Temperatur.

Alle Stoffe mit guter magnetischer Leitfähigkeit heißen „magnetisch weich“.

Eisen, das sich in einem magnetischen Feld befindet, wird magnetisch. Reste vom Magnetismus bleiben zurück, wenn die Einwirkung des magnetischen Feldes aufhört. Der verbleibende Magnetismus wird *Restmagnetismus* genannt.

Die Eigenschaft eines Stoffes, Magnetismus zurückzubehalten, heißt *Remanenz*.

Elektromagnetismus.



Φ = magnetischer Fluß = Gesamtheit der magn. Feldlinien

F = Querschnitt

\mathfrak{B} = Feldlinien je cm^2 = Feldliniendichte
(Siehe Anmerkung Seite 18)

Θ = Durchflutung

$$\mathfrak{B} = \frac{\Phi}{F} \text{ in G} \quad \Phi = \mathfrak{B} \cdot F \text{ in M}$$

$$F = \frac{\Phi}{\mathfrak{B}} \text{ in cm}^2$$

$$\Theta = w \cdot I \text{ in A oder AW}$$

Außerdem gilt für *Luft* die Beziehung:

$$\Theta = 0,8 \cdot \mathfrak{B}_{\text{Luft}} \cdot l$$

1. Geradliniger Leiter in Luft.

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = \frac{0,2 \cdot I}{r} \text{ in G} \quad \text{Merke: } r \text{ in cm!}$$

Beispiel: Durch einen geraden Leiter fließen 200 A.
Welche Feldliniendichte herrscht in 2 cm Entfernung?

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = \frac{0,2 \cdot I}{r} = \frac{0,2 \cdot 200}{2} = 20 \text{ G.}$$



2. Eisenfreie Ringspule (Toroid).

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = \frac{0,2 \cdot w \cdot I}{r_m} \text{ in G}$$

Beispiel: Wie groß ist der magnetische Fluß Φ ,

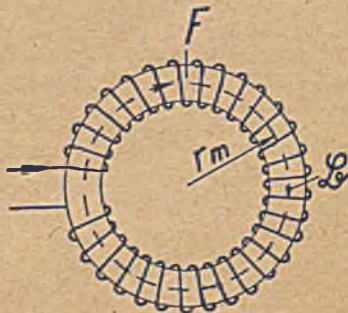
wenn $w = 1000$ Windungen,

$I = 1 \text{ A}$, $r_m = 5 \text{ cm}$ und

$F = 6 \text{ cm}^2$ ist?

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = \frac{0,2 \cdot 1000 \cdot 1}{5} = 40 \text{ G;}$$

$$\Phi = 40 \cdot 6 = 240 \text{ M}$$



Elektromagnetismus. (Fortsetzung)

3 Eisenfreie Spule.

(Formel gilt nur, wenn die Länge der Spule im Verhältnis zum Durchmesser groß ist).

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = 1,256 \cdot \frac{w \cdot I}{l} \text{ in G.}$$

Merke: l in cm!

Beispiel: Wie groß ist der magn. Fluß Φ , wenn $w = 800$ Windungen, $I = 0,3$ A, $l = 40$ cm und $F = 10$ cm² ist?

$$\mathfrak{B}_{\text{Luft}} = 1,256 \cdot \frac{800 \cdot 0,3}{40} = 7,55 \text{ G; } \Phi = 7,55 \cdot 10 = 75,5 \text{ M}$$

4. Ringspule mit Eisen.

$$\mathfrak{B}_{\text{Eisen}} = 0,2 \cdot \mu \cdot \frac{w \cdot I}{l} \text{ in G}$$

4. Ringspule mit Eisen.

$$\mathfrak{B}_{\text{Eisen}} = 1,256 \cdot \mu \cdot \frac{w \cdot I}{l} \text{ in G}$$

$$\frac{w \cdot I}{l} = \frac{\Theta}{l} \text{ wird in } \frac{\text{A}}{\text{cm}} \text{ oder } \frac{\text{AW}}{\text{cm}} \text{ gemessen.}$$

μ siehe Seite 18.

Magnetisierungslinien.

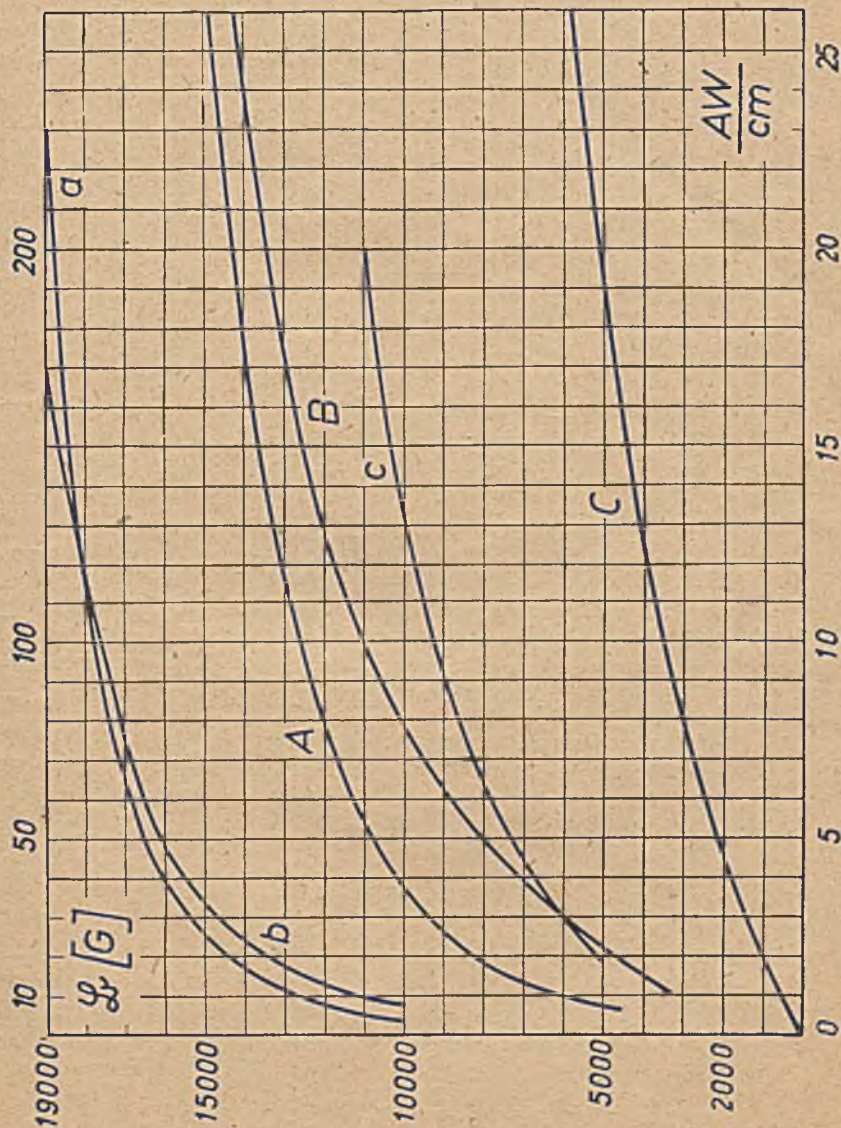
Bei der eisenlosen Spule steigt bei zunehmender Stromstärke die Feldliniendichte \mathfrak{B} im Hohlraum der Spule im gleichen Verhältnis an, d. h. ein doppelter Strom erzeugt auch doppelt soviel Feldlinien. Liegt im Hohlraum der Spule ein Eisenkern (Elektromagnet), so steigt die Feldstärke zunächst wesentlich stärker an. Jedoch wird der Eisenkern mit zunehmender Feldstärke gesättigt. Ein doppelter Strom hat dann nur noch eine geringe Steigerung der Feldstärke zur Folge. Die einzelnen Eisensorten verhalten sich verschieden. Stahlguß läßt sich viel leichter und höher magnetisieren als Gußeisen. Durch Versuche wird nun bei jeder Eisensorte festgestellt, welcher Strom nötig ist, um eine beliebige Feldliniendichte zu erzeugen. Die Versuchsergebnisse werden zeichnerisch festgelegt. Man nennt solche Linien Magnetisierungslinien. Für technische Rechnungen ist es besser, wenn die Feldstärke \mathfrak{B} nicht in Abhängigkeit von I , sondern von der Amperewindungszahl je Zentimeter Feldlinienweg aufgezeichnet wird.

Magnetisierungslinien.

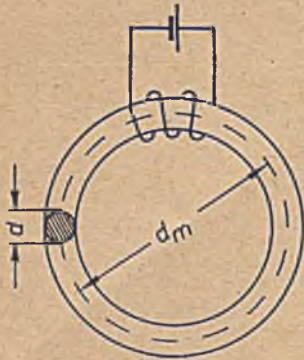
a } Ankerblech
A }

b } Stahlguß
B }

c } Gußeisen
C }



Elektromagnetismus. (Fortsetzung)



Beispiel:

In dem nebenstehend skizzierten Ring aus Stahlguß soll ein magnetischer Induktionsfluß von $\Phi = 50000$ M entstehen. Abmessungen des Ringes: $d = 2$ cm, $d_m = 30$ cm. Welcher Strom I muß durch die Spule fließen, wenn diese $w = 120$ Windungen hat?

Querschnitt des Stahlringes:

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3,14}{4} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\mathfrak{B}_{\text{Eisen}} = \frac{\Phi}{F} = \frac{50\,000}{3,14} = 15\,900 \text{ Feldlinien/cm}^2$$

Hierfür sind nach der Magnetisierungslinie (Seite 21) 45 AW je cm Feldlinienweg erforderlich. Der gesamte Feldlinienweg (mittlerer Durchmesser $\times 3,14$) ist:

$d_m \cdot 3,14 = 30 \cdot 3,14 = 94,2$ cm. Folglich sind insgesamt $94,2 \cdot 45 = 4240$ AW notwendig. $I = \frac{\Theta}{w} = \frac{4240}{120} = 35,3$ A.

Es ist nicht immer so, daß dem magnetischen Fluß auf seinem Kreisweg immer derselbe Querschnitt und der gleiche Werkstoff zur Verfügung steht. Vielmehr setzt sich der Feldlinienweg aus einzelnen Teilen mit verschiedenem Werkstoff oder verschiedenem Querschnitt zusammen. Man muß dann für jeden Teil die notwendigen AW berechnen und diese zum Schluß zusammenzählen.

Beispiel: Der Stahlgußring aus der vorhergehenden Aufgabe habe noch einen radialen Luftspalt von 0,1 cm Breite. Welcher Strom I muß jetzt durch die Spule fließen, damit derselbe Induktionsfluß von $\Phi = 50\,000$ M entsteht?

$$\mathfrak{B} = \frac{\Phi}{F} = \frac{50\,000}{3,14} = 15\,900 \text{ Feldlinien/cm}^2. \text{ Hierfür sind für Stahlguß}$$

45 AW je cm Feldlinienweg erforderlich. Der Feldlinienweg ist jetzt um 0,1 cm kürzer geworden, also 94,1 cm.

Amperewindungszahl im Stahlguß $\text{AW}_{\text{St}} = 94,1 \cdot 45 = 4234,5$.

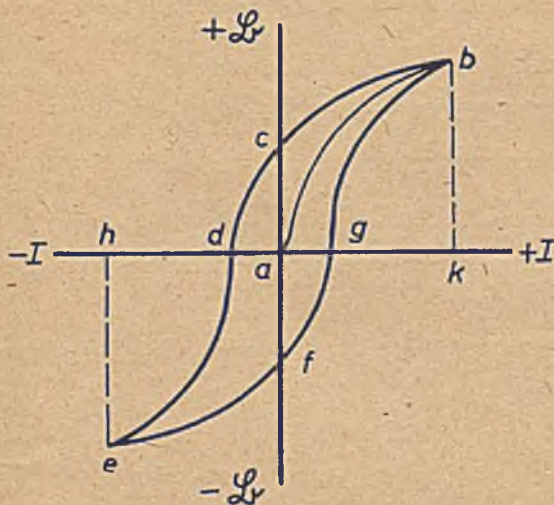
In Luft sind für jeden Zentimeter Feldlinienweg $= 0,8 \cdot \mathfrak{B}$ AW notwendig.

Für 0,1 cm Weg also: $\text{AW}_L = 0,8 \cdot \mathfrak{B} \cdot l = 0,8 \cdot 15\,900 \cdot 0,1 = 1272$

Gesamtwindungszahl $\text{AW} = \text{AW}_{\text{St}} + \text{AW}_L = 4234,5 + 1272 = 5506,5$

$$I = \frac{\Theta}{w} = \frac{5506,5}{120} = 45,88 \text{ A}$$

Die magnetische Hysteresis.



Die anfängliche Linie a—b entsteht, wenn sich ein Eisenstab in einer stromdurchflossenen Spule befindet und erstmals magnetisiert wird. Der Magnetismus (Feldliniendichte) steigt bei Steigerung des Magnetisierungsgrenze). bis z. Sättigung (Magnetisierungsgrenze). Wird der Magnetisierungsstrom geschwächt, so nimmt auch der Magnetismus ab. Bei der Stromstärke $I = 0$ ist aber im Eisenstab noch die Feldliniendichte a—c (Remanenz) vorhanden.

Will man diesen remanenten oder Restmagnetismus beseitigen, so muß man einen entgegengesetzt gerichteten Strom durch die Spule schicken. Bei einer Stromstärke a—d ist der Magnetismus Null. Wird die Stromstärke auf a—h gesteigert, so entsteht die umgekehrte Feldliniendichte h—e. Der Magnetismus bleibt immer hinter dem Magnetisierungsstrom zurück. Diese Erscheinung heißt Hysteresis. Der Flächeninhalt der Hysteresisschleife ist ein Maß für die Arbeit, die für das Magnetisieren und Ummagnetisieren nötig ist. Ein großer Flächeninhalt deutet auf große Verluste hin (Erwärmung des Eisens — Ummagnetisierungsverluste).

Tragkraft eines Magneten.

$$P = \frac{0,04 \cdot \mathfrak{B}^2 \cdot F}{1\,000\,000} \text{ in kg}$$

$$\mathfrak{B} = \sqrt{\frac{1\,000\,000 \cdot P}{0,04 \cdot F}} \text{ in G}$$

Merke: F in cm^2 !

Beispiel: Ein Hufeisenmagnet hat einen Schenkelquerschnitt von $15 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$. Die gemessene Feldliniendichte beträgt $\mathfrak{B} = 3000 \text{ G}$. Wieviel kg kann der Magnet tragen?

$$P = \frac{0,04 \cdot 3000 \cdot 3000 \cdot 9}{1\,000\,000} = 3,24 \text{ kg.}$$

Der stromdurchflossene Leiter im magnetischen Feld.

Befindet sich ein stromdurchflossener Leiter in einem Magnetfeld, so bewegt er sich

A. Kraftwirkung des stromdurchflossenen Leiters.

Die Kraft P, mit der ein stromdurchflossener Leiter aus dem Magnetfeld gestoßen wird, ist:

$$P = \frac{\mathfrak{B} \cdot I \cdot l}{9\,810\,000} \text{ in kg}$$

Die Kraftwirkung wird größer, wenn mehrere Leiter nebeneinander liegen (Ankerspule).

Merke: \mathfrak{B} = Feldliniendichte in Gauß, l = wirksame Leiterlänge (Leiterlänge im Feld) in cm, I = Stromstärke in A!

Beispiele: 1. Ein Leiter von $l = 25$ cm wirksamer Länge wird von $I = 20$ A durchflossen. Mit welcher Kraft P wird er in einem Magnetfeld von $\mathfrak{B} = 10\,000$ Gauß bewegt?

$$P = \frac{10\,000 \cdot 25 \cdot 20}{9\,810\,000} = 0,51 \text{ kg.}$$

2. Die Pole eines Gleichstrommotors haben eine Feldliniendichte von $\mathfrak{B} = 12\,000$ Gauß. Der Anker besitzt 160 Ankerdrähte von je 20 cm wirksamer Länge, die von $I = 7,5$ A durchflossen werden. Welche Kraft wirkt am Ankerumfang, wenn man annimmt, daß $\frac{3}{4}$ sämtlicher Ankerdrähte (eine Anzahl von Ankerdrähten liegen nicht unter den Polen) gleichzeitig wirksam sind?

$$P = \frac{12\,000 \cdot 20 \cdot 7,5}{9\,810\,000} = 0,18 \text{ kg (für 1 Draht)}$$

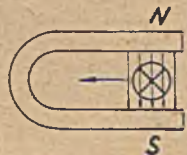
$\frac{3}{4}$ von 160 = 120 Drähte. Gesamtkraft = $120 \cdot 0,18 = 21,6$ kg.

B. Richtung der Kraft.

Die Richtung der Kraft hängt von der Strom- und Feldrichtung ab. Sie kann mit Hilfe der *Linken-Hand-Regel* bestimmt werden.

Linke-Hand-Regel:

Läßt man die Feldlinien senkrecht in die linke innere Handfläche eintreten und fließt der Strom in Richtung der Fingerspitzen durch den Leiter, so bewegt sich der Leiter in Richtung des abgespreizten Daumens.



Induktionsgesetz.

Schneidet ein elektrischer Leiter magnetische Feldlinien, so entsteht in dem Leiter eine elektromotorische Kraft (EMK).

A. Größe der erzeugten Spannung.

$$E = \frac{\mathfrak{B} \cdot l \cdot v}{100\,000\,000} \text{ in V}$$

Merke: \mathfrak{B} = magnetische Induktion in Gauß, l = Länge des Leiters im magn. Felde in cm, v = Geschwindigkeit des Leiters in cm/s.

Beispiele: 1. Durch ein magnetisches Feld von $\mathfrak{B} = 9000$ Gauß wird ein elektrischer Leiter von $l = 35$ cm Länge mit einer Geschwindigkeit $v = 12$ m/s bewegt. Berechne die induzierte EMK in V!

$$E = \frac{9000 \cdot 40 \cdot 1200}{100\,000\,000} = 4,32 \text{ V}$$

2. Der Anker eines Gleichstromgenerators ist mit 67 Ankerdrähten, die hintereinander geschaltet sind, bewickelt. Ankerumdrehungen $n = 1200$ U/min. Die Maschine besitzt 4 Pole von 25 cm Breite und 35 cm Länge. $\mathfrak{B} = 10\,000$ Gauß. Berechne die induzierte EMK!

Gesamtfeldlinien für 4 Pole = $4 \cdot 25 \cdot 35 \cdot 10\,000 = 35\,000\,000$ Gauß.
Jeder Draht schneidet in 1 Sekunde = $1200 : 60 = 20 \times$ die Gesamtfeldlinien.

$$E = \frac{20 \cdot 35\,000\,000}{100\,000\,000} = 7 \text{ V (i Draht)}$$

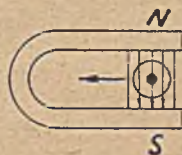
für 67 Drähte = $67 \cdot 7 = 469 \text{ V}$.

B. Richtung der erzeugten Spannung.

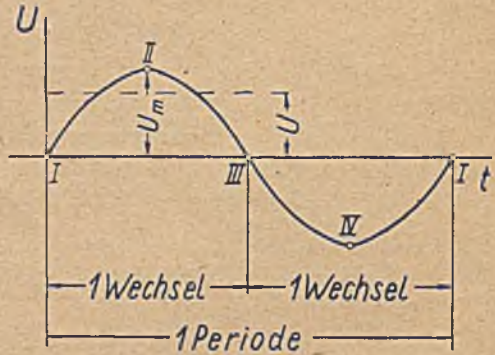
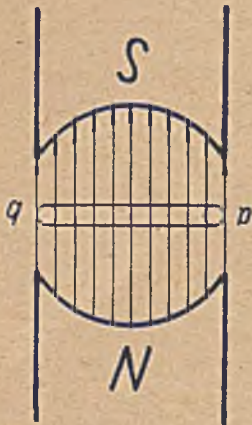
Die Richtung der erzeugten Spannung hängt von der Feld- und Bewegungsrichtung ab. Die Richtung kann mit Hilfe der *Rechten-Hand-Regel* bestimmt werden.

Rechte-Hand-Regel:

Läßt man die Feldlinien senkrecht in die rechte innere Handfläche eintreten und zeigt der abgespreizte Daumen die Bewegungsrichtung des Leiters an, so zeigen die ausgestreckten Finger die Richtung der induzierten Spannung an. (Bei einem geschlossenen Leiter ist es die Richtung des Stromes).



Wechselstrom.



Wechselspannungen sind Spannungen, die in ständiger Folge ihre Größe und Richtung ändern.

Wechselströme sind Ströme, die in ständiger Folge ihre Stärke und Richtung ändern. Die Spannung von I bis III wird bei einer 2pol. Maschine durch eine halbe Umdrehung der Spule a—b erzeugt. Die Strecke von I bis III nennt man 1 Wechsel. 2 Wechsel = 1 Periode. Die Anzahl der Perioden in einer Sekunde heißt Frequenz (f).

Die Einheit der Frequenz ist das Hertz (Hz) 1 Hz = 1 Periode/s.

\hat{u} (U_{\max}) bzw. \hat{i} (I_{\max}) = Scheitel- oder Höchstwert.

U bzw. I = Wirksame Spannung bzw. Stromstärke (Effektivwert).

$$\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U = 1,41 \cdot U \quad \text{in V}$$

$$\hat{i} = \sqrt{2} \cdot I = 1,41 \cdot I \quad \text{in A}$$

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{u} \quad \text{in V}$$

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot \hat{i} \quad \text{in A}$$

Strommesser für Wechselstrom zeigen den Effektivwert an. Unter dem Effektivwert eines Wechselstromes versteht man den gleichbleibenden Strom, der in einem Widerstand dieselbe Wärme erzeugt wie der veränderliche Wechselstrom. Für Spannungsmesser gilt entsprechendes.

Beispiele: 1. Ein Spannungsmesser für Wechselstrom zeigt 110 V an. Wie groß ist der Scheitelwert? $\hat{u} = 1,41 \cdot 110 = 155 \text{ V}$.

2. Wie groß ist die effektive Stromstärke, wenn $\hat{i} = 10 \text{ A}$ ist?

$$I = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ A}.$$

Wechselstrom. (Fortsetzung)

Die Leistung des Wechselstromes bei verschieden großer Phasenverschiebung

Größe der Phasenverschiebung	Leistung	
	graphisch	rechnerisch
<p>Leistung eines Wechselstromes, wenn Strom und Spannung in Phase liegen.</p> <p style="text-align: center;">$\varphi = 0$</p>		<p>$\varphi = 0 \quad \cos \varphi = 1$</p> <p>$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$</p> <p>$N = U \cdot I \cdot 1$</p> <p>$N = U \cdot I$</p>
<p>Leistung eines Wechselstromes, wenn eine Phasenverschiebung φ besteht.</p>		<p>$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$</p>
<p>Leistung eines Wechselstromes, wenn zwischen Strom und Spannung eine Phasenverschiebung von 90° besteht.</p> <p style="text-align: center;">$\varphi = 90^\circ$</p>		<p>$\varphi = 90^\circ \quad \cos \varphi = 0$</p> <p>$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$</p> <p>$N = U \cdot I \cdot 0$</p> <p>$N = 0$</p>

Wirkleistung: $N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ in W $I = \frac{N}{U \cdot \cos \varphi}$ in A $\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot I}$

Scheinleistung: $N_s = U \cdot I$ in VA Blindleistung: $N_B = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ in W

Wechselstrom. (Fortsetzung)

Werte für $\cos \varphi$

φ	$\cos \varphi$	φ	$\cos \varphi$	φ	$\cos \varphi$	φ	$\cos \varphi$	φ	$\cos \varphi$	φ	$\cos \varphi$
0°	1	20°	0,94	35°	0,82	50°	0,643	65°	0,426	80°	0,173
10°	0,985	25°	0,91	40°	0,766	55°	0,574	70°	0,342	85°	0,0087
15°	0,966	30°	0,866	45°	0,707	60°	0,5	75°	0,259	90°	0

Beispiele: 1. Welche Leistung nimmt ein Wechselstrommotor auf, wenn der Strommesser in der Zuleitung $I = 30$ A anzeigt und die Netzspannung $U = 220$ beträgt? Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,8$.
 $N = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 220 \cdot 30 \cdot 0,8 = 5,28$ kW.

2. Welcher Strom I fließt in der Motorzuleitung, wenn $N = 8$ kW, $U = 220$ V, $\cos \varphi = 0,9$ und $\eta = 0,9$ ist?

$$I = \frac{N}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{8000}{220 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 45 \text{ A.}$$

3. Wie groß ist der Leistungsfaktor $\cos \varphi$, wenn $N = 40$ kW, $U = 220$ V und $I = 200$ A ist?

$$\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot I} = \frac{40\,000}{220 \cdot 200} = 0,91.$$

4. Eine Spule hat einen Ohmschen Widerstand von 6Ω . Durch diese fließt bei einer Wechselspannung von $U = 200$ V ein Strom von $I = 20$ A. Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung?

Für Wechselstrom gilt genau wie bei Gleichstrom:

$$N = I^2 \cdot R$$

$$N = 20 \cdot 20 \cdot 6 = 2\,400 \text{ W}$$

Diese Leistung ist aber auch:

$$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 2\,400 \text{ W}$$

Hieraus folgt:

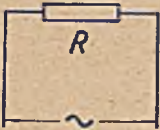
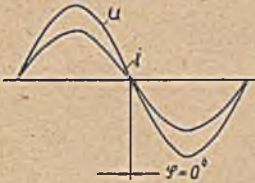
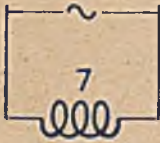
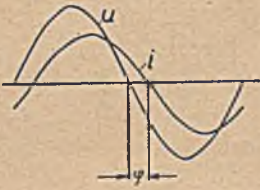
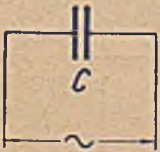
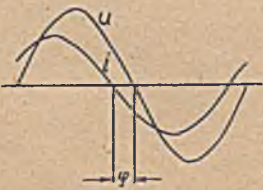
$$\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot I}$$

$$\cos \varphi = \frac{2\,400}{200 \cdot 20} = 0,6.$$

Für einen Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,6$ entnehmen wir aus obenstehender Tabelle einen Phasenverschiebungswinkel von rd. 50° .

Wechselstrom. (Fortsetzung)

Die Ohmsche, induktive und kapazitive Belastung im Wechselstromkreis.

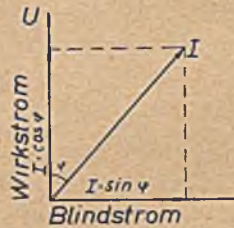
Art der Belastung	Verlauf der Strom- und Spannungswelle	Erläuterungen
 <p data-bbox="68 613 280 636">Ohmscher Widerstand</p>		<p data-bbox="622 409 905 545">Strom und Spannung liegen <i>in Phase</i>, d. h.: die Strom- und Spannungswelle erreichen gleichzeitig ihren Null- bzw. Höchstwert.</p>
 <p data-bbox="68 928 265 951">Induktive Belastung</p>		<p data-bbox="622 697 905 973">Der Strom eilt der Spannung nach, d. h. die Strom- und Spannungswelle erreichen nicht gleichzeitig ihren Null- bzw. Höchstwert. Die Verschiebung der Stromwelle gegen die Spannungswelle nennt man <i>Phasenverschiebung</i>. Sie wird durch den Winkel φ ausgedrückt. Bei rein induktiver Belastung ist $\varphi = 90^\circ$.</p>
 <p data-bbox="68 1241 270 1264">Kapazitive Belastung</p>		<p data-bbox="622 1034 905 1140">Der Strom eilt der Spannung voraus. Bei rein kapazitiver Belastung ist $\varphi = 90^\circ$.</p>

Wechselstrom (Fortsetzung).

Ströme, die um 90° vor- oder nachhinken, heißen *Blindströme* ($\cos \varphi = 0$), weil keine Leistung übertragen wird.

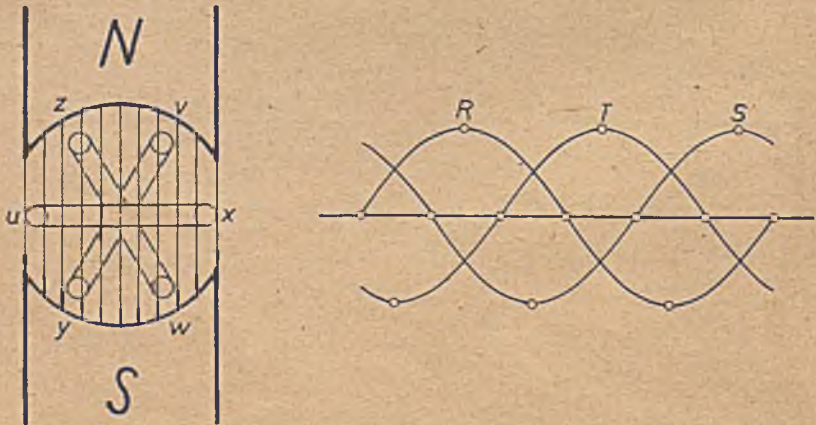
Ströme, die mit der Spannung in Phase liegen, nennt man *Wirkströme*.

Ein Wechselstrom von beliebiger Phasenverschiebung denkt man sich aus zwei Teilen zusammengesetzt. Er besteht aus einer unverschobenen Wirkkomponente und einer Blindkomponente mit 90° Phasenverschiebung. Die Wirkkomponente kommt für die Arbeitsverrichtung in Betracht. Die Blindkomponente hat den Zweck, das einen Stromkreis umgebende magnetische Feld in periodischer Folge entstehen und verschwinden zu lassen.



Drehstrom.

Drehstrom besteht aus 3 Wechselströmen, die um $1/3$ Periode (120°) gegeneinander verschoben sind.



Bei unverkettetem Drehstrom werden zur Fortleitung sechs Leitungen benötigt. Zwecks Leitungsersparnis werden die drei Stränge verkettet.

Drehstrom. (Fortsetzung)

Verkettungsmöglichkeiten.

Art der Verkettung	Schaltung	Kennzeichen der Verkettung
Sternschaltung		$U = \sqrt{3} \cdot U_p$ $U = 1,73 \cdot U_p$ $I = I_p$
Sternschaltung mit Mittelpunktleiter		$U = \sqrt{3} \cdot U_p$ $U = 1,73 \cdot U_p$ $I = I_p$
Dreieckschaltung		$U = U_p$ $I = \sqrt{3} \cdot I_p$ $I = 1,73 \cdot I_p$

Merke: U = Netzspannung, U_p = Spannung eines Wicklungsstranges,
 I = Netzstrom, I_p = Strom eines Wicklungsstranges.

Drehstrom. (Fortsetzung)

Leistung des Drehstromes.

$$N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{in W}$$

$$N = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{in W}$$

$$U = \frac{N}{1,73 \cdot I \cdot \cos \varphi} \quad \text{in V}$$

$$I = \frac{N}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad \text{in A}$$

$$\cos \varphi = \frac{N}{1,73 \cdot U \cdot I}$$

Scheinleistung: $N_S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad \text{in VA}$

Beispiele: 1. Ein Drehstrommotor liege an 380 V. Bei Vollast fließt ein Strom von $I = 20 \text{ A}$; $\cos \varphi = 0,9$. Berechne die Leistung!

$$N = 1,73 \cdot 380 \cdot 20 \cdot 0,9 = 11\,800 \text{ W}$$

2. Berechne die Spannung eines Wicklungsstranges bei Drehstrom, dessen verkettete Spannung 125 V beträgt! $U_p = \frac{125}{1,73} = 72 \text{ V}$

3. Die Stromstärke eines Wicklungsstranges beim Drehstrom (Dreieckschaltung) beträgt $I_p = 20 \text{ A}$. Welcher Strom fließt in den Außenleitern?

$$I = 1,73 \cdot 20 = 34,6 \text{ A}$$

4. Drei Widerstände von je 100Ω sind in Stern an eine Drehstromspannung von 380 V gelegt. Welche Leistung nehmen die Widerstände auf?

An jedem Widerstand liegt die Spannung

$$U_p = 380 : 1,73 = 220 \text{ V}$$

$$I = \frac{U_p}{R} = \frac{220}{100} = 2,2 \text{ A}$$

Jeder Widerstand verbraucht demnach:

$$N = I^2 \cdot R = 2,2 \cdot 2,2 \cdot 100 = 484 \text{ W}$$

$$\text{Gesamtverbrauch: } 3 \times 484 = 1452 \text{ W.}$$

Leistungsarten

A. Blanke Leitungen.

Die Kennfarben für blanke Leitungen sind nach DIN VDE 705 zu wählen.

Gleichstrom	Positive Leitung: rot Negative Leitung: blau
Drehstrom	Strang R: gelb " S: grün " T: veil (violett)
Wechselstrom	Strang R: gelb " T: veil (violett)

Für alle Stromarten: geerdete Leiter und geerdete Nulleiter sind weiß, hellgrau oder schwarz mit grünen Strichen zu streichen.

B. Umhüllte Leitungen. (VDE 0252/IX. 40)

PLWC	Leitung mit Papier- und wetterfester Umhüllung mit Cupferleiter in roter Farbe.
PLWA	Leitung mit Papier- und wetterfester Umhüllung mit Aluminiumleiter in roter Farbe.
NLC	Nulleiterdrähte in hellgrauer Farbe, mit Cupferleiter.
NLA	Nulleiterdrähte in hellgrauer Farbe, mit Aluminiumleiter.
NE	Nulleiterdrähte für Verlegung im Erdboden.
NBE	Nulleiterdrähte mit Bleimantel, für Verlegung im Erdboden.

C. Isolierte Leitungen (Gummiisolation). (vgl. VDE 0250/XII. 40)

I. Leitungen für feste Verlegung:

Gummiaderleitungen.

NGA	Normen Gummiaderleitung.
NGAB	Normen Gummiaderleitung, biegsam.
NGAF	Normen Gummiaderleitung, feindrähtig (sehr biegsam).
NGAU	Normen Gummiaderleitung mit unbrennbarer Asbestumflechtung.
NGAW	Normen Gummiaderleitung mit wetterfester, säurebeständiger Imprägnierung.
NSGA	Normen Sonder-Gummiaderleitung für höhere Spannungen.

Rohrdrähte.

NRA	Normen Rohrdraht-Ader mit gefalztem Metallmantel.
NRAN	Normen Rohrdraht-Ader mit Beidraht (Nulleiter).

Leitungsarten

	<i>Kabelähnliche Leitungen.</i>
NRU NBU NBEU	Normen Rohrdraht, mit korrosionsschützender Umhüllung. Normen Bleimantelleitung, mit korrosionsschützender Umhüllung. Normen Bleimantelleitung, mit Eisenbandbewehrung und mit korrosionsschützender Umhüllung.
NPA BPA	<i>Panzeradern.</i> Normen Panzeradern mit rostgeschützter Metalldrahtbeflechtung. <i>Bandpanzerleitungen.</i> Bandpanzeradern mit einem Panzer aus zwei in der Längsrichtung gewölbten Eisenbändern
	<i>II. Leitungen für Beleuchtungskörper:</i>
NFA	<i>Fassungsadern.</i> Normen Fassungsadern
NPL NPLR	<i>Pendelschnüre</i> Normen Pendellitze, einadrig. Normen Pendellitze, zweiadrig, rund, mit gemeinsamer Beflechtung.
	<i>III. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher:</i>
NSA	<i>Gummiaderschnüre.</i> Normen Schnur mit Gummiader (Zimmerschnüre), Mehrfachschnüre haben eine gemeinsame Beflechtung.
NLG NLH NMH NSH	<i>Gummischlauchleitungen.</i> Normen besonders leichte Gummischlauchleitung. Normen Leichte Handapparatleitung. Normen Mittlere Handapparatleitung. Normen Schwere Handapparatleitung.
NFL NFLG	<i>Aufzugsteuerleitungen.</i> Normen Faserstoff beflochtene Leitung. Normen Faserstoff beflochtene Leitungen mit Gummimantel.
NTK NTSK	<i>Biessame Theaterleitungen.</i> Normen biegsame Theaterleitungen (Soffittenleitungen) mit Kordelbeflechtung. Normen biegsame Theaterleitungen (Versatzleitungen) mit Segeltuchumhüllung und Kordelbeflechtung.
NT	<i>Leitungstrossen.</i> Normen Leitungstrossen, die betriebsmäßig ein häufiges Auf- und Abwickeln aushalten müssen.

Leitungsarten

D. Bleikabel.

(VDE 0265 u. 0255)

NGK	<p style="text-align: center;"><i>Gummi-Bleikabel</i></p> <p>Normen Gummi-Bleikabel.</p>
NK NKA NKB NKBA NKF NKFA NKR NKRA	<p style="text-align: center;"><i>Papier-Bleikabel.</i></p> <p>Normen blankes Kabel. Desgl. mit Umhüllung. Normen Kabel mit <i>Bandeisenbewehrung</i>. Desgl. mit Umhüllung Normen Kabel mit <i>Flachdrahtbewehrung</i> Desgl. mit Umhüllung. Normen Kabel mit <i>Runddrahtbewehrung</i>. Desgl. mit Umhüllung</p>

Dem Kurzzeichen ist die Leiterzahl, der Leiterquerschnitt, die Leiterform (rund „r“, sektor „s“) und die Nennspannung in kV hinzuzufügen.

Wenn die Leiter aus Aluminium bestehen, so wird hinter dem „N“ ein „A“ eingefügt, z. B. NAKBA 3 × 120 s, 3 kV.

Leitungsdrähte für Freileitungen.

Freileitungen werden fast ausschließlich aus *blanken Drähten* hergestellt. Isolierte Drähte werden nicht mehr verwendet. In besonderen Fällen verwendet man geschützte Leitungen (WCP).

Man verwendet beim Freileitungsbau, ebenso auch für Hausanschlüsse vorwiegend Aluminiumseile. In vorhandenen Netzen mit Kupferleitungen können die Hausanschlüsse auch mit Kupferdraht hergestellt werden. (Mindestquerschnitt 10 mm², in Ausnahmefällen 6 mm²).

Bei Aluminiumleitungen verwendet man

als geringsten Querschnitt für Hausanschlüsse und Straßenbeleuchtung	25 mm ² Seil,
als geringsten Querschnitt für Ortsnetze	35 mm ² Seil,
als höchsten Querschnitt für Ortsnetze	70 mm ² Seil,
in Ausnahmefällen	95 mm ² Seil,

Für Freileitungen sind zu beachten:

VDE 0100 Errichtungsvorschriften für Starkstromanlagen unter 1000 V.

VDE 0210 Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen.

VDE 0214 Merkblätter für Verhaltensmaßregeln gegenüber elektr. Freileitungen.

VDE 0215 Merkblatt über die Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven.

Bemessung der Leitungen

Nach VDE 0100/XII. 40 § 20 müssen elektrische Leitungen so bemessen sein, daß sie bei den herrschenden Betriebsverhältnissen ausreichende mechanische Festigkeit haben und gegen unzulässige Erwärmungen geschützt sind.

a) Bemessung des Leitungsquerschnittes auf mechanische Festigkeit.

(Nachdruck mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E.V. und der ETZ — Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4 (N.G. Nr. 248). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.)

<i>Art der Leitungen.</i>	Mindestquerschnitt für Cu-Leitungen mm ²
Für Leitungen an und in Beleuchtungskörpern	0,75
Für Pendelschnüre, runde Zimmerschnüre sowie leichte und mittlere Gummischlauchleitungen	0,75
Für andere ortsveränderliche Leitungen	1
Für festverlegte isolierte Leitungen und für festverlegte umhüllte Leitungen sowie für Bleikabel*)	1,5
Für festverlegte isolierte Leitungen in Gebäuden und im Freien, bei denen der Abstand der Befestigungspunkte mehr als 1 m beträgt	4
Für blanke Leitungen bei Verlegung in Rohr	1,5
Für blanke Leitungen in Gebäuden und im Freien	4
Für Freileitungen mit Spannweiten bis zu 35 m	6
Für Freileitungen in allen anderen Fällen	10

Mindestquerschnitte für Al-Seil 16 mm², Stahl-Al 16 mm² und Al 25 mm².

*) in Ausnahmefällen 1 mm².

Bemessung der Leitungen

b) Schutz der Leitung gegen unzulässige Erwärmung.

Belastungstafel für gummiisolierte Leitungen mit Kupferleitern. (VDE 0100/XII/40)

(Nachdruck mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E.V. und der ETZ — Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4 (N.G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.)

1	2	3	4	5	6	7
Nenn- querschnitt des Kupferleiters mm ²	Bei fester Verlegung in Rohr		Bei fester Verlegung in Luft		Für bewegliche Leitungen	
	höchste dauernd zu- lässige Strom- stärke für jeden Leiter A	Nennstrom- stärke für ent- sprechende Schmelz- sicherung A	höchste dauernd zu- lässige Strom- stärke für jeden Leiter A	Nennstrom- stärke für ent- sprechende Schmelz- sicherung A	höchste dauernd zu- lässige Strom- stärke für jeden Leiter A	Nennstrom- stärke für ent- sprechende Schmelz- sicherung A
0,75	—	—	—	—	14	10
1	12	6	—	—	17	10
1,5	16	10	—	—	21	15
2,5	21	15	—	—	27	20
4	27	20	—	—	35	25
6	35	25	—	—	48	35
10	48	35	—	—	66	60
16	66	60	—	—	90	80
25	90	80	—	—	110	100
35	110	100	—	—	140	125
50	140	125	—	—	175	160
70	175	160	230	200	215	200
95	215	200	290	260	260	225
120	255	225	350	300	305	260
150	295	260	410	350	350	300
185	340	300	480	430	400	350
240	400	350	570	500	480	430
300	470	430	660	600	570	500
400	570	500	790	700	—	—
500	660	600	900	800	—	—

Bemessung der Leitungen

Belastungstafel für gummiisierte Leitungen mit Aluminiumleitern. (VDE 0100/XII/40.)

(Nachdruck mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E.V. und der ETZ — Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4 (N.G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich).

1	2	3	4	5
Nennquerschnitt des Aluminium- leiters mm ²	Bei fester Verlegung in Rohr		Bei fester Verlegung * in Luft	
	Höchste dauernd zulässige Strom- stärke für jeden Leiter	Nennstrom- stärke für ent- sprechende Schmelzsicherg.	Höchste dauernd zulässige Strom- stärke für jeden Leiter	Nennstrom- stärke für ent- sprechende Schmelzsicherg.
	A	A	A	A
0,75	—	—	—	—
1	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—
2,5	17	10	—	—
4	22	15	—	—
6	28	20	—	—
10	38	25	—	—
16	53	35	—	—
25	72	60	—	—
35	90	80	—	—
50	110	100	—	—
70	140	125	185	160
95	175	160	230	200
120	205	200	280	260
150	235	225	330	300
185	270	260	385	350
240	320	300	455	430
300	375	350	530	500
400	455	430	630	600
500	530	500	720	700

Bemessung der Leitungen

c) Berechnung der Leitungen auf Spannungsabfall.

Stromart	Wenn I bekannt ist, so ist:	Wenn N bekannt ist, so ist:
Gleichstrom	$F = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot u}$	$F = \frac{2 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot u \cdot U}$
	$u = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot F}$	$u = \frac{2 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U}$
Wechselstrom	$F = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot u}$	$F = \frac{2 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot u \cdot U}$
	$u = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot F}$	$u = \frac{2 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U}$
Drehstrom	$F = \frac{1,73 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot u}$	$F = \frac{l \cdot N}{\kappa \cdot u \cdot U}$
	$u = \frac{1,73 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot F}$	$u = \frac{l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U}$

d) Berechnung der Leitungen auf Leistungsverlust.

Gleichstrom	$F = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot p \cdot U}$	$F = \frac{200 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot p \cdot U \cdot U}$
	$p = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot F \cdot U}$	$p = \frac{200 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U \cdot U}$
Wechselstrom	$F = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot p \cdot U \cdot \cos \varphi}$	$F = \frac{200 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot p \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi}$
	$p = \frac{200 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot F \cdot U \cdot \cos \varphi}$	$p = \frac{200 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi}$
Drehstrom	$F = \frac{1,73 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot p \cdot U \cdot \cos \varphi}$	$F = \frac{100 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot p \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi}$
	$p = \frac{1,73 \cdot l \cdot I}{\kappa \cdot F \cdot U \cdot \cos \varphi}$	$p = \frac{100 \cdot l \cdot N}{\kappa \cdot F \cdot U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi}$

Merke: F = Querschnitt in mm²

l = einfache Länge in m

I = Nennstromstärke in A

κ = Leitfähigkeit (siehe Seite 7)

u = Spannungsverlust in V

p = Leistungsverlust in v. H. der übertragenen Leistung

N = Übertragene Leistung in W

U = Netzspannung in V

cos φ = Leistungsfaktor

Bemessung der Leitungen

- Beispiele: 1. Eine Zuleitung aus Kupfer hat eine einfache Länge von 16 m und soll mit 25 A belastet werden. Wie groß muß der Querschnitt der Leitung sein, wenn $u = 5$ V sein darf, und die Netzspannung (Gleichstrom) 220 V beträgt?

$$F = \frac{2 \cdot 16 \cdot 25}{56 \cdot 5} = 2,8 \text{ mm}^2, \text{ nächster Nennquerschnitt } 4 \text{ mm}^2.$$

Nach der Belastungstafel (Seite 37) Spalte 2 darf ein Kupferleiter von 4 mm^2 Querschnitt mit 27 A belastet werden. Nach Spalte 3 darf dieser aber nur mit 20 A abgesichert werden, folglich muß der nächsthöhere Querschnitt (6 mm^2) gewählt werden. Verwendet man statt der normalen Sicherung einen Schutzschalter, so darf ein Kupferleiter mit 4 mm^2 Querschnitt verlegt werden. Der Spannungsverlust beträgt dann:

$$u = \frac{2 \cdot 16 \cdot 25}{56 \cdot 4} = 3,5 \text{ V.}$$

2. Ein Gleichstrommotor 6 kW, $U = 220$ V und $\eta = 0,85$ soll an eine 20 m lange Zuleitung aus Aluminium angeschlossen werden. Welcher Querschnitt muß gewählt werden, wenn das Elektrizitätswerk vorschreibt, daß bei 1,7fachem Nennstrom der Spannungsverlust 4 v. H. der Netzspannung nicht überschreiten darf?

$$I = \frac{6000}{220 \cdot 0,85} = 32,1 \text{ A. Nach der Belastungstafel (Seite 38) wird ein}$$

Querschnitt von 16 mm^2 gewählt. Anlaßspitzenstrom $1,7 \cdot 32,1 = 54,5$ A.

$$\text{Dann ist: } u = \frac{2 \cdot 20 \cdot 54,5}{32 \cdot 16} = 4,3 \text{ V oder } \frac{4,3 \cdot 100}{220} = 1,96 \text{ v. H.}$$

3. Von einem Einphasenmotor mit Kurzschlußläufer sind folgende Daten bekannt: $N = 2,5$ kW, $U = 220$ V, $\eta = 0,9$, $\cos \varphi = 0,85$. Das Elektrizitätswerk schreibt vor, daß bei 2,5fachem Nennstrom der Spannungsunterschied 4,5 v. H. der Netzspannung nicht übersteigen darf. a) Welchen Querschnitt muß die Zuleitung aus Al haben, wenn die einfache Länge 30 m beträgt, und die Verwendung von trägen Sicherungen vorgesehen ist? b) Berechne den Leistungsverlust!

$$\text{a) } I = \frac{2500}{220 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 14,9 \text{ A. Nach der Belastungstafel (Seite 38)}$$

wird ein Querschnitt von 4 mm^2 gewählt. Anlaßspitzenstrom $2,5 \cdot 14,9$

$$= 37,2 \text{ A. Hiernach ist } u = \frac{2 \cdot 30 \cdot 37,2 \cdot 0,85}{32 \cdot 4} = 14,8 \text{ V oder}$$

$$= \frac{14,8 \cdot 100}{220} = 6,7 \text{ v. H. Der Spannungsverlust ist zu groß, es muß}$$







der nächsthöher Querschnitt (6 mm^2) gewählt werden. Dann ist

$$u = \frac{2 \cdot 30 \cdot 37,2 \cdot 0,85}{32 \cdot 6} = 9,9 \text{ V oder } \frac{9,9 \cdot 100}{220} = 4,5 \text{ v. H.}$$

- b) Der Leistungsverlust (Formel siehe Seite 39) beträgt:

$$P = \frac{200 \cdot 30 \cdot 14,9}{32 \cdot 6 \cdot 220 \cdot 0,85} = 2,49 \text{ v. H.}$$

Zuordnung der Leitungen zu den Rohrweiten (AEG)

Leiter- quer- schnitt mm ²												
	über unter Putz		über unter Putz		über unter Putz		über unter Putz		über unter Putz		über unter Putz	
	Rohrweite in mm											
Isolierrohr mit gefalztem Metallmantel bzw. Gummirohr												
1	—	—	11	13,5	11	13,5	13,5	13,5	11	13,5	11	13,5
1,5	—	—	11	13,5	11	13,5	13,5	13,5	11	13,5	11	13,5
2,5	—	—	13,5	13,5	13,5	16	16	16	11	13,5	13,5	16
4	9	13,5	13,5	16	16	16	16	23*	13,5	16*	13,5	16
6	11	13,5	16	23*	16	23*	23	23	13,5	16	16	23*
10	13,5*	13,5	23	23	23	29*	29*	29*	23*	23	23	23
16	13,5	16	23	29*	23	29	29	36*	23	23	23	29*
25	16	23*	29	36*	29	36*	36	36	23	29*	29	36*
35	16	23	36*	36	36	36	48	48	29	36	36*	36
50	23	23	36	48	48	48	48	48	36	48	48	48
70	23	29*	48	48	48	—	—	—	36	48	48	—
95	29*	36*	48	—	—	—	—	—	48	—	—	—
120	29	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	36	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	36	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stahlpanzerrohr (Stahlrohr mit Auskleidung)												
1	—	—	11	13,5	11	13,5	13,5	13,5	11	13,5	11	13,5
1,5	—	—	11	13,5	11	13,5	13,5	13,5	11	13,5	11	13,5
2,5	—	—	13,5	13,5	13,5	16	16	16	11	13,5	13,5	16
4	9	13,5	13,5	16	16	16	16	21	13,5	16*	13,5	16
6	11	13,5	16	21	16	21	16	21	13,5	16	16	21
10	13,5*	13,5	21	21	29*	29*	29	29	21	21	21	21
16	13,5	16	29*	29*	29	29	29	29	21	29	29*	29
25	16	16	29	36*	29	36*	36	36	29	29	29	36*
35	16	21	36*	36	36	36	42	42	29	36	36*	36
50	21	21	36	42	42	42	—	—	36*	42*	42*	42
70	21	29*	42	42	42	—	—	—	42*	42	42	—
95	29*	29	42	—	—	—	—	—	42	—	—	—
120	29	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	36*	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	36	42*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stahlrohr (ohne Auskleidung**) für Verschraubung												
1	—	—	9	11	9	11	9	11	9	11	9	11
1,5	—	—	9	11	9	11	11	13,5	9	11	9	11
2,5	—	—	9	11	11	11	11	13,5	9	11	9	11
4	9	11	11	11	11	13,5	13,5	16	11	11	11	11
6	9	11	11	13,5	13,5	16†	16	21†	11	13,5†	11	13,5
10	11	11	16	21	21	21	21	29†	13,5	16	16	21
16	11	13,5	21	29†	21	29†	29	36†	16	21*	21	29†
25	11	16	29	29	29	36†	36	36	21	29†	29	29
35	13,5	16	29	36†	36†	36	36	42	29	29	29	36
50	16	21	36	36	36	42	42	42	29	36†	36	36
70	21	29†	36	42	42	42	—	—	36	36	36	42

* Für kurze gerade Strecken bis etwa 4 m Länge kann die nächst kleinere Rohrweite verwendet werden. ** Für Stahlrohr geben die Zahlen das Gewindennmaß an.

† Für gerade oder schwach gekrümmte Strecken, insbesondere Rohre in Decken mit einem Normalellbogen an jedem Ende und höchstens 8 m Länge, kann das nächst kleinere Rohr verwendet werden.

Abmessungen von Installationsrohren

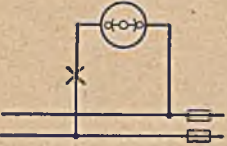
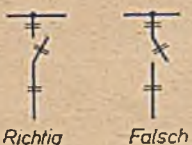

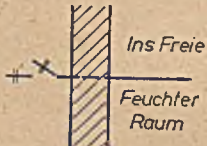
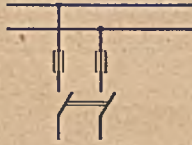
Innen- durchmesser mm	Außendurchmesser in mm				Stahlrohr ohne Außkleidung			Stahlrohr als Steckrohr	
	Gummirohr	Stark- wandiges Gummi- rohr	Falzrohr mit Mantel aus Messingblech, verbleitem Stahlblech od. Stahlblech mit Al-Auflage	Stahl- panzer- rohr	Innen- durch- messer	Außen- durch- messer	Gewinde- nenmaß Pg	Innen- durch- messer	Außen- durch- messer
9	12	13	13	15,2	12,4	15,2	9	8,2	10
11	14	15	15,8	18,6	15,6	18,6	11	11,2	13
13,5	16,5	18	18,7	20,4	17,4	20,4	13,5	14,2	16
16	20	22	21,2	22,5	19,5	22,5	16	16,5	18,5
21	—	—	—	28,3	24,9	28,3	21	23,8	26
23	27	29	28,5	—	—	—	23	32	34,5
29	34	36	34,5	37	33	37	29	41,5	44,5
36	42	45	42,5	47	42	47	36	48,5	51,5

Die Rohre werden gewöhnlich in Längen von 3 m geliefert.

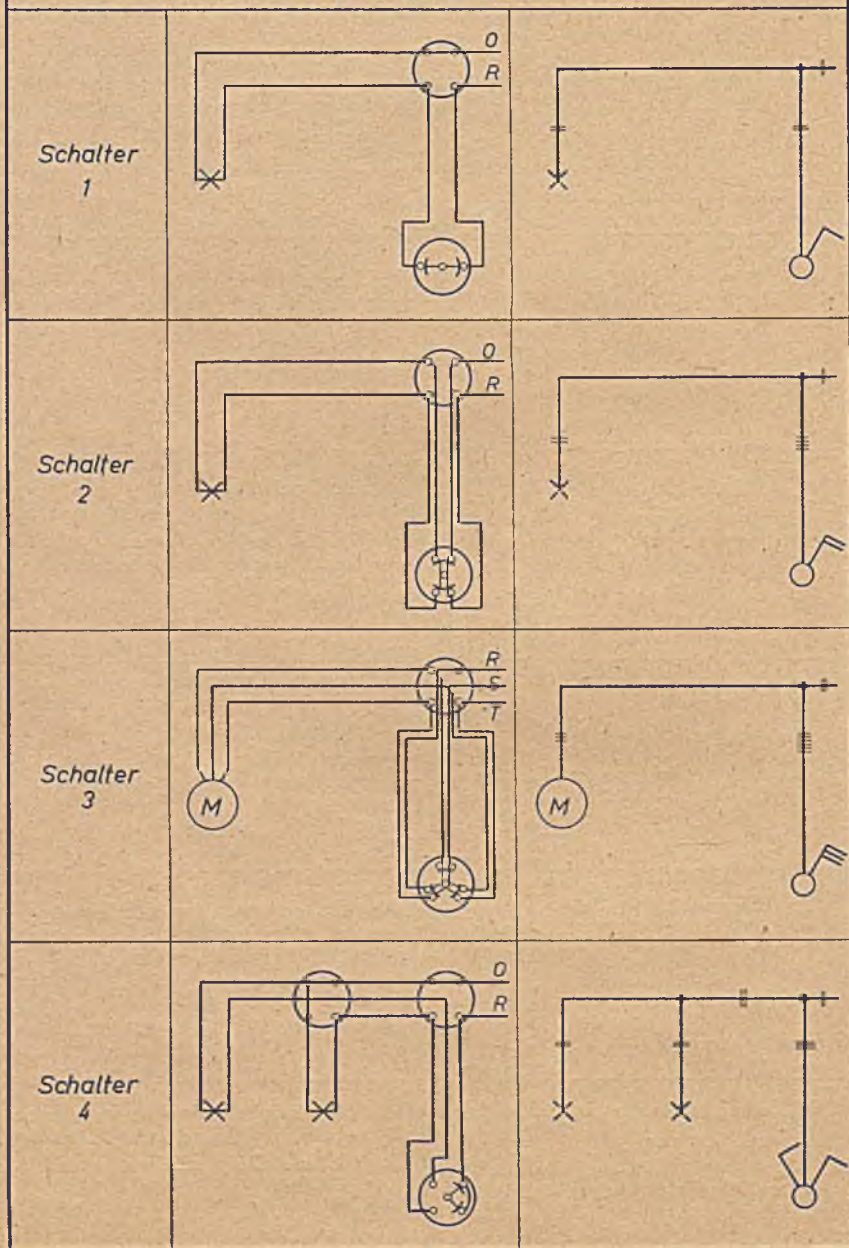
Außendurchmesser — Widerstand — Gewicht für NGA (UV) aus Aluminium.

Querschnitt mm ²	Anzahl und Durchmesser der Einzel- drähte mm ²	Außendurch- messer mm	Widerstand in Ω je 1000 m	Gewicht kg je 1000 m
1,5	1×1,38	3,5	19,4	16,5
2,5	1×1,78	4,1	11,6	23,5
4	1×2,26	4,8	7,2	32
6e	1×2,77	5,3	4,8	40
10e	1×3,57	7,5	2,9	66
10m	7×1,35	8	2,9	78
16e	1×1,72	8,4	1,8	88
16m	7×1,70	9	1,8	103
25	7×2,13	10,7	1,2	150
35	19×1,53	12	0,85	185
50	19×1,83	14	0,58	255
70	19×2,17	16	0,42	320
95	19×2,52	18	0,31	435
120	37×2,03	20	0,25	510
150	37×2,27	22	0,20	630

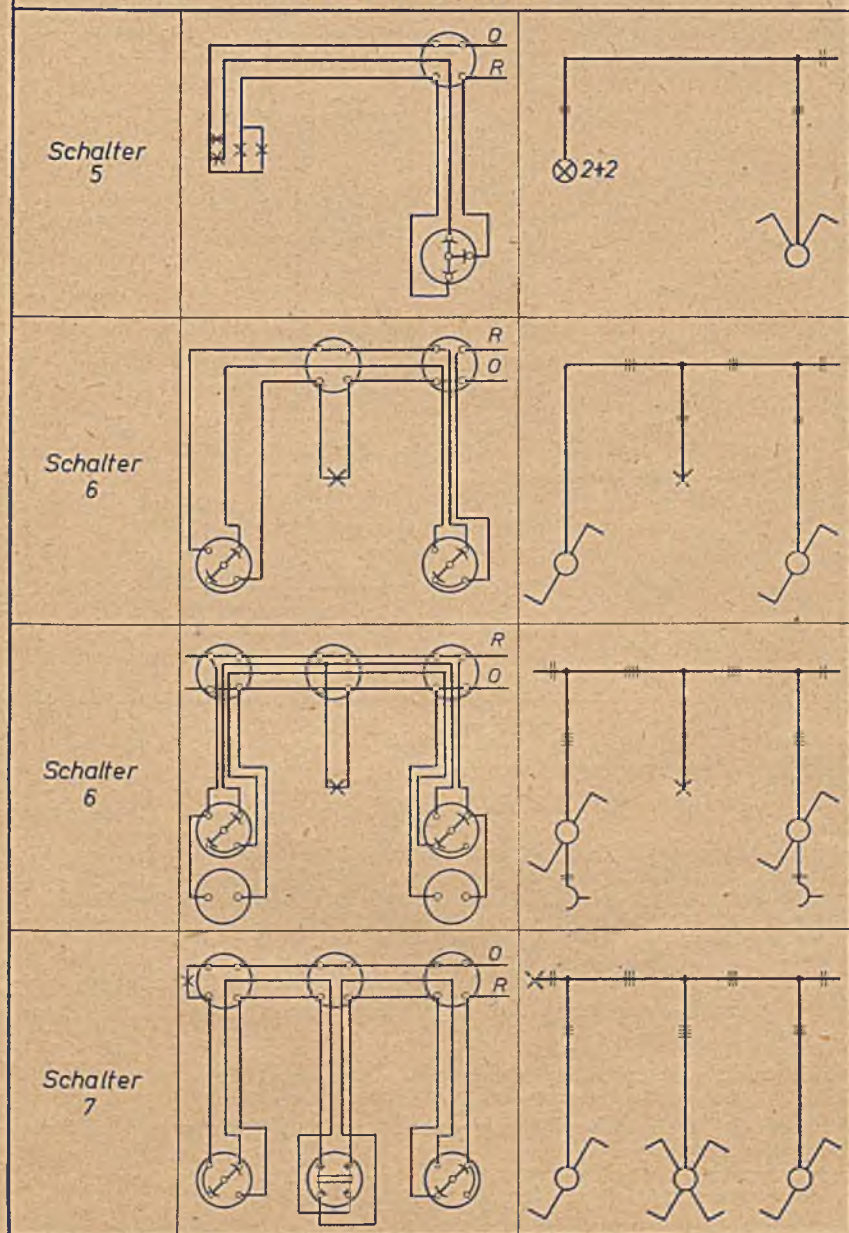
Schalter (nach VDE 0100/XII. 40).

	<p>Einpolige Abschaltung ist nur zulässig, wenn:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lampen mit E 27 verwendet werden und nicht höher als 10 A gesichert wird. 2. Lampen mit E 40 verwendet werden und nicht höher als 25 A gesichert wird. <p style="text-align: center;">§ 11 d.</p>
	<p>Hebelschalter dürfen sich durch das Eigengewicht nicht von selbst ein- oder ausschalten.</p> <p style="text-align: center;">§ 11 f,</p>
	<p>Mittelpunktleiter und betriebsmäßig geerdete Leiternicht abschalten.</p> <p>Ausnahmen: Elektrische Betriebsräume § 28 b Zwangswise Abschaltung mit den Außenleitern.</p> <p style="text-align: center;">§ 11 g.</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitungen, die ins Freie führen, müssen allpolig abgeschaltet werden. § 23 a. 2. Nicht geerdete Leitungen, die nach feuchten Räumen führen, müssen allpolig abschaltbar sein. § 31 a.
	<p>Mehrpoliger Schalter, wenn der Anlasser die Maschine nur einpolig abschaltet. Ohne Schalter, wenn der Anlasser die Maschine allpolig abschaltet.</p>
<p>Schaltfassungen sind in feuchten Räumen verboten. § 31 f.</p> <p>Schaltfassungen sind in Handleuchtern verboten. Normale Schalter sind erlaubt. § 18 d.</p>	<p>In Baderäumen Schalter so anbringen, daß er von der Wanne unerreichbar ist. (Ausnahmen: Einbauschalter fest installierter Geräte.)</p> <p style="text-align: center;">§ 31 d.</p>

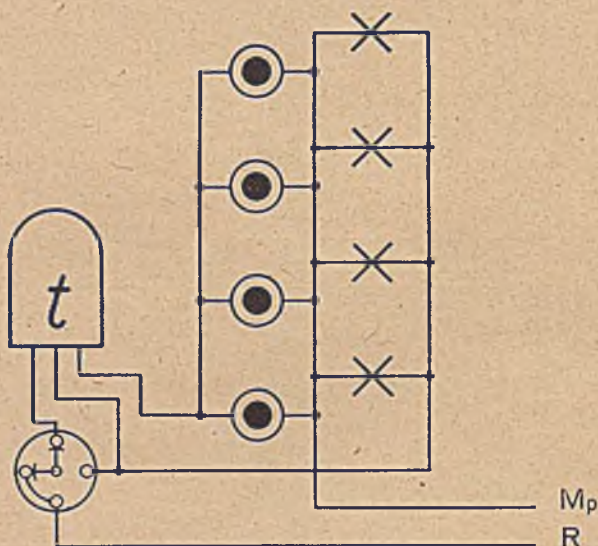
Dosenschalter.



Dosenschalter.



Selbsttätige Treppenbeleuchtung



Installationsplan

Erläuterungen:

Bei der Planung einer größeren Installationsarbeit ist es zweckmäßig, eine Grundrißzeichnung der zu installierenden Räume anzufertigen. In diesem Grundriß wird der Schaltplan eingezeichnet. Es ist darauf zu achten, daß die Schaltzeichen nach DIN VDE 709—719*) benutzt werden (siehe auch Seite 47). Die zu verwendenden Leitungen werden wie folgt gekennzeichnet:









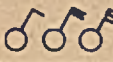
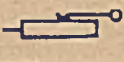




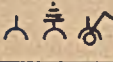

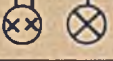

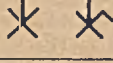




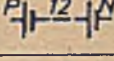








Leitungsverlegung: in Isolierrohren = (i), in Falzrohren = (fi), in Stahlrohren = (s), in Stahlpanzerrohren = (si), in kabelähn. Leitung = (b), in Rohrdrähten = (bo), in Kabel = (k).

Alle Leitungen, die unter Putz verlegt werden, erhalten als Zusatzbuchstaben (p). Beispiel: (fip) = Leitungsverlegung in Falzrohren unter Putz.

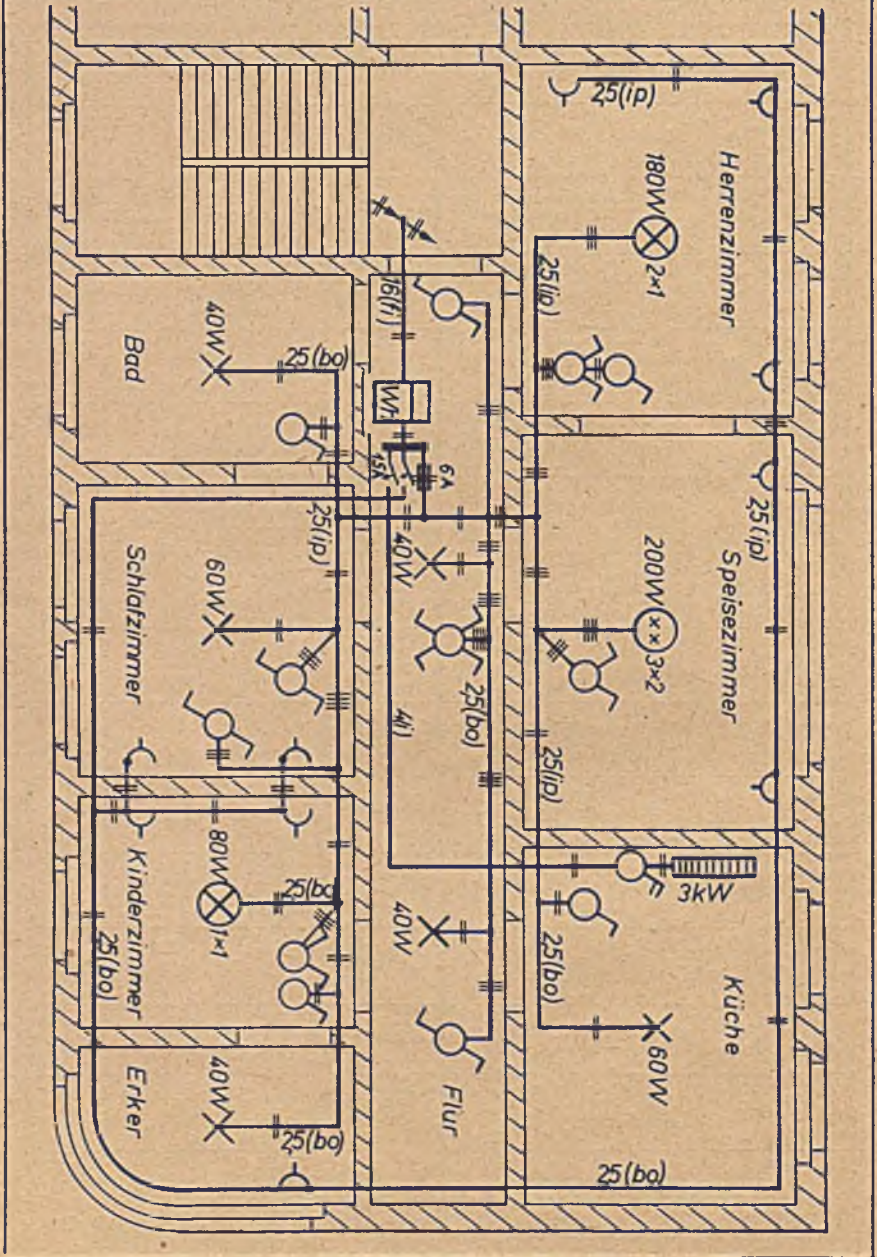
Auf Seite 48 ist in einem Wohnungsgrundriß der Installationsleitungsplan einer Lichtenanlage eingetragen.

*) Zu beziehen durch Beuth-Vertriebs GmbH, Berlin SW 68.

Schaltzeichen für Starkstromanlagen.

	Gleichstrom allgemein Wechselstrom allgemein		Generator allgemein
	Gleich- oder Wechselstrom		Motor allgemein
	Leitende Verbindung von Stromkreisen. (Leitungen mit Kennzeichnung der Anzahl der Leiter.)		Anlaß- und Regelwiderstand mit Ausschaltstellung (z. B. Feldregler)
	Kreuzung von Leitungen (z. B. mit je 2 Leitern) ohne Verbindung		Sterndreieckschalter
	Ausschalter 1 (einpölig) Ausschalter 2 (zweipölig) Ausschalter 3 (dreipölig)		Ohmscher Widerstand stufig regelbar
	Um-schalter 4 (Gruppenschalter) Um-schalter 5 (Serienschalter)		Ohmscher Widerstand stetig regelbar
	Um-schalter 6 (Wechselschalter) Um-schalter 7 (Kreuzschalter)		Schalter allgemein (z. B. Hebelschalter)
	Steckdose Steckdose mit Schutzkontakt Schalter mit Steckdose		Induktivität mit Ohmschen Widerstand
	Mehrfachleuchte mit getrennten Kreisen Mehrfachleuchte allgemein		Kleinunspanner
	Einzelleuchte allgemein Leuchte mit Schalter		Kapazität
	Stromsicherung		Erde
	Verteilungstafel		Galvanische Batterie mit 12 Zellen
	Wattstundenzähler		Tastschalter (Klingelknopf)
	Hausanschluß		Wecker Summer
	Elektrowärmegerät (z. B. Herd)		Hupe oder Horn Sirene
	Zeitschalter (z. B. Selbstausschalter für Treppenhausbeleuchtung)		Elektrischer Türöffner

Installationsplan.



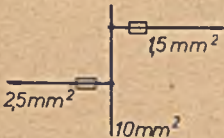
Stromsicherungen (nach VDE 0100/XII. 40).

Bauanweisung:

1. Schmelzeinsätze für Stromstärken von 6—60 A müssen unverwechselbar sein. § 14/2.
2. Sicherungen dürfen nicht überbrückt oder geflickt werden. § 14 c.
3. Stöpselköpfe mit Unterbrechungsmelder müssen mit einem Fenster versehen sein. § 14 f.
4. Nicht abschaltbare Sicherungen müssen sich gefahrlos auswechseln lassen. § 14/4.
5. Bei Schraubstöpselsicherungen ist der Verbraucher an den Sicherungsring anzuschließen. § 14 h.

Wohin gehört die Sicherung?

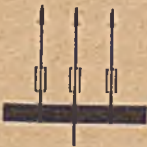
Abzweigleitungen mit vermindertem Querschnitt müssen abgesichert werden.



§ 14 g.

Die Sicherung soll am Anfang der zu schützenden Leitung angebracht werden. § 14 h.

Sicherungen sollen nach Möglichkeit zentral angebracht werden und leicht zugänglich sein.



§ 14/5.

In einer Abzweigleitung müssen Sicherungen mit offenen Schmelzeinsätzen hinter dem Schalter liegen.



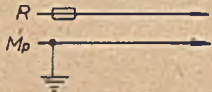
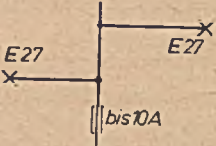
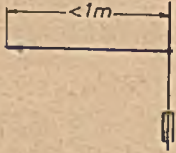

§ 14/6.

Werden Abzweigleitungen von Freileitungen in ein Gebäude geführt, so sind diese kurz hinter der Eintrittsstelle zu sichern, sofern die Abzweigstelle selbst ungesichert ist.



§ 14/10.

Stromsicherungen.

Welche Nennstromstärke muß die Sicherung haben?	Wo muß oder darf die Sicherung fehlen?
<p>Isolierte Leitungen werden ihrer Belastung entsprechend abgesichert. Belastungstafeln auf Seite 37 und 38 beachten. § 14 b.</p>	<p>Alle betriebsmäßig geerdeten Leitungen dürfen nicht abgesichert werden.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">§ 14 i.</p>
<p>Mehrere Verteilungsleitungen (Beleuchtungsanlagen mit E 27) können gemeinsam abgesichert werden, aber nicht über 10 A.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <p style="margin-top: 10px;">§ 14/8.</p>	<p>Eine Abzweigleitung, die kürzer als 1 m ist, braucht nicht gesichert zu werden.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <p style="margin-top: 10px;">§ 14/7.</p>
<p>Mehrere Verteilungsleitungen (Beleuchtungsanlagen mit E 40) können gemeinsam abgesichert werden, aber nicht über 25 A. § 14/8.</p>	<p>Mittelpunktleiter in Mehrleiter- oder Mehrphasensystemen dürfen nicht abgesichert werden. Ausnahmen: Isolierte Abzweigungen vom Mittelpunktleiter, die Teile eines Zweileitersystems sind. Diese Abzweigleitungen dürfen aber nicht zum Nullen benutzt werden. Bei einpoliger Absicherung und fester Verlegung ist der Mittelpunktleiter zu kennzeichnen (grau). § 14/k.</p>
<p>Motoren müssen ihrem Stromverbrauch entsprechend gesichert werden. Anlaufstrom beachten.</p>	<p>Abzweigleitungen mit geringerem Querschnitt brauchen nicht gesichert zu werden, wenn davorliegende Sicherungen diese schützen. § 14 g.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>
<p>Bei aussetzenden Motorbetrieben darf im Höchstfall mit der 1,5fachen Nennstromstärke gesichert werden. § 20/2.</p>	

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung. (nach VDE 0100/XII. 40 § 3d).

Schutzmaßnahmen sind anzuwenden in Anlagen mit Spannungen über 250 V gegen Erde. In besonders gefährdeten Räumen auch unter 250 V gegen Erde.

<i>Schutzart</i>	<i>Schutzmaßnahmen.</i>
Isolierung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geräteteile nach Möglichkeit aus Isolierstoff, 2. Metallteile, die berührt werden können, mit isolierender Bekleidung versehen (Schaltergriffe), 3. Isolierende Unterlagen verwenden (Gummimatten, Holzroste).
Kleinspannung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Herabsetzung der Betriebsspannung bis 42 V, 2. Kinderspielzeuge bis 24 V, 3. Installationsmaterialien für 250 V verwenden.
Erdung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schutzerdung bei Spannungen von 250 V gegen Erde. 2. Erdungswiderstand soll in Netzen mit geerdetem Netzpunkt nicht größer sein als: $\frac{\text{halbe Spannung gegen Erde}}{\text{Abschaltstrom}}$. 3. In Netzen ohne geerdetem Netzpunkt: $\frac{65 \text{ V}}{\text{Abschaltstrom}}$ (Abschaltstrom bei Sicherungen und Automaten = $2,5 \times$ Nennstromstärke der Sicherung.)
Nullen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Die Leitungsquerschnitte sind so zu wählen, daß bei Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und dem Mittelpunkt-leiter mindestens das 2,5fache des Nennstromes der nächsten Sicherung fließt, 2. Mittelpunkt-leiter genau so sorgfältig wie die Außenleiter verlegen, 3. Bis 4 mm² muß der Mittelpunkt-leiterquerschnitt mindestens genau so groß sein wie der Querschnitt der Außenleiter, 4. Reine Erdungen sind in Netzen mit Nullung verboten, 5. Der Mittelpunkt-leiter muß in Gebäuden gekennzeichnet werden, 6. Wenn geerdeter Mittelpunkt-leiter vorhanden, so ist bei 42 bis 250 V gegen Erde zu nullen, 7. Nullung der ortsveränderlichen Verbraucher soll durch eine besondere Nullungsleitung erfolgen.
Schutzschaltung	Schutzschalter so einstellen, daß bei der höchstzulässigen Berührungsspannung die Anlage abgeschaltet wird (Heinisch-Riedl-Schutz).

Räume besonderer Art (nach VDE 0100/XII. 40).

<i>Raumart</i>	<i>Beispiele</i>	<i>Was muß der Installateur beachten?</i>
Elektrische Betriebsräume	Räume, in denen Sammlerbatterien untergebracht sind, Maschinenzentralen, Führerstände für Hebezeuge. Räume sollen nur von beauftragten Personen betreten werden.	Normale Installation. Wenn notwendig, kann bis 250 V gegen Erde Berührungsschutz fehlen. Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze wird nicht gefordert. Handelt es sich um Schalt- oder Signalanlagen, so dürfen mehrere Stromkreise in einem Rohr verlegt werden.
Abgeschlossene elektrische Betriebsräume	Umspannerstationen, Schalthäuser. Räume sind verschlossen, sie werden nur zeitweise von beauftragten Personen betreten.	Von Berührungsschutzmaßnahmen kann abgesehen werden. Behelfsmäßige Schutzmaßnahmen: Schutzgitter, Trennwände, Geländer.
Betriebsstätten	Normale Werkstätten.	Normale Installation. Bis 250 V gegen Erde: Isolierte Maschinenzuleitungen, die im Handbereich liegen, können ungeschützt verlegt werden, wenn normalerweise Beschädigungen nicht zu erwarten sind.
Feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume	Chemische Fabriken, Brauereien, Wäschereien, Zuckerfabriken, Molkereien, Ställe, Kesselhäuser.	Feuchtrauminstallation. Leitungen, soweit nicht geerdet, müssen allpolig abschaltbar sein. Bleikabel oder kabelähnliche Leitungen für festverlegte Mehrfachleitungen. Berührungsschutzmaßnahmen mit besonderer Sorgfalt ausführen. In landwirtschaftlichen Betrieben nur NGAW für offen verlegte Leitungen verwenden. Nur NMH und NSH für bewegliche Leitungen. Schukodosen verwenden. Nur Fassungen aus Isolierstoff und ohne Schalter. Leuchten mit Überglocke und evtl. Schuttkorb.
Feuergefährdete Betriebsstätten und Lagerräume	Spinnereien, Brikettfabriken, Scheunen, Autogaragen.	Maschinen und Geräte in besonderer Schutzart. Blanke Leitungen sind verboten. Erlaubt: Isolierte Leitungen in Rohren, Kabel und kabelähnliche Leitungen.

Elektrische Raumbeheizung.

Überschlagsrechnung zur Bestimmung des Anschlußwertes bezw. Wärmebedarfes.

Die Tabelle enthält die spezifischen Wärmedurchgangsziffern in Watt für 1 m² Begrenzungsfläche des zu beheizenden Raumes, in Abhängigkeit von dem Temperaturunterschied, der zwischen Innenraumtemperatur und Außentemperatur erreicht werden soll.

Art der Begrenzungsflächen des Raumes	Bei folgenden Temperaturunterschieden zwischen Außentemperatur und Raumtemperatur in °C sind je 1 m ² Begrenzungsfläche in Rechnung zu setzen W/m ²					
	10° C	20° C	25° C	30° C	35° C	40° C
Wände aus Ziegelmauerwerk, beiderseitig verputzt:						
Stärke 12 cm = ½ Stein	29	58	74	87	100	115
Stärke 25 cm = 1 Stein	20	40	50	60	70	79
Stärke 38 cm = 1½ Stein	16	31	39	46	55	62
Fußboden und Decke*), Holzbalkenlage unten verputzt, Oberseite 1,8 cm Holzdielung ..	14	29	35	43	—	—
Hohlstieldecke mit Zementglattstrich ohne Belag	17	35	44	52	61	70
Innentür, Holz	35	70	87	105	—	—
Außentür, Holz	52	105	130	157	185	210
Außentür, Eisen	75	150	190	225	265	300
Einfachfenster, Holzrahmen	58	115	145	175	200	230
Doppelfenster, Holzrahmen	29	58	73	87	100	115

*) Es ist angenommen, daß sich unter dem Fußboden bzw. über der Decke ein geschlossener Raum befindet.

Beispiel: Für ein Wohnzimmer von 4×5 m Grundfläche und 3 m Höhe mit einer Tür und zwei Doppelfenstern würde für + 20° C Innentemperatur bei — 20° C Außentemperatur der Gesamtanschlußwert überschlägig wie folgt zu ermitteln sein:

Art der Begrenzungsflächen des Raumes	Fläche m ²	Größter Temperatur- Unterschied °C	Watt m ²	Anschlußwert für die ganze Fläche in Watt
2 Außenwände 1½ Stein	22,5	40	62	1400
2 Innenwände 1 Stein	24,5	10	20	490
2 Doppelfenster (Holzrahmen)	4,5	40	115	517
1 Innentür (Holz)	2,5	10	35	88
Fußboden*) } Balkenlage, unten verputzt Decke*) } Oberseite 1,8 cm starke Holz- dielung	20	10	14	280
	22	20	29	580
Insgesamt erforderlicher Anschlußwert:				3355

*) Es ist angenommen, daß sich unter dem Fußboden bzw. über der Decke ein geschlossener Raum befindet.

Elektrische Raumbeheizung.

Faustformel für normale Wohnräume.

(Raumtemperatur + 20° C, Außentemperatur — 20° C)

Für Räume von 10— 50 m³ etwa 80 W je m³
 " " " 50—100 " " 80 bis 60 W je m³
 " " " 100—150 " " 60 bis 40 W je m³

Für sehr hohe Räume, ausgesetzte Lage und starken Windanfall Zuschläge von 10 bis 30 v. H.

Entlüftung.

In Räumen, in denen wegen der Entwicklung von Gerüchen (Gaststätten, Theater, Werkstätten, Küchen usw.) der natürliche Luftwechsel nicht ausreicht, ist für Entlüftung durch elektrische Lüfter zu sorgen. Bei Bestellung eines Lüfters ist die Frischluftmenge anzugeben, die der Lüfter fördern muß.

Luftbedarf je Person und Stunde in m ³	
In Räumen mit Rauchverbot	20
In Räumen, in denen geraucht wird	30
Im Theater, Konzertsaal, Kino usw.	30—40
Allgemein für Erwachsene	20—30
Allgemein für Kinder	15—20

Beispiel: Ein kleiner Konzertsaal von $10 \times 15 \times 3 = 450$ m³ Rauminhalt, der für 50 Personen bestimmt ist, soll entlüftet werden. Berechne die zufördernde Frischluftmenge in m³ je Minute.

Aus der Tabelle entnehmen wir, daß in Konzertsälen 40 m³ Frischluft je Person und Stunde zugeführt werden müssen.

Für 50 Personen = $50 \cdot 40 = 2000$ m³ = 33,3 m³ je Minute.

Erforderlicher Luftwechsel: $\frac{2000}{450} = \text{rd. } 4,5 \times \text{je Stunde.}$

Beleuchtungstechnik.

Lichttechnische Grundgrößen.

Benennung	Formelzeichen	Maßeinheit	Kurzzeichen	Erklärung
Lichtstärke	I	Hefnerkerze	HK	<p>Eine Hefnerlampe, die unter Normalbedingungen brennt, strahlt in waagerechter Richtung die Lichtstärke 1 HK aus.</p> $\text{Lichtstärke} = \frac{\text{Lichtstrom}}{\text{Raumwinkel}} = I = \frac{\Phi}{\omega}$
Lichtstrom	Φ	Lumen	lm	<p>Strahlt eine Lichtquelle die Lichtstärke 1 HK gleichmäßig in die Einheit des Raumwinkels, so erhält man den Lichtstrom 1 lm.</p>
Lichtmenge	Q	Lumenstunde	lmh	<p>Eine Lichtquelle, die während einer Stunde den Lichtstrom 1 lm ausstrahlt, gibt die Lichtmenge 1 lmh ab.</p> $\text{Lichtmenge} = \text{Lichtstrom} \times \text{Zeit}$ $Q = \Phi \cdot t$
Beleuchtungsstärke	E	Lux	lx	<p>Wird der Lichtstrom 1 lm auf die Fläche 1 m² eingestrahlt, so erhält man die Beleuchtungsstärke 1 lx.</p> $\text{Beleuchtungsstärke} = \frac{\text{Lichtstrom}}{\text{Fläche}}$ $E = \frac{\Phi}{F}$
Beleuchtungsstärke	E	Phot	ph	<p>Wird der Lichtstrom 1 lm auf die Fläche 1 cm² eingestrahlt, so erhält man die Beleuchtungsstärke 1 ph.</p> $E = \frac{\Phi}{f}$

Beleuchtungstechnik.

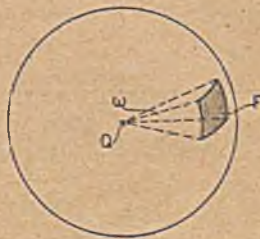
Lichttechnische Grundgrößen. (Fortsetzung)

Be-nennung	Formel-zeichen	Maß-einheit	Kurz-zeichen	Erklärung
Leuchtdichte	B	Stilb	sb	<p>Die Lichtstärke 1 HK, die von einer ebenen Fläche von 1 cm² Größe in senkrechter Richtung ausgestrahlt wird, hat die Leuchtdichte 1 sb.</p> $\text{Leuchtdichte} = \frac{\text{Lichtstärke}}{\text{gesehene Fläche}}$ $B = \frac{I}{f}$
Leuchtdichte	B	Apostilb	asb	<p>Eine Untereinheit der Leuchtdichte ist das asb.</p> $1 \text{ asb} = \frac{1}{\pi} \cdot 10^{-4} \text{ sb.}$
Spezifische Lichtausstrahlung	R	Phot	ph	<p>Man erhält die spezifische Lichtausstrahlung 1 ph, wenn der Lichtstrom 1 lm von der Fläche 1 cm² ausgestrahlt wird.</p> $R = \frac{\Phi}{f}$

ω = Raumwinkel (Verhältnis eines Stückes der Kugeloberfläche zum Quadrat ihres Halbmessers).

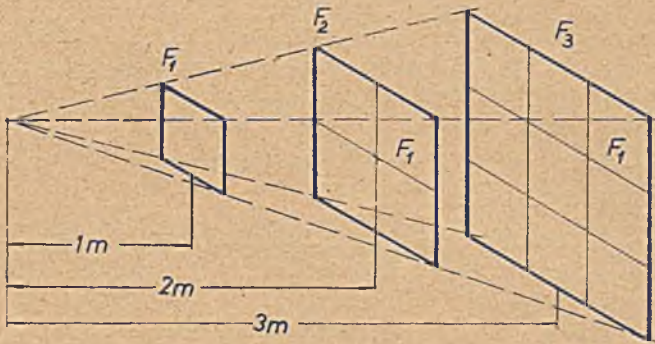
F = Fläche in m²; f = Fläche in cm².

t = Zeit in Stunden.



Beleuchtungstechnik.

Grundgesetze.



Gesetz: Die Beleuchtungsstärke nimmt mit dem Quadrate der Entfernung ab.

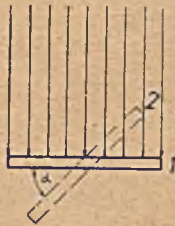
Beispiel: Eine Lichtquelle, die einen Lichtstrom von 720 lm aussendet, soll eine Fläche $F_1 = 1 \text{ m}^2$ voll ausleuchten. Die obere Abbildung zeigt, daß der gleiche Lichtstrom in 2 m Entfernung eine Fläche von $F_2 = 4 \text{ m}^2$ und in 3 m Entfernung eine Fläche $F_3 = 9 \text{ m}^2$ ausleuchtet.

Auf der Fläche F_1 beträgt die Beleuchtungsstärke: $E_1 = \frac{\Phi}{F_1} = \frac{720 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} = 720 \text{ lx}$

„ „ „ F_2 „ „ „ $E_2 = \frac{\Phi}{F_2} = \frac{720 \text{ lm}}{4 \text{ m}^2} = 180 \text{ lx}$

„ „ „ F_3 „ „ „ $E_3 = \frac{\Phi}{F_3} = \frac{720 \text{ lm}}{9 \text{ m}^2} = 80 \text{ lx}$

d. h. in doppelter Entfernung ist sie nur noch ein Viertel, in dreifacher Entfernung nur noch ein Neuntel so groß wie bei einfacher Entfernung.

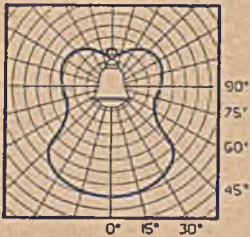


Gesetz: Die Beleuchtungsstärke ist um so geringer, je schräger die Lichtstrahlen auffallen.

Beleuchtungstechnik.

Lichtverteilungskurve.

Keine unserer künstlichen Lichtquellen strahlt ihr Licht in alle Richtungen mit gleichmäßiger Stärke. Die Lichtverteilungskurve zeigt uns, wie sich das Licht einer Lichtquelle in die verschiedenen Richtungen des Raumes verteilt.



Lichtverteilungskurve einer Leuchte für vorwiegend tiefstrahlendes Licht.

1. Kreis beispielsweise = 20 HK.

Leuchtdichte verschiedener Lichtquellen.

Stearinkerze	0,8 ÷ 0,9	Stilb (HK/cm ²)
Petroleumlampe	0,6 ÷ 1,5	„ „
Gaslicht	2 ÷ 40	„ „
Kohlenfadenlampe	50 ÷ 80	„ „
Metalldrahtlampe (gasgefüllt, klar)	500 ÷ 1700	„ „
Metalldrahtlampe (gasgefüllt, mattiert)	1,3 — 1,8	„ „
Sonne (höchster Stand)	100 000 — 150 000	„ „

Eine Lichtquelle blendet nicht, wenn ihre Leuchtdichte unter 0,75 sb liegt.

Lichtausbeute von Glühlampen.

Lampenart	Lichtausbeute lm/W
Kohlenfadenlampen	3—5
Wolframlampen luftleer	8—11
Wolframdoppelwendel-(D-)Lampen, gasgefüllt	8—17
Wolframdoppelwendellampen, kryptongefüllt	13
Wolframlampen, gasgefüllt (150 W und mehr)	15—22

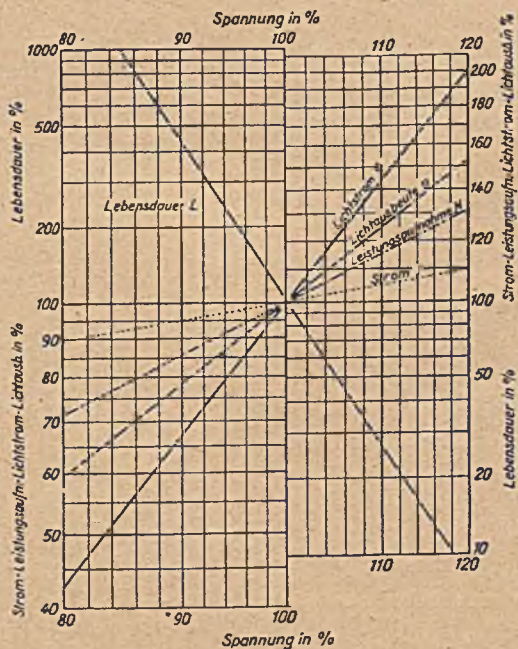
Beleuchtungstechnik.

Ungefähre Lichtströme in lm der Osram-Lampen.

Spannung V	Einheits- form W		D-Lampen W				Für Soffittenlampen W				K- Lampe
	15	25	40	60	75	100	25	40	60	100	
110	150	270	560	915	1210	1710	252	416	630	990	—
220	135	240	480	805	1060	1510	224	380	560	1020	525

Spannung V	Für Niralampen W									
	150	200	300	500	750	1000	1500	2000	3000	5000
110	2620	3620	6000	10 500	16 500	23 500	35 000	44 000	70 000	115 000
220	2280	3220	5250	9 500	15 300	21 000	34 000	41 600	67 000	110 000

Lichtleistung, Lichtausbeute und Lebensdauer der Glühlampen
in Abhängigkeit von der Spannung.






Beleuchtungstechnik.

Abhängigkeit der Lebensdauer der Glühlampen von Spannungsschwankungen.


Regelmäßige Schwankung der Betriebsspannung in % der Nennspannung	Entspricht	
	einer ständigen Überspannung von etwa %	einer Lebensdauer-Verkürzung um etwa %
± 0	0	0
± 2,5	0,4	2,5
± 5,0	1,0	12
± 10,0	4,5	41

Kennzeichen der gebräuchlichsten Leuchten.




Art	Anwendungsgebiet	Form der Leuchten und ihre Lichtverteilung	Merkmale Kennzeichen	Für Lampen Watt
Innenraumbelichtung				
Halbdirekte Lichtverteilung	Läden, Treppen, Flure usw.		Allseitig opalüberfangene Gläser, Lichtverteilung annähernd gleichmäßig im Raum verteilt	100...500
Vorwiegend direkte Lichtverteilung	Verkaufstische, Büros aller Art mit dunklen Decken u. Wänden, mechanische Werkstätten, hohe Räume		Oberglas opalüberfangen, Unterglas mattiert, Hauptlicht nach unten, kräftige Schatten, hohe Beleuchtungsstärke unter der Leuchte	100...500
Halbindirekte Lichtverteilung	Für alle vorgenannten Räume mit hellen Decken und Wänden, Zeichensäle, Schulen		Oberglas mattiert, Unterglas opalüberfangen, Hauptlicht nach oben, weiche Schatten, erhöhte Gleichmäßigkeit	100...500

Beleuchtungstechnik.

Kennzeichen der gebräuchlichsten Leuchten.




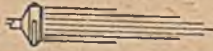
Art	Anwendungsgebiet	Form der Leuchten und ihre Lichtverteilung	Merkmale Kennzeichen	Für Lampen Watt
Indirekte Lichtverteilung	Konzertsäle, Bildergalerien, Theater, Kinos und alle Räume mit sehr hellen Decken und Wänden		Oberglas mattiert oder klar, Unterschale lichtundurchlässiges Glas (verspiegelt), nach oben strahlender Metallschirm, Licht nur nach oben, keine Schlagschatten, dekorative Wirkung	3 x 200 oder HgQ 300 und 3 x 200
Schrägstrahler	Schaufenster aller Art und Größe		Glasslberspiegel, Hauptlicht schräg nach unten	25...200 300...500

Werkstattbeleuchtung

Tiefbreitstrahler	Allgemeinbeleuchtung von Werkstätten, Fabrikräumen, Maschinenhallen, Lagerschuppen, Shedbauten sowie gewerblichen Räumen aller Art, bis 5 m Höhe		Halbtiefer Emailrückstrahler, auch mit verstellbarer Fassung	100...1000 Hg + Na
Tiefstrahler	Allgemeinbeleuchtung hoher Montage- und Maschinenhallen, Shedbauten, Speicher und Schuppen über 5 m Höhe		Tiefer Emailrückstrahler, mit verstellbarer Fassung	750...1500 Hg + Na
Kleine Tiefstrahler	Einzelplatzbeleuchtung an Maschinen und Arbeitsplätzen aller Art, z. B. Werkzeugmaschinen, Schraubstöcke, Werkbänke, Arbeitstische, Fellbänke usw.		Tiefer Emailrückstrahler, auch mit verstellbarer Fassung	200

Beleuchtungstechnik.





Kennzeichen der gebräuchlichsten Leuchten.

Art	Anwendungsgebiet	Form der Leuchten und ihre Lichtverteilung	Merkmale Kennzeichen	Für Lampen Watt
Beleuchtung im Freien				
Offener Breitstrahler	Straßen, Plätze, Höfe, vorwiegende Beleuchtung der Bodenflächen, weniger nach den Seiten		Trübglasschirm unten offen, Licht vorwiegend nach unten, wenig nach den Seiten	100...1000 auch für HgQ 300... HgH 2000 oder Mischlicht oder Na 300 U ... 500 U
Tiefstrahler	Straßen, Plätze, Höfe, Gleis- u. Hafenanlagen, bei denen die Lichtquelle seitlich etwas abgedeckt sein soll		Halbtiefer Emailrückstrahler, unten offen oder mit Mattglasabdeckung	100...1000 auch für Metallampfen od. Mischlicht wie oben Bild 31
Flutlichtbeleuchtungen				
Anleuchtgerät	Anleuchtung der vertikalen Flächen von Gebäuden aller Art, Hausfassaden, Denkmälern, Türmen, Geschäftshäusern, Firmenschildern, Werbeflächen		Tiefer Emailrückstrahler. Verstellung der Fassung, Scheinwerfergabel, Öffnungswinkel etwa 90°, für Entfernungen bis 20 m	200...1000 Hg + Na
Flutlichtscheinwerfer	wie vor, jedoch für größere Entfernungen od. kleinere Gegenstände		Glassilberparabolspiegel, Streuung etwa 10°, für Entfernungen bis 150 m	bis 1500

Beleuchtungstechnik.

Wirkungsgrade für Allgemeinbeleuchtung von Innenräumen.

(Leuchtenabstand 1 bis 2 × Aufhängehöhe.)

Art der Beleuchtung	Halbdirekt		Vorwiegend direkt		Halbindirekt		Indirekt		Indirekt (Hohlkehle)	
										
	Wirkungsgrad des Beleuchtungskörpers etwa									
	75 %		80 %		80 %		70 %			
Raumbreite zu Aufhängehöhe*)	Wirkungsgrad η %	Raumbreite zu Aufhängehöhe*)	Wirkungsgrad η %	Raumbreite zu Deckenhöhe*)	Wirkungsgrad η %	Raumbreite zu Deckenhöhe*)	Wirkungsgrad η %	Wirkungsgrad η %		
Decke hell, Wände mittelhell	1	25	1	17	0,6	14	0,6	11	15	
	1,5	36	1,5	25	1	21	1	15		
	2,5	44	2,5	33	1,5	27	1,5	20		
	4	51	4	41	2,5	35	2,5	26		
	8	58	8	53	5	46	5	34		
Decke mittelhell, Wände dunkel	1	18	1	9	0,6	7	0,6	6	10	
	1,5	30	1,5	16	1	13	1	8		
	2,5	40	2,5	23	1,5	17	1,5	11		
	4	47	4	30	2,5	24	2,5	16		
	8	54	8	41	5	33	5	22		

*) Die Höhe versteht sich über Meßebene, die 1 m über Fußboden liegt. Die Wirkungsgrade η gelten streng genommen nur für Räume mit quadratischem Querschnitt. Sie ergeben aber auch für langgestreckte Räume eine für die Praxis im allgemeinen ausreichende Genauigkeit, wenn zu den Werten ein Zuschlag von einigen Prozent gemacht wird.

Beleuchtungstechnik.

Notwendige Beleuchtungsstärken.

(AEG)

Art der Anlage (Die Beleuchtungswerte werden bei der Allgemeinbeleuchtung auf eine waagerechte Ebene in 1 m Höhe über dem Fußboden, bei der Arbeitsplatzbeleuchtung auf die Arbeitsfläche bezogen)	Allgemeinbeleuchtung				Arbeitspl. beleuchtg.
	Mittlere Beleuchtungsstärke		Beleuchtungsstärke der ungünstigst. Stelle		Beleuchtungsstärke der Arbeitsstelle Lux
	Mindestwert Lux*	Empfohlener Wert Lux	Mindestwert Lux*	Empfohlener Wert Lux	

Arbeitsstätten einschließlich Schulen

Industrie- und Handwerksbetriebe	Grobe Arbeiten	20 (20)	40	10 (10)	—	50...100
		Mittelfeine Arbeiten	40 (30)	80	20 (15)	—
	Feine Arbeiten	75 (40)	150	50 (20)	—	300...1000
	Sehr feine Arbeiten	150 (50)	300	100 (30)	—	1000...5000

Grobe Arbeit. Glößerei: Eisengießen, Gußputzen. Metall: Grobwalzen und -ziehen, Schmieden und Schruppen. Ziegelei. Gerberei.

Mittlere Arbeit. Glößerei: Einfaches Formen, Spritzguß. Metall: Revolverdrehbank, Pressen, Stanzen. Holz: Sägen, Hobeln, Fräsen. Lebensmittelbetriebe.

Feine Arbeit. Metall: Feinwalzen und -ziehen, Drehbänke, Pressen, Montage. Holz: Potlerten. Gewebe: Spinnen, Weben, Färben, Zuschneiden, Nähen. Druckerei: Maschinensatz, Drucken. Büroarbeit: Maschinenschreiben, Lese- und Schreibebeit.

Sehr feine Arbeit. Metall: Gravieren, Feinmechanik, Uhren, Glasbearbeitung. Gewebe: Bearbeiten von dunklen Stoffen. Druckerei: Handsatz, Lithographie. Büroarbeit: Zeichnen.

Aufenthalts- u. Wohnräume (bei mittl. Rückstrahlung der Raumauskleidung 40...60%)

Art der Ansprüche	Niedrige	20	40	10	—	Wie für Arbeitsstätten
	Mittlere	40	80	20	—	
	Hohe	75	150	50	—	

Verkehrsanlagen

Straßen, Plätze	Schwacher Verkehr	1	3	0,2	0,5	—
	Mittlerer Verkehr	3	8	0,5	2	—
	Starker Verkehr	8	15	2	4	—
	Stärkster Verkehr in Großstädten	15	30	4	8	—
Durchgang, Treppen	Schwacher Verkehr	5	15	2	5	—
	Starker Verkehr	10	30	5	10	—
Bahnanlagen	Gleisfelder, schwacher Verkehr	0,5	1,5	0,2	0,5	—
	desgl., starker Verkehr	2	5	0,5	2	—
	Bahnsteige, Verladestellen, Durchgänge, Treppen mit schwachem Verkehr	5	15	2	5	—
	desgl mit starkem Verkehr	10	30	5	10	—
Wasserverkehrs-Anlagen	Kaianlagen, Ladestellen, Schleusen mit schwachem Verkehr	1	3	0,3	1	—
	desgl. mit starkem Verkehr	5	15	2	5	—
Fabrikhöfe	Schwacher Verkehr	1	3	0,3	1	—
	Starker Verkehr	5	15	2	5	—

* Die in Klammern stehenden Zahlen gelten nur dann, wenn außer der Allgemeinbeleuchtung noch eine Arbeitsplatzbeleuchtung vorhanden ist.

Beleuchtungstechnik.

Berechnung der Beleuchtungsanlagen nach der Wirkungsgradmethode.

$$\text{Gesamtlichtstrom: } \Phi = \frac{E \cdot F}{\eta} \quad \text{lm}$$

Beispiel 1: Ein Büroraum von 10 m Länge, 7 m Breite und 3,5 m Höhe soll mit einer Allgemeinbeleuchtung versehen werden. Die Decke ist hell, die Wände mittelhell, Netzspannung 220 V.

Gesucht: a) die Art und Zahl der Leuchten,
b) die Größe der Glühlampen.

Lösung: Aus der Tafel auf Seite 60 geht hervor, daß für Büroräume mit hellen Decken und mittelhellen Wänden die halbindirekte Beleuchtung zu wählen ist.

Jetzt liest man aus der Tafel auf Seite 64 die Beleuchtungsstärke ab. Bei einem Raumverhältnis = Raumbreite : Deckenhöhe über Meße ebene (siehe Tafel auf Seite 63) = 7 : 2,5 = 2,8 ist η rund 37 v. H. (Mittelwert).

Die Tafel auf Seite 63 gibt uns den Beleuchtungswirkungsgrad an. Bei einem Raumverhältnis = Raumbreite : Deckenhöhe über Meße ebene (siehe Tafel auf Seite 63) = 7 : 2,5 = 2,8 ist η rund 37 v. H.

Für rechteckige Räume kommt nach der Tafel auf Seite 63 (s. Fußnote) noch ein Zuschlag.

Wir wählen 1 v. H. η wird also mit 0,38 eingesetzt.

$$\Phi = \frac{E \cdot F}{\eta} = \frac{100 \cdot 70}{0,38} = 18\,400 \text{ lm}$$

Wählt man 6 Leuchten, so hat jede Glühlampe in diesen Leuchten 18 400 : 6 = 3070 lm zu liefern.

Nach der Tafel auf Seite 59 hat eine 200 W-Lampe bei 220 V einen Lichtstrom von 3220 lm. Benutzen wir diese Lampen, dann ist:

$$E = \frac{\Phi \cdot \eta}{F} = \frac{19320 \cdot 0,38}{70} = 105 \text{ lx.}$$

Beleuchtungstechnik.

Schaufensterbeleuchtung.

Diese kann ebenfalls nach der Lichtstrommethode (Wirkungsgradmethode) berechnet werden. Eine wesentlich schnellere Ermittlung des erforderlichen Wattverbrauches ist an Hand den untenstehenden Tafel möglich. Die hier angegebenen Werte gelten für 1 m Schaufensterbreite, da der Verbrauch eines Schaufensters praktisch verhältnismäßig die Breite (Straßenfront) in Metern ist. In diesen Werten, die nur für Glassilberspiegel gelten, sind die für Schaufenster zu beachtenden Grundsätze berücksichtigt. Z. B. muß ein Schaufenster mit dunklen Pelzen viel stärker beleuchtet werden als ein solches mit weißer Wäsche. Ferner ist zu beachten, daß das Schaufenster eines Großkaufhauses, dessen Umgebung an sich schon sehr hell beleuchtet ist, viel stärker beleuchtet werden muß als ein Schaufenster in einer dunklen Seitenstraße.

Wattverbrauch für 1 m Schaufensterbreite bei einer Tiefe bis zu 2 m.

Waren	Lage des Schaufensters				
	Dunkle Seitenstraßen	Kleine Geschäftsstraßen	Kleinstädt. Hauptgesch.-Str.	Großstädt. Geschäftsstraßen	Groß-Kaufhaus
weiße Stoffe, Silber, Porzellan	40	75	100	120	150
	60	100	150	180	200
helfarbige Stoffe, Damenwäsche	60	100	120	150	200
	75	150	180	200	300
mittelfarbige Stoffe, Möbel, Obst, Metalle	75	120	180	200	300
	100	180	200	300	400
dunkle Stoffe, Kolonialwaren	100	150	200	300	400
	150	200	300	400	600
schwarze Stoffe, Pelze, Mäntel	150	200	300	400	600
	200	300	400	600	800

In bezug auf die Ausführung einer neuzeitlichen Schaufensterbeleuchtung sei noch erwähnt, daß sie nach den Grundsätzen der Bühnenbeleuchtung, deren wichtigste hier kurz zusammengefaßt sind, erfolgt:

1. Jede Lichtquelle muß von außen unsichtbar sein.
2. Je heller die Umgebung, desto heller müssen die Waren beleuchtet sein.
3. Blendung ist unter allen Umständen zu vermeiden, da sie ablenkt und die Besichtigung erschwert.
4. Jede Warenart, ihr Aufbau und die Schaufensterform verlangen bestimmte Leuchten, eine starke Lichtquelle ergibt nicht immer eine gute Beleuchtung.
5. Je dunkler der Rahmen des Schaufensters, je größer der Gegensatz, desto besser die Wirkung.

Beleuchtungstechnik.

Erforderliche Beleuchtungsstärken bei Anleuchtung von Bauten.

Objekt, Farbe des Baumaterials	Lage und Umgebung oder Hintergrund				
	Park, Nacht- himmel, unbeleuch- tete Straßen	Schwach- beleuch- tete Straßen (2 Lux)	Mittlere Verkehrs- beleuch- tung (5—6 Lux)	Gut be- leuchtete Haupt- straßen (10-15 Lux)	Viel Licht- werbung, helle Schau- fenster usw.
	Beleuchtungsstärken etwa Lux				
Anstrich weiß, Silber, Gold, Messing blank, Marmor ...	10	20	30	40	50
Anstrich hell, Metalle matt, Patina.....	20	35	50	65	85
Anstrich mittelfarbig, Gelb- sandstein, Beton oder Ziegel- hellgrau	30	50	70	95	120
Anstrich dunkel, rote Ziegel, Rotsandstein oder Backstein	40	65	95	130	160
Verwittrte dunkle Steine, braune Ziegel usw.	50	85	120	160	200

In den meisten Fällen handelt es sich um die Anleuchtung aufrechtstehender (senkrechter) Flächen oder Flächenteile. Der höchste Wirkungsgrad wird immer bei senkrecht auftretendem Licht, also bei waagrecht liegenden Scheinwerferstrahlen erreicht. Je nach der Entfernung, in welcher sich die Scheinwerfer von dem Gegenstand befinden, ist die Art der Flutlichtgeräte zu wählen.

An Stelle von Glühlampen können auch, sofern die Gegenstände mit Rücksicht auf die Lichtfarbe der Metalldampflampen geeignet sind, die Natrium- oder Quecksilberdampflampen verwendet werden. Bei den Anleuchtungen mit Metalldampflampen eignen sich weiße oder gelblich getönte Fassaden vorzüglich für Natriumdampflicht, da diese Flächen in einem goldgelben Farbton erscheinen. Bei Verwendung der Quecksilberdampflampen wird mit der bläulichweißen Lichtfarbe die beleuchtete Fläche in einem besonders guten Gegensatz zur Umgebung gebracht. Durch den Reichtum an grünen Strahlen im Quecksilberdampflicht läßt sich eine ausgezeichnete Wirkung bei Anleuchtung von Baumgruppen, Grasflächen usw. erzielen.

Beleuchtungstechnik.

Beleuchtungskalender.

Ein- und Ausschaltzeiten für Außenbeleuchtungen (mitteleuropäische Zeit).
(ohne Sommerzeit)

Monat	Tag	Beleuchtungszeit		Monat	Tag	Beleuchtungszeit		Monat	Tag	Beleuchtungszeit	
		von	bis			von	bis			von	bis
Januar	1—10	16.35	7.50	Mai	1—10	19.55	4.15	September	1—10	19.05	5.10
	11—20	16.50	7.45		11—20	20.10	4.00		11—20	18.45	5.25
	21—31	17.05	7.40		21—31	20.25	3.45		21—30	18.20	5.40
Februar	1—10	17.25	7.25	Juni	1—10	20.40	3.30	Oktober	1—10	18.00	6.00
	11—20	17.40	7.05		11—20	20.45	3.30		11—20	17.35	6.15
	21—28	18.00	6.45		21—30	20.50	3.30		21—31	17.15	6.30
März	1—10	18.15	6.30	Juli	1—10	20.50	3.15	November	1—10	16.55	6.50
	11—20	18.30	6.10		11—20	20.40	3.45		11—20	16.40	7.05
	21—31	18.45	5.45		21—31	20.30	4.00		21—30	16.30	7.20
April	1—10	19.05	5.20	August	1—10	20.10	4.20	Dezember	1—10	16.25	7.35
	11—20	19.20	5.00		11—20	19.50	4.35		11—20	16.20	7.45
	21—30	19.40	4.35		21—31	19.30	4.50		21—31	16.25	7.50

Dunkelstunden.

Bezogen auf den Meridian von Berlin 13° 23' 44" östlich von Greenwich.

Zeldauer	Januar	Februar	März	April	Mal	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	im Jahre	in 300 Tagen
Von Sonnen-Untergang bis 16 Uhr.....	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	9	8
bis 17 Uhr.....	18	2	—	—	—	—	—	—	—	4	27	38	89	73
bis 18 Uhr.....	49	24	3	—	—	—	—	—	2	29	57	69	233	192
bis 19 Uhr.....	80	52	29	4	—	—	—	1	23	60	87	100	436	359
bis 20 Uhr.....	111	80	60	32	7	—	1	20	53	91	117	131	703	578
bis 21 Uhr.....	142	108	91	62	37	20	24	51	83	122	147	162	1049	862
bis 22 Uhr.....	173	136	122	92	68	50	55	82	113	153	177	193	1414	1161
bis 23 Uhr.....	204	164	153	122	99	80	86	113	143	184	207	224	1779	1462
bis 24 Uhr.....	235	192	184	152	130	110	117	144	173	215	237	255	2144	1762
bis Sonnen-Aufgang.	485	397	378	304	257	220	241	292	341	416	459	506	4296	3531
Bis Sonnen-Aufgang von Mitternacht ..	250	205	194	152	121	110	124	148	168	201	222	251	2152	1769
von 1 Uhr.....	219	177	163	122	96	80	93	117	138	170	192	220	1787	1469
von 2 Uhr.....	188	149	132	92	65	50	62	86	108	139	162	189	1422	1169
von 3 Uhr.....	157	121	101	62	34	20	31	55	78	108	132	158.	1057	869
von 4 Uhr.....	126	93	70	32	5	—	2	24	48	77	102	127	706	581
von 5 Uhr.....	95	65	39	6	—	—	—	1	18	46	72	96	438	360
von 6 Uhr.....	64	37	10	—	—	—	—	—	—	15	42	65	233	192
von 7 Uhr.....	33	10	—	—	—	—	—	—	—	—	12	34	89	73
von 8 Uhr.....	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	7	7

Sinnbilder für Meßgeräte. (Tafel VIII aus VDE 0410/VI. 42).

Nachdruck mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V. und der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4 (NG. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.

Nr.	Arten der Meßgeräte		Nr.	Arten der Meßgeräte	
1	Drehspulmeßgerät mit Dauermagnet		15	Isolierter Thermoumformer mit Drehspulmeßgerät*)	
2	Drehspul-Quotientenmesser		16	Gleichrichter	
3	Dreheisen-Meßgerät		17	Gleichrichter in Verbindung mit Drehspulmeßgerät*	
4	Dreheisen-Quotientenmesser		18	Meßgerät mit Eisenschirm (Sinnbild für den Schirm)	
5	Elektrodynamisches Meßgerät		19	Gleichstrom	
5a	Eisengeschlossenes, elektrodynamisches Meßgerät		20	Wechselstrom	
6	Elektrodynamischer Quotientenmesser		21	Gleich- und Wechselstrom	
6a	Eisengeschlossener, elektrodynamischer Quotientenmesser		22	Drehstrom-Meßgerät mit einem Meßwerk	
7	Induktionsmeßgerät		23	Drehstrom-Meßgerät mit zwei Meßwerken	
8	Induktions-Quotientenmesser		24	Drehstrom-Meßgerät mit drei Meßwerken	
9	Hitzdrahtmeßgerät		25	Senkrechte Gebrauchslage	
10	Elektrostatisches Meßgerät		26	Waagerechte Gebrauchslage	
11	Vibrationsmeßgerät		27	Schräge Gebrauchslage	
12	Thermoumformer, allgemein		28	Schräge Gebrauchslage mit Angabe des Neigungswinkels	
13	Thermoumformer mit Drehspulmeßgerät*		29	Nulleinstellung	
14	Isolierter Thermoumformer		30	Prüfspannungszeichen: schwarzumrandeter Stern**)	

*) Wenn kein Irrtum möglich ist, so können die Sinnbilder 12, 14, 16 an Stelle von 13, 15, 17 genommen werden.

**) Ohne Ziffer: Prüfspannung 500 V. Zugefügte Ziffer bedeutet Prüfspannung in kV.

Meßgeräte

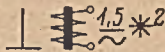
Die Meßgeräte sind in fünf Klassen eingeteilt.

Klasse 0,2	} Feinmeßgeräte	Klasse 1	} Betriebsmeßgeräte
Klasse 0,5		Klasse 1,5	
		Klasse 2,5	

Die Klassenzahl gibt den höchstens zulässigen Anzeigefehler des Meßgerätes in v. H. des Meßbereiches an. Ein Spannungsmesser für 220 V der Klasse 1,5 darf demnach einen Anzeigefehler von $\pm 3,3$ V aufweisen.

Auf den Meßgeräten, die den VDE-Bestimmungen 0410 entsprechen, ist das Klassenzeichen, Sinnbild, Lagezeichen, die Prüfspannung und die Stromart angebracht (siehe Seite 69).

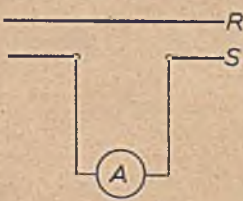
Beispiel:



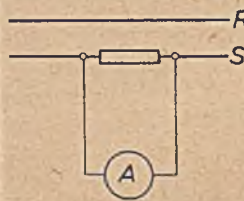
Senkrechte Gebrauchslage, Dreheisenmeßgerät, Klasse 1,5; für Gleich- und Wechselstrom, Prüfspannung 2000 V.

Waagerechte Gebrauchslage, Drehspulmeßgerät, Klasse 0,5 (Feinmeßgerät), für Gleichstrom. Prüfspannung 5000 V.

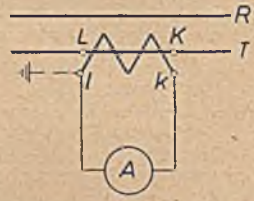
Schaltung von Strommessern.



Der Strommesser liegt direkt in der Leitung.

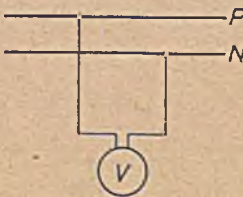


Strommesser mit Nebenwiderstand.

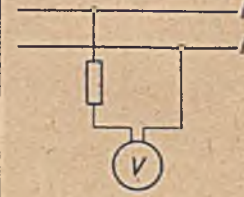


Indirekte Messung des Stromes unter Verwendung eines Stromwandlers. In Hochspannungsanlagen muß der Stromwandler sekundär geerdet werden. (Siehe auch Seite 128.)

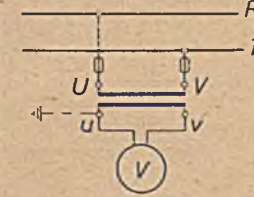
Schaltung von Spannungsmessern.



Spannungsmesser ohne Vorwiderstand.



Spannungsmesser mit Vorwiderstand.

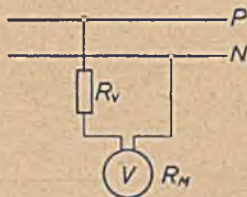


Indirekte Messung unter Verwendung eines Spannungswandlers. (Hochspannungsanlagen.)

Berechnung des Vorwiderstandes.

Soll der Meßbereich eines Spannungsmessers auf das n -fache erweitert werden, so ist:

$$R_V = R_M \cdot (n - 1) \quad \Omega$$



Merke: R_V = Vorwiderstand in Ω ,
 R_M = Widerstand des Meßgerätes in Ω .

Beispiel: Ein Drehspulspannungsmesser hat einen Meßbereich von $0 \dots 1,5$ V und soll für Messungen bis 150 V benutzt werden. Wie groß muß der Vorwiderstand R_N sein, wenn der innere Widerstand des Meßgerätes 100 Ω beträgt?

$$(150 = 100\text{fache von } 1,5) \quad R_V = 100 \cdot (100 - 1) = 9900 \quad \Omega$$

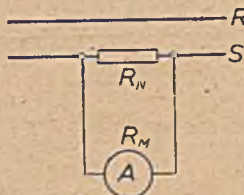
Beispiel: Ein Spannungsmesser mit 20 Ω Widerstand hat einen Meßbereich von $0 \dots 1,5$ V. Welche Stromstärken können mit diesem Meßgerät gemessen werden?

$$I = \frac{U}{R_M} = \frac{1,5}{20} = 0,075 \quad \text{A (Endausschlag)}; \text{ Meßbereich: } 0 - 0,075 \quad \text{A.}$$

Berechnung des Nebenwiderstandes.

Soll der Meßbereich eines Strommessers auf das n -fache erweitert werden, so ist:

$$R_N = \frac{R_M}{n - 1} \quad \Omega$$



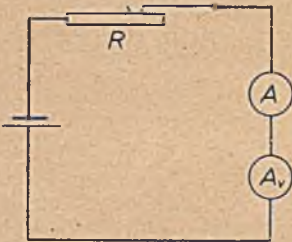
Merke: R_N = Nebenwiderstand in Ω ,
 R_M = Widerstand des Meßgerätes in Ω .

Beispiel: Ein Drehspulstrommesser hat einen Meßbereich von $0 - 0,15$ A und soll für Messungen bis 45 A benutzt werden. Wie groß muß der Nebenwiderstand R_N sein, wenn der innere Widerstand des Meßgerätes 3 Ω beträgt?

$$R_N = \frac{3}{299} \quad \Omega \quad (45 = 300\text{fache von } 0,15)$$

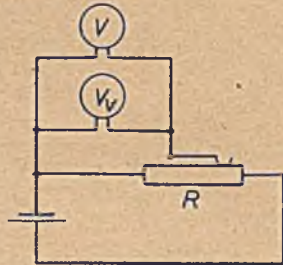
Eichschaltungen.

Strommesser



Der zu eichende Strommesser (A) wird mit einem genauen Vergleichsmeßgerät (Av) in Reihe geschaltet.

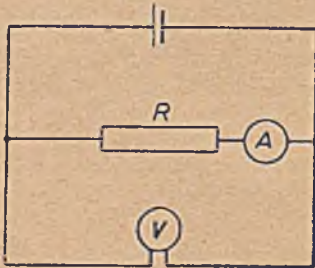
Spannungsmesser



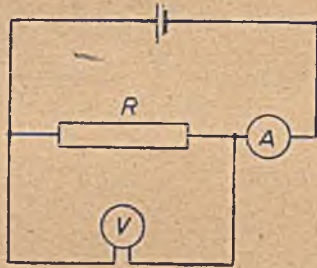
Der zu eichende Spannungsmesser (V) wird parallel zum Vergleichsmeßgerät (Vv) gelegt.

Widerstandsmessungen.

1. Mittelbare Messung.



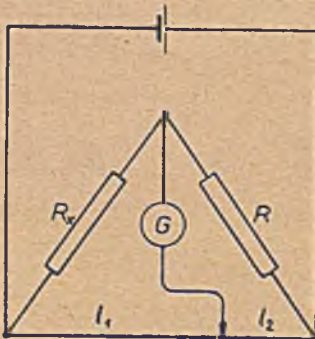
A. Schaltung für große Widerstände.



B. Schaltung für kleine Widerstände.

Der Widerstand ist nach dem Ohmschen Gesetz $R = \frac{U}{I}$

2. Wheatstonesche Brücke.



Galvanometer zeigt Null, wenn:

$$R_x : R = l_1 : l_2$$

$$R_x = \frac{R \cdot l_1}{l_2} \quad \Omega$$

Merke:

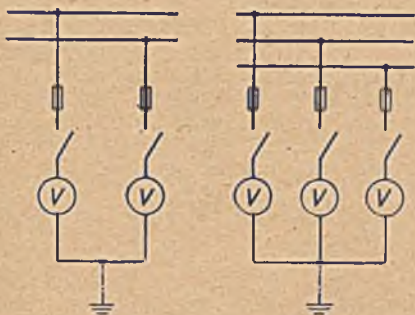
R_x = der zu messende unbekannte Widerstand, R = bekannter Widerstand, l_1, l_2 = Drahtlängen des Meßdrahtes. (Erd- und Flüssigkeitswiderstände werden mit Wechselstrom gemessen (chem. Wirkung!).)

Beispiel:

$$R = 10 \Omega, l_1 = 60 \text{ mm}, l_2 = 30 \text{ mm}$$

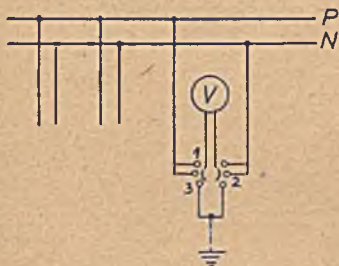
$$R_x = \frac{10 \cdot 60}{30} = 20 \Omega$$

Isolationsmessungen in Anlagen, die sich im Betrieb befinden.



Für die grobe Überprüfung des Isolationszustandes genügt es, wenn Dreheisen Spannungsmesser (Wechsel- und Drehstromanlagen) oder Drehspulspannungsmesser (Gleichstromanlagen) auf die Sammelschienen geschaltet werden. Die Meßgeräte zeigen in einer fehlerfreien Einphasen-Wechselstromanlage die halbe Betriebsspannung und in Drehstromanlagen die Phasenspannung an.

Erdschlußmessung an einer Gleichstromanlage.



Umschalter in Stellung 1 = Spannung des positiven Leiters gegen Erde (U_P).

Stellung 3 = Spannung des negativen Leiters gegen Erde (U_N).

Stellung 2 = Netzspannung (U).

Meßgerät: Drehspulspannungsmesser in Ω geeicht. Direkte Ablesung in Ω , wenn die Betriebsspannung der Anlage gleich der Spannung ist, für die die Ohmskala gilt. Andernfalls müssen die Isolationswiderstände rechnerisch ermittelt werden.

$$R_P = R_S \cdot \left(\frac{U - U_P}{U_N} - 1 \right) \Omega$$

$$R_N = R_S \cdot \left(\frac{U - U_N}{U_P} - 1 \right) \Omega$$

$$R = R_S \cdot \left(\frac{U - U_P - U_N}{U_P + U_N} \right) \Omega$$

Merke: R_P = Isolationswiderstand der pos. Leitung gegen Erde; R_S = Widerstand des Spannungsmessers,
 R_N = Isolationswiderstand der neg. Leitung gegen Erde; R = Gesamter Isolationswiderstand der Anlage.

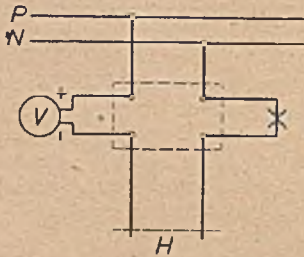
Beispiel: $U = 220 \text{ V}$, $R_S = 20\,000 \Omega$, $U_P = 50 \text{ V}$, $U_N = 10 \text{ V}$.

$$R_P = 20\,000 \cdot \left(\frac{220 - 50}{10} - 1 \right) = 320\,000 \Omega;$$

$$R_N = 20\,000 \cdot \left(\frac{220 - 10}{50} - 1 \right) = 62\,000 \Omega;$$

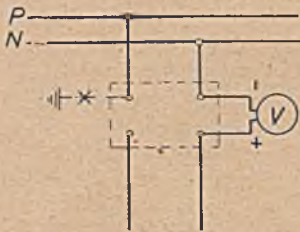
$$R = 20\,000 \cdot \left(\frac{220 - 50 - 10}{50 + 10} \right) = 35\,320 \Omega$$

Isolationsmessungen in Gleichstromanlagen, die sich nicht im Betriebe befinden.

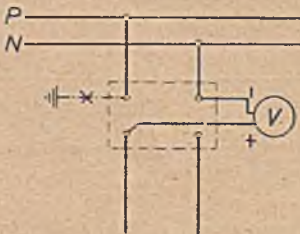


1. Leitungsprüfung. Es wird festgestellt, ob die ganze Anlage an der Messung beteiligt ist. Netzspannung U und der Widerstand RS des Drehpul-Meßgerätes wird ermittelt.

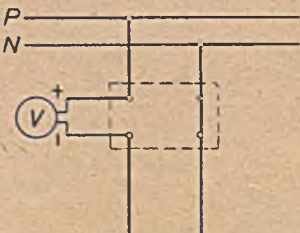
H = Hilfsverbindung.



2. Isolationsmessung der negativen Leitung gegen Erde. Am Meßgerät wird der Ausschlag UN abgelesen.



3. Isolationsmessung der positiven Leitung gegen Erde. Am Meßgerät wird der Ausschlag UP abgelesen.



4. Isolationsmessung der positiven und der negativen Leitung gegeneinander. Am Meßgerät wird der Ausschlag UPN abgelesen.

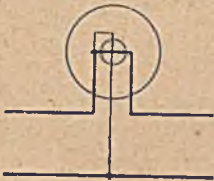
Isolationsmessungen. (Fortsetzung)

$$R_N = R_S \left(\frac{U - U_N}{U_N} \right) \Omega \quad R_P = R_S \left(\frac{U - U_P}{U_P} \right) \Omega \quad R_{PN} = R_S \left(\frac{U - U_{PN}}{U_{PN}} \right) \Omega$$

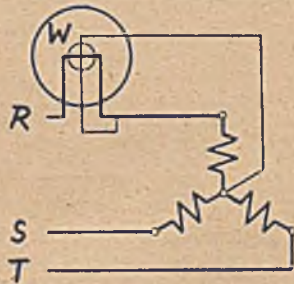
Beispiel: $R_S = 40\,000 \Omega$, $U = 220 \text{ V}$, $U_N = 20 \text{ V}$, $U_P = 30 \text{ V}$, $U_{PN} = 38 \text{ V}$
 $R_N = 40\,000 \left(\frac{220 - 20}{20} \right) = 400\,000 \Omega$; $R_P = 40\,000 \left(\frac{220 - 30}{30} \right) = 253\,000 \Omega$;
 $R_{PN} = 40\,000 \left(\frac{220 - 38}{38} \right) = 191\,500 \Omega$

R_{PN} wäre zu beanstanden, da bei einer Betriebsspannung von 220 V der Isolationswiderstand mindestens 220 000 Ω betragen soll.

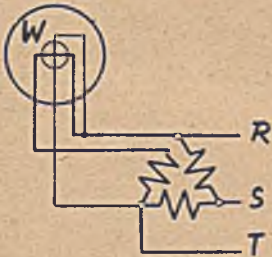
Schaltung von Leistungsmessern.



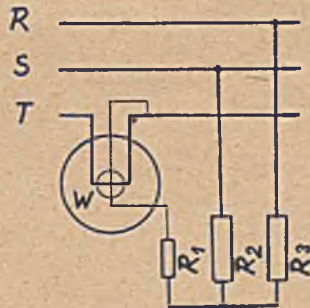
Gleichstrom- oder Wechselstromanlage.



Drehstromanlage mit gleicher Strangbelastung.

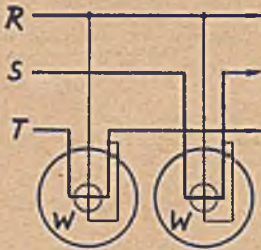


Drehstromanlage mit gleicher Strangbelastung.

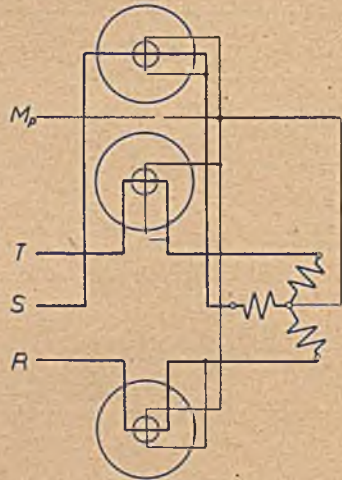


Drehstromanlage mit gleicher Strangbelastung. (Künstlicher Sternpunkt.)
 $R_2 = R_3 = R_1 + R_M$

Schaltung von Leistungsmessern. (Fortsetzung)



Drehstromanlage mit ungleicher Strangbelastung (ohne MP).



Drehstromanlage mit ungleicher Strangbelastung (Belasteter MP).

Die Drehstromleistung kann mit einem einzigen Leistungsmesser gemessen werden, wenn alle drei Stränge gleichmäßig belastet sind (Motoren). Die Stromspule kann in den Strang R, S oder T gelegt werden. Jedoch ist darauf zu achten, daß die Spannungsspule an die Spannung des gewählten Stranges gelegt wird; denn die Stränge R, S, T, haben zwar die gleiche Spannung, aber ihre Phase ist eine ganz andere. Ist der Sternpunkt nicht zugänglich, oder kann das Dreieck nicht geöffnet werden, so muß man sich mit Hilfe von Widerständen einen künstlichen Sternpunkt schaffen. Der Widerstand der Spannungsspule (R_M) muß mit dem Vorwiderstand R_1 (siehe Seite 75) genau so groß sein wie R_2 oder R_3 . Der Leistungsmesser zeigt die Leistung eines Stranges an, der angezeigte Wert muß also mit 3 malgenommen werden.

Bei ungleicher Strangbelastung müssen mindestens zwei Leistungsmesser benutzt werden. Zählt man die beiden abgelesenen Werte zusammen, so erhält man die Drehstromleistung. Dabei ist zu beachten, daß jeder Leistungsmesser einen anderen Wert anzeigen kann. Bei entgegengesetzt gerichteten Zeigerausschlag ist der Wert abzuziehen.

In einer Drehstromanlage mit Mittelpunktleiter müssen drei Leistungsmesser benutzt werden.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

a. Arbeitsweise.

Generatoren sind umlaufende Maschinen, die mechanische Leistung in elektrische umwandeln.

Motoren sind umlaufende Maschinen, die elektrische Leistung in mechanische umwandeln.

Umformer sind umlaufende Maschinen oder Maschinensätze zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung anderer Art.

b. Genormte Nennspannungen in Volt für Maschinen über 100 V*).

Genormte Betriebsspannungen nach VDE 0176	Gleichstrom		
	Nennspannung		
	für Generatoren	für Motoren	für Bahngeneratoren
110	115	110	—
220	230	220	240
440	460	440	—
600	—	—	660
750	—	—	825
1200	—	—	1370
1500	—	—	1650
3000	—	—	3300

Genormte Betriebsspannungen nach VDE 0176	Wechselstrom 50 Per/s		Einphasenstrom 16 2/3 Per/s	
	Nennspannung		Nennspannung	
	für Generatoren	für Motoren	für Generatoren	für Motoren
125	130	125	—	—
220	230	220	—	200
380	400	380	—	—
500	525	500	—	—
1 000	1 050	1 000	—	—
3 000	3 150	3 000	—	—
(5 000)	(5 250)	(5 000)	—	—
6 000	6 300	6 000	6 600	—
10 000	10 500	10 000	—	—
15 000	15 750	15 000	16 500	—

Die kursivgedruckten Spannungen bedeuten Vorzugsspannungen, die in erster Linie sowohl für Neuanlagen als auch für umfangreiche Erweiterungen empfohlen werden.

*) Nachdruck aus VDE 0530/VI, 41 mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V. und der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4 (N. G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

c. Normale Drehzahlen von Wechsel- und Drehstrommaschinen bei 50 Per/s.
(VDE 0530/VI. 41).

Anzahl der Polpaare p	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Drehzahl in U/min	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250

Die obigen Drehzahlen sind berechnet nach der Formel:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ in U/min.}$$

Merke: p = Anzahl der Polpaare, f = Frequenz in Per/s

d. Normale Drehzahlen für Gleichstrommaschinen.

Gleichstrommaschinen können für jede beliebige Drehzahl gebaut werden. Nach Möglichkeit sollen sie den Drehzahlen für Wechsel- und Drehstrommaschinen angeglichen werden.

e. Klemmbezeichnungen für Gleichstrommaschinen*).

Anker			A—B
Nebenschlußwicklung für Selbsterregung			C—D
Reihenschlußwicklung für Erregung mit eigenem Ankerstrom			E—F
Wendepol- oder Kompensationswicklung	}		G—H
Wendepol- mit Kompensationswicklung			
Getrennte Wendepol- und Kompensationswicklung	Wendepolwicklung		GW—HW
	Kompensationswicklung		GK—HK
Auf beide Seiten des Ankers verteilte gleiche Wicklungsteile z. B. zum Zwecke der Symmetrierung für Rundfunkentstörung.	Reihenschlußwicklungen bei Motorrechtslauf	Seite der Ankerklemme A	EA—FA
		Seite der Ankerklemme B	EB—FB
	Wendepolwicklungen	Seite der Ankerklemme A	GA—HA
		Seite der Ankerklemme B	GB—HB
Fremderregte Wicklungen	allgemein		I—K
	bei Bemessung für die eigene Ankerspannung, wahlweise		C—D

*) Nachdruck aus VDE 0570 IV. 43 mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V. und der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4 (N. G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

f. Klemmenbezeichnungen für Wechsel- und Drehstrommaschinen*).

Stromart	Schaltungs- oder Wicklungsart		Bezeichnung	
			Primär	Sekundär
Drehstrom	verkettet		U, V, W	u, v, w
	unverkettet		U—X, V—Y W—Z	u—x, v—y, w—z
Zweiphasen- strom	verkettet, Knotenpunkt XY bzw. x y		U, XY, V	u, xy, v
	unverkettet		U—X, V—Y	u—x, v—y
Einphasen- strom	allgemein		U—V	
	mit Hilfswicklung	Hauptwicklung	U—V	
		Hilfswicklung	W—Z	
Mehrphasen- strom allgemein	Mittelpunkt bzw. Sternpunkt		Mp	mp
Gleichstromerregerwicklung			1—K	

g. Betriebsarten.

1. Dauerbetrieb (DB),
2. Kurzzeitiger Betrieb (KB),
3. Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung (DKB),
4. Aussetzender Betrieb (AB),
5. Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung (DAB).

Die Betriebsart muß auf dem Leistungsschild der Motoren angegeben sein, weil sie für die Belastung sehr wichtig ist. Beispiel: Ein Kranmotor 20 kW Leistung für 50 v. H. Einschaltdauer kann diese Leistung nur dann abgeben, wenn nach jeder Inbetriebnahme eine gleichlange Pause erfolgt. Bei pausenloser Belastung würde der Motor eine unzulässig hohe Temperatur annehmen.

*) Nachdruck aus VDE 0570 IV. 43 mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V. und der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4 (N. G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

Ursprungszeichen und Leistungsschild.

1. Jede Maschine muß den Namen des Herstellers tragen.
2. Jede Maschine muß ein Leistungsschild tragen. Es muß so angebracht sein, daß man auch im Betriebe alle Angaben gut lesen kann.

h. Zeichen für die Stempelung der Leistungsschilder.

Feld	Benennung	Zeichen	Feld	Benennung	Zeichen		
1	Stromart	Gleichstrom	G	6	Nennspannung		
		Einphasenstrom	E	7	Nennstrom		
		Zweiphasenstrom	Z	8	Betriebsart	Dauerbetrieb	Kein Verm.
		Drehstrom	D			Kurzzeitiger Betrieb	K _B bzw. DKB*)
		Sechsphasenstrom	S			Aussetzender Betrieb	AB bzw. DAB**)
2	Arbeitsweise	Generator	Gen.	9	Leistung	Nennleistung bei sämtl. Motoren, Gleichstrom- und Asynchrongeneratoren, Wechselstr.-Gleichstr.-Elnankerumformer	KW
		Motor	Mot.				
		Blindleistungsmaschine	Bl. d. (Phas.)				
		Elnankerumformer	EU.				
		Kaskadenumformer	KU.		Scheinleistung bei Synchron- generatoren, Blindleistungsmaschinen, Gleichstrom-Wechselstrom-Elnankerumformer	KVA	
3	Fabrikationsnummer			10	Nennleistungsfaktor***)		
4	Typenbezeichnung der Maschine			11	Drehrichtung	Rechtslauf der Antriebsseite →	
						Linksuf der Antriebsseite ←	
5	Schaltart	Einphasen verkettet		12	Nennzahl		
		Einphasen mit Hilfsphase	⊥	13	Nennfrequenz		
		Zweiphasen verkettet	L	14	Erregung		
		Zweiphasen offen	X	15	Läufer (Angabe der Schaltart fällt bei Dreiphasenläufern fort)		
		Dreiphasen in Dreieck	Δ	16	Nennerregerspannung		
		Dreiphasen in Stern	Y	17	Läuferspannung		
		Dreiphasen in Stern mit herausgeführtem Stempunkt	⋈		Erregerstrom bei Nennbetrieb		
		Sechsphasen in Doppeldreieck	⊠		Läuferstrom		
		Sechsphasen in Sechseck	⊙		Zusätzliche Vermerke		
		Sechsphasen in Stern	* ₆				
n-Phasen, offen	n						
	Durchmesserspannung	⊕					

*) mit Angabe der Belastungsdauer.

***) mit Angabe der relativen Einschaltdauer.

*** Hinzufügung des Zeichens „u“ bei Untererregung von Synchrongeneratoren, -motoren und Blindleistungsmaschinen.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

i. Bezeichnungen von Anlasser- und Reglerklemmen*).

Gleichstrom			
Anlasser	Klemme für Anschluß an	Netz	L
		Anker	R
		Nebenschlußwicklung	M
Regler	Klemme für Anschluß an	Nebenschlußwicklung	s
		Anker oder Netz	t
		Anker oder Netz, zum Kurzschließen der Nebenschlußwicklung.	q

Wechselstrom.				
Anlasser bzw. Regler	Stromart	Schaltung	Bezeichnung	
Sekundär-Anlasser	Drehstrom	verkettet	u, v, w	
		unverkettet	u—x, v—y, w—z	
	Zweiphasenstrom	verkettet	u, xy, v /	
		unverkettet	u—x, v—y	
Primär-Anlasser	Drehstrom	im Sternpunkt angeschlossen	X, Y, Z	
		zwischen Netz und Motor angeschlossen	U—X, V—Y, W—Z	
Umkehr-Anlasser	Drehstrom	Klemmen für Anschluß an	Netz	R, S, T
			Primär-anker	U(W) V, W(U)
Regler	Gleichstrom	Klemmen für Anschluß an	Feldwicklung	s
			Erregernetz	t
			Erregernetz zum Kurzschließen der Feldwicklung	q

* Nachdruck aus VDE 0570 IV. 43 mit Genehmigung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V. und der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 4 (N. G. Nr. 280). Für den Wortlaut jeder VDE-Bestimmung ist nur die jeweils letzte Veröffentlichung in der ETZ verbindlich.

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

k. Drehrichtung.

Rechtslauf = im Uhrzeigersinn.

Linkslauf = entgegen dem Uhrzeigersinn.

Bestimmung der Drehrichtung bei:

Gleichstrommaschinen	Von der dem Stromwender entgegengesetzten Seite aus.
Wechsel- oder Drehstrommaschinen	Von der den Schleifringen entgegengesetzten Seite aus.
Kurzschlußläufern	Von der Antriebsseite aus (Riemenscheibe).
Maschinen mit Stromwender auf beiden Seiten	Von der Antriebsseite aus. (Stärkerem Wellenstumpf usw.).
Maschinen mit Schleifringen auf beiden Seiten	Von der Antriebsseite aus. (Stärkerem Wellenstumpf usw.).
Maschinen mit Schleifringen auf der einen und Stromwender auf der anderen Seite	Von der Schleifringseite aus.

l. Wirkungsgrad.

Wirkungsgrad = $\frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}}$

$$\eta = \frac{N_{ab}}{N_{auf}}$$

	Gleichstrommotor	Einphasenstrommotor	Drehstrommotor
Für	$\eta = \frac{N_{ab}}{U \cdot I}$	$\eta = \frac{N_{ab}}{U \cdot I \cdot \cos \varphi}$	$\eta = \frac{N_{ab}}{U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 1,73}$

N_{ab} = Nennleistung (Leistungsschild), gemessen mit dem Pronyschem Zaum oder der Wirbelstrombremse (s. S. 86).

Merke: η ist stets kleiner als 1, N in W!

Beispiel: Ein Generator nimmt 100 kW mechanische Leistung auf und gibt 90 kW elektrische Leistung ab. Wie groß ist η ?

$$\eta = \frac{90\,000}{100\,000} = 0,90 = 90 \text{ v. H.}$$

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

m. Leistungsfaktor.

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Scheinleistung}}$$

$$\cos \varphi = \frac{N_w}{N_s}$$

Bei Einphasenstrom ist:

$$\cos \varphi = \frac{N_w}{U \cdot I}$$

Bei Drehstrom ist:

$$\cos \varphi = \frac{N_w}{U \cdot I \cdot 1,73}$$

Die Wirkleistung in W zeigen die Leistungsmesser an. Die Scheinleistung N_s wird in VA gemessen. Für Einphasenstrom ist $N_s = U \cdot I$ und für Drehstrom gilt: $N_s = U \cdot I \cdot 1,73$.

Beispiel: Ein Drehstrommotor verbraucht 4 kW. Wie groß ist $\cos \varphi$, wenn $U = 380 \text{ V}$ und $I = 8 \text{ A}$ (Motorzuleitung) ist?

$$\cos \varphi = \frac{4000}{380 \cdot 8 \cdot 1,73} = 0,76$$

n. Leistung.

Stromart	Nennleistung von Motoren (Abgabe)	Motorströme	Leistungsaufnahme von Motoren
Gleichstrom	$N = U \cdot I \cdot \eta$	$I = \frac{N}{U \cdot \eta}$	$N = U \cdot I$
Einphasenstrom	$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$	$I = \frac{N}{U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Drehstrom	$N \cdot 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$	$I = \frac{N}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	$N \cdot 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$

Nennleistung = Leistung, die auf dem Leistungsschild genannt ist.

Stromart	Leistungsaufnahme von Generatoren	Leistungsabgabe bei Generatoren
Gleichstrom	$N = \frac{U \cdot I}{\eta}$	$N = U \cdot I$
Einphasenstrom	$N = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{\eta}$	$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi$
Drehstrom	$N = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 1,73}{\eta}$	$N = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 1,73$

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

Beispiele: 1. Ein Generator liefert bei Vollast 80 kW. Welche mechanische Leistung wird von dem Generator aufgenommen, wenn $\eta = 0,89$ ist?

$$N = \frac{80\,000}{0,89} = 90\,000 \text{ W} = 90 \text{ kW}$$

2. Berechne die Nennleistung eines Gleichstrommotors, wenn $U = 220 \text{ V}$, $I = 10 \text{ A}$ und $\eta = 0,85$ ist!

$$N = 220 \cdot 10 \cdot 0,85 = 1870 \text{ W} = 1,87 \text{ kW}$$

3. Auf dem Leistungsschild eines Drehstrommotors befinden sich folgende Angaben: $N = 10 \text{ kW}$, $U = 380 \text{ V}$, $\cos \varphi = 0,9$ und $\eta = 0,89$. Wie groß ist der Strom I , der in der Motorzuleitung fließt?

$$I = \frac{10\,000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,89} = 19 \text{ A}$$

Annähernder Stromverbrauch von Motoren bei Vollast in A für eine Pferdestärke.

Motorleistung	Gleichstrom			Drehstrom			
	110 V	220 V	440 V	125 V	220 V	380 V	500 V
1 PS	8,9	4,45	2,3	5,16	2,94	1,69	1,3
2 PS	8,8	4,4	2,2	5,09	2,88	1,67	1,27
3—5 PS	8,5	4,25	2,13	4,86	2,76	1,61	1,23
6—25 PS	8,3	4,1	2,08	4,8	2,7	1,58	1,2
26—50 PS	7,9	3,95	1,98	4,46	2,54	1,46	1,1
51—75 PS	—	3,83	1,92	4,38	2,49	1,44	1,09
76—100 PS	—	3,78	1,89	4,29	2,44	1,4	1,07
im Mittel	8,5	4,1	2,1	4,7	2,7	1,55	1,2

Bei 3 kV Drehstrom etwa 0,2 A je PS. Bei 6 kV Drehstrom etwa 0,1 A je PS.

o. Schlupf.

Der Unterschied zwischen der Synchrondrehzahl des Drehfeldes und der Asynchrondrehzahl des Läufers nennt man Schlüpfung oder Schlupf(s).

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \text{ in v. H.}$$

Merke: n_1 = synchrone Drehzahl des Drehfeldes, n_2 = asynchrone Drehzahl des Läufers!

Beispiel: Welcher Schlupf hat ein 4poliger Asynchronmotor, der 1425 U/min macht?

$$s = \frac{1500 - 1425}{1500} \cdot 100 = 5 \text{ v. H.}$$

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

p. Drehmoment und mechanische Leistung.

Die einem Motor zugeführte elektrische Leistung wird in mechanische umgewandelt. Die Leistung des Motors äußert sich am Umfang der Riemenscheibe als Zugkraft und Geschwindigkeit. Die Größe der Zugkraft ist je nach Leistung und Drehzahl des Motors und Durchmesser der Riemenscheibe verschieden. Für jede Maschine hat das Produkt aus Zugkraft und Halbmesser der Riemenscheibe einen bestimmten Wert. Es wird Drehmoment genannt.

$$M = P \cdot r \quad \text{in kgm}$$

Neendrehmoment, es wird bei normaler Belastung ausgeübt.

Kippdrehmoment, es wird bei Überlastung höchstens ausgeübt.

Anzugsmoment, es wird beim Anlauf ausgeübt.

$$N = \frac{M \cdot n}{716} \quad \text{in PS}$$

$$N = \frac{M \cdot n}{975} \quad \text{in kW}$$

$$M = 716 \cdot \frac{NPS}{n} \quad \text{in kgm}$$

$$M = 975 \cdot \frac{NkW}{n} \quad \text{in kgm}$$

$$P = \frac{716 \cdot NPS}{n \cdot r} \quad \text{in kg}$$

$$P = \frac{975 \cdot NKW}{n \cdot r} \quad \text{in kg}$$

Merke: r = Halbmesser der Riemenscheibe in m, n = Drehzahl in U/min!

Beispiel: Von einem Gleichstrommotor sind folgende Daten bekannt: $U = 220$ V, $n = 1450$ U/min, $N = 2$ kW, Durchmesser der Riemenscheibe 200 mm. Berechne das Neendrehmoment und die Zugkraft P am Umfang der Riemenscheibel

$$M = \frac{975 \cdot 2}{1450} = 1,34 \text{ kgm};$$

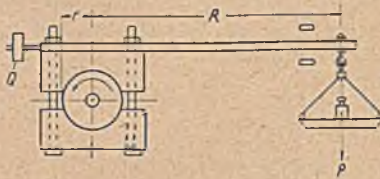
$$P = \frac{M}{r} = \frac{1,34}{0,1} = 13,4 \text{ kg}.$$

Neendrehmomente der Motoren.

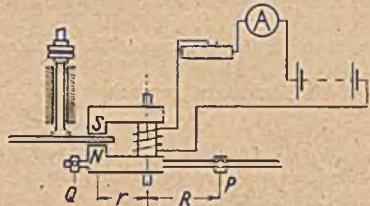
Bei einer Drehzahl pro Minute von	Bei einer normalen Leistung von									
	1 PS mkg	2 PS mkg	3 PS mkg	4 PS mkg	5 PS mkg	6 PS mkg	7 PS mkg	8 PS mkg	9 PS mkg	10 PS mkg
500	1,43	2,9	4,3	5,7	7,2	8,6	10,0	11,5	12,9	14,3
600	1,19	2,4	3,6	4,8	6,0	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
750	0,95	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
1000	0,72	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4	7,2
1200	0,60	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
1500	0,48	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8
2000	0,36	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6
3000	0,24	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4

Elektrische Maschinen — Allgemeiner Teil.

Messung des Drehmomentes und der mechanischen Leistung



Pronyscher Zaum.



Wirbelstrombremse.

Drehmoment: $M = P \cdot R$ in kgm

Merke: P in kg, R = Länge des Hebelarmes in m!

Hieraus die mechanische Leistung:

$$N = \frac{P \cdot R \cdot n}{716} \quad \text{in PS} \quad \text{oder} \quad N = \frac{M \cdot n}{716} \quad \text{in PS}$$

$$N = \frac{P \cdot R \cdot n}{975} \quad \text{in kW} \quad \text{oder} \quad N = \frac{M \cdot n}{975} \quad \text{in kW}$$

Bei einer Hebellänge von $R = 0,716$ m ist:

$$N = \frac{P \cdot n}{1000} \quad \text{in PS}$$

Bei einer Hebellänge von $R = 0,975$ m ist:

$$N = \frac{P \cdot n}{1000} \quad \text{in kW}$$




Beispiel: Ein Motor wird mit einer Backenbremse abgebremst. Hebellänge $R = 0,975$ m, $n = 1500$ U/min. Auf der Waagschale liegen 20 kg. Wie viel kW leistet der Motor?

$$N = \frac{20 \cdot 1500}{1000} = 30 \text{ kW.}$$

Wirbelstrombremse: Das magnetische Feld erzeugt in der Bremsscheibe Wirbelströme, diese üben eine Bremswirkung aus. Es gelten dieselben Formeln wie oben (Pronyscher Zaum).

Gleichstrommaschinen.

Aufbau.

Bezeichnung	Bild	Bemerkung
Magnetgestell		<p>Das Magnetgestell besteht aus dem Gehäuse (Stahlguß) und den Magnetpolen.</p> <p>Die Magnetkerne (Stahlguß oder Dynamoblech) tragen die Magnetspulen.</p>
Anker		<p>Der Anker, aus dünnen Blechen aufgebaut, besitzt Nuten. In diesen liegt die Ankerwicklung.</p>
Stromwender, Kollektor, Kommutator		<p>Zusammengesetzt aus Kupferlamellen, die gegeneinander durch Glimmer isoliert sind.</p>

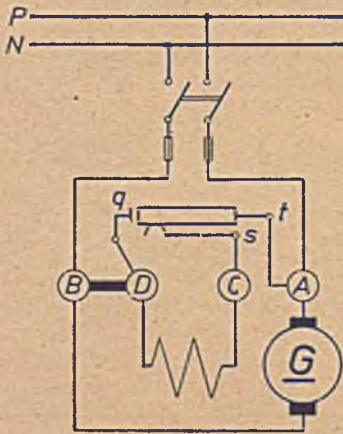
Fremderregung: Die Erregung des magnetischen Flusses erfolgt durch eine fremde Stromquelle.

Selbsterregung: Die Maschine bringt den zur Erregung notwendigen Strom selbst auf.

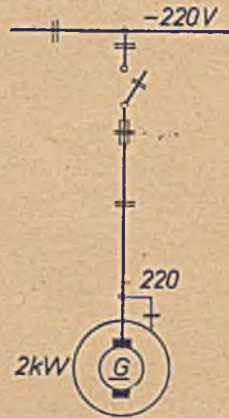
Je nach Ausführung und Schaltung der Erregerwicklung unterscheidet man:

1. Nebenschlußmaschinen,
2. Reihenschlußmaschinen,
3. Doppelschlußmaschinen.

Nebenschlußgenerator.



Allpoliger Schaltplan



Einpoliger Schaltplan.

Die Erregerwicklung liegt im Nebenschluß zum Anker. Sie besteht aus vielen Windungen, aber dünnem Draht.

Eigenschaften.



1. Bei gleichbleibender Drehzahl ändert sich die Spannung zwischen Leerlauf und Vollast um 10—25 v. H.

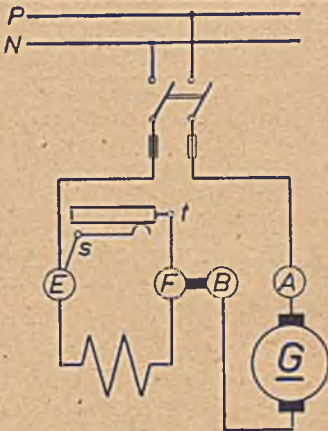
Grund: Mit abnehmender Klemmenspannung wird der Magnetstrom geschwächt.

2. Der Nebenschlußgenerator eignet sich für Parallelbetrieb.
3. Bei Rückstrom läuft der Nebenschlußgenerator als Motor, er polt sich aber nicht um.
4. Die Spannung läßt sich sehr leicht mit einem Nebenschlußregler regeln, er liegt mit der Nebenschlußwicklung in Reihe.
5. Er erregt sich auch, wenn der äußere Stromkreis geöffnet ist.

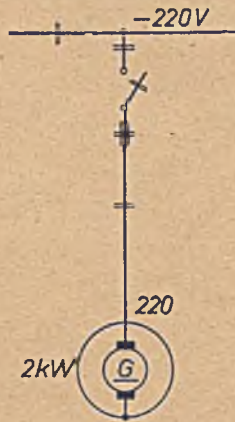
Anwendung.

Der Nebenschlußgenerator wird seiner guten Eigenschaften wegen sehr viel verwendet (Zentralen, Ladegerator usw.).

Reihenschlußgenerator.

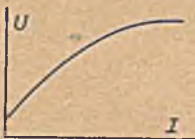


Allpoliger Schaltplan.



Einpolarer Schaltplan.

Die Erregerwicklung liegt mit dem Anker in Reihe. Sie besteht aus wenig Windungen, aber dickem Draht.



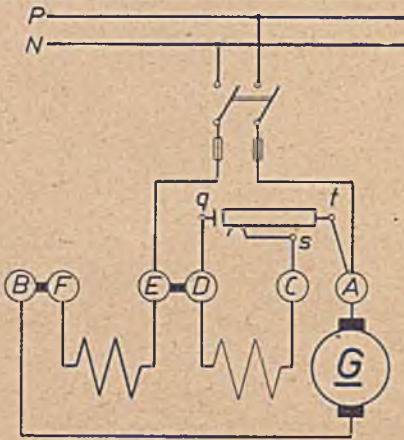
Eigenschaften.

1. Bei gleichbleibender Drehzahl steigt und fällt die Klemmenspannung mit der Belastung. Bei zunehmender Belastung fällt die Drehzahl; sie steigt, wenn die Belastung abnimmt.
2. Der Reihenschlußgenerator polt sich bei Rückstrom um.
3. Die Spannung läßt sich schwer regeln. Der Regelwiderstand liegt parallel zur Feldwicklung.
4. Im Leerlauf gibt der Reihenschlußgenerator keine Spannung ab.

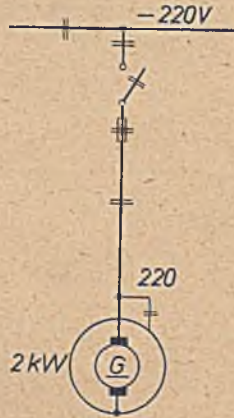
Anwendung.

Der Reihenschlußgenerator kann nur dort benutzt werden, wo mit Belastungsschwankungen nicht zu rechnen ist. Für Ortsnege ungeeignet!

Doppelschlußgenerator.

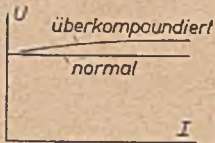


Allpoliger Schaltplan.



Einpoliger Schaltplan.

Der Doppelschlußgenerator besitzt eine Nebenschluß- und eine Reihenschlußwicklung.



Eigenschaften.

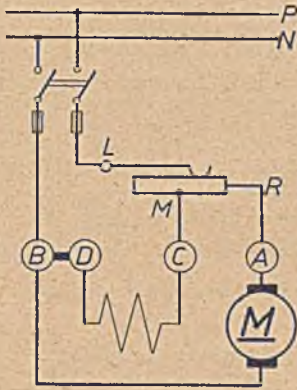
1. Bei gleichbleibender Drehzahl bleibt die Spannung gleich, wenn Belastungsschwankungen eintreten.
2. Bei Rückstrom wird das Feld geschwächt.
3. Die Spannung wird mit einem Nebenschlußregler geregelt, er liegt mit der Nebenschlußwicklung in Reihe.
4. Die Reihenschlußwicklung kann so bemessen werden, daß der Spannungsverlust, der in langen Zuleitungen auftritt, ausgeglichen wird (Überkompoundierung).

Anwendung.

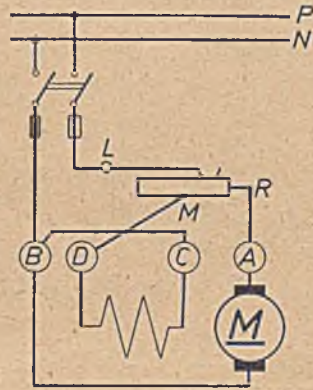
Der Doppelschlußgenerator wird in Anlagen mit stark schwankenden Belastungen benutzt.

Nebenschlußmotor.

Allpoliger Schaltplan.

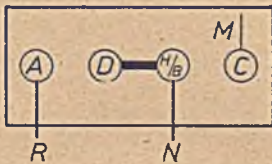


Rechtslauf.

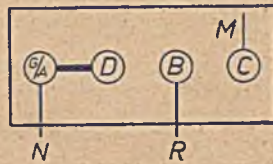


Linkslauf
durch
Richtungsänderung des Feldstromes.

Klemmenbrett für Motor mit Wendepolen.



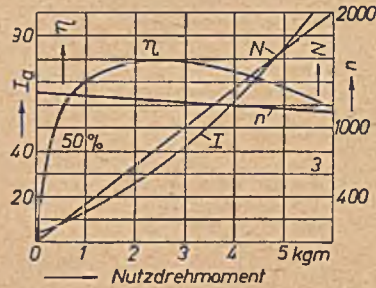
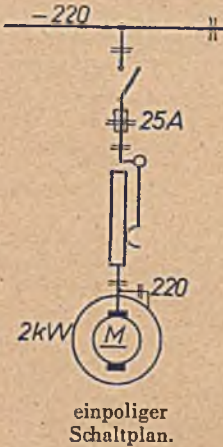
Rechtslauf.



Linkslauf
durch
Richtungsänderung des Ankerstromes.

Beim Nebenschlußmotor sind Anker und Feld parallel geschaltet. Die Feldwicklung besteht aus vielen Windungen, aber dünnem Draht. Nebenschlußmotoren werden für Spannungen bis 1500 V gebaut.

Nebenschlußmotor.



Betriebskurven eines Nebenschlußmotors für 3,7 kW
und 110 V

Normal: Nutzdrehmoment = 3 kgm

a. Betriebseigenschaften.

1. Bei allen Belastungen ändert sich die Drehzahl nur wenig.
2. Die Anzugskraft ist kleiner als beim Reihenschlußmotor.
3. Wird der Feldstromkreis unterbrochen, so geht der Motor durch.
4. Im Leerlauf nimmt der Nebenschlußmotor nur einen geringen Strom auf, dieser hat die Leerlaufverluste zu decken.
5. Bei zunehmender Belastung steigt der aufgenommene Strom bedeutend stärker an als beim Reihenschlußmotor.
6. Seine Drehzahl ist begrenzt, da er mit vollem magnetischen Fluß arbeitet.
7. Anlaufstrom und Anlaufmoment: bis 2fach.

b. Anlassen.

Bis 0,2 kW direkt, darüber hinaus durch Einlegen eines Widerstandes in den Ankerstromkreis. Damit das Anzugmoment beim Anlassen nicht zu klein wird, muß das volle Feld vorhanden sein. Der Anlasser erhält deshalb einen besonderen Kontakt, damit der Erregerstrom während des Betriebes nicht durch den Anlaßwiderstand fließen muß.

Nebenschlußmotor.

Die Anlasserklemme „M“ hat die Aufgabe, die beim Ausschalten in der Magnetwicklung entstehende Selbstinduktion unschädlich zu machen. Die Magnetwicklung ist also über den Anlasser und Anker geschlossen.

Schaltfehler: Die Magnetwicklung liegt direkt an den Ankerklemmen, d. h. der Anlasser liegt mit der Magnetwicklung und dem Anker in Reihe. Auswirkung: Beim Einschalten liegt die Magnetwicklung an geringerer Spannung, d. h. der Motor läuft mit geringerem Drehmoment oder sehr hohem Strom an.

Schaltfehler: Die Magnetwicklung liegt parallel zum Anlasser. Auswirkung: Der Motor läuft gut an. Beim Abschalten des Anlaßwiderstandes erhöht sich die Drehzahl sehr stark, zuletzt wird das Feld so geschwächt, daß bei stark belastetem Motor ein sehr großer Strom, bei schwacher Belastung eine unzulässig hohe Drehzahl auftritt.

c. Änderung der Drehzahl.

Max 1:5, normal bis 1:3.

1. Sie erfolgt im allgemeinen durch einen Nebenschlußregler, dieser liegt mit der Feldwicklung in Reihe. Regelung erfolgt verlustlos bei gleichbleibender Leistung.
2. Regelung erfolgt durch Einlegen eines Widerstandes in den Ankerstromkreis. Beim Regeln entstehen Verluste, die Leistung nimmt ab. Der Motor verliert seine Nebenschluß Eigenschaften.

Merke: Erhöhung der Drehzahl geschieht durch einen Feldregler (Feldschwächung); Verringerung der Drehzahl erreicht man durch Einlegen eines Widerstandes in den Ankerstromkreis.

d. Änderung der Drehrichtung.

Stromrichtung im Feld oder Anker ändern.

e. Elektrisches Bremsen.

1. Gegenstrombremsung,
2. Ankerkurzschlußbremsung.

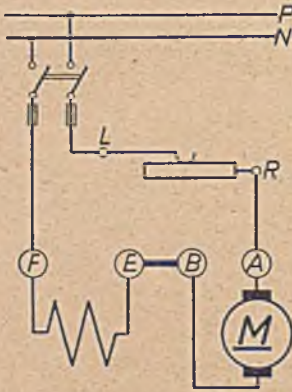
Zu 2: Hierbei arbeitet der Motor als Generator. Wird der sich drehende Anker vom Netz abgeschaltet, so entsteht an seinen Klemmen eine Spannung. (Feld bleibt erregt!) Wird nun der Anker über einen Widerstand kurzgeschlossen, so wird die Energie der sich drehenden Ankermassen im Widerstand vernichtet (Wärme!). Anwendung: bei Straßenbahnen. (Regulierbarer Widerstand, verschiedene Bremsstufen).

f. Anwendung.

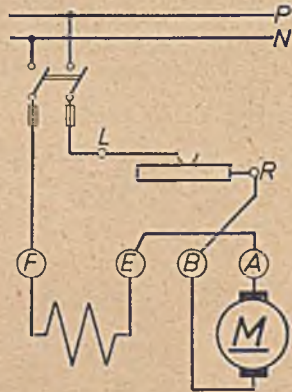
Überall dort, wo beim Anlauf keine hohe Anzugskraft nötig ist und die Drehzahl sich auch bei Belastungsschwankungen nur wenig ändern darf. (Werkzeugmaschinen, Transmissionen.)

Reihenschlußmotor.

Allpoliger Schaltplan.

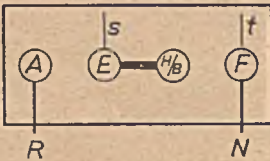


Rechtslauf.

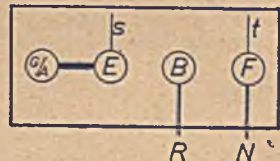


Linkslauf
durch
Richtungsänderung des Ankerstromes.

Klemmenbrett für Motor mit Wendepole.



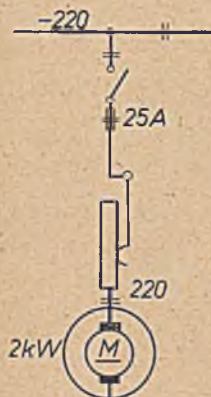
Rechtslauf.



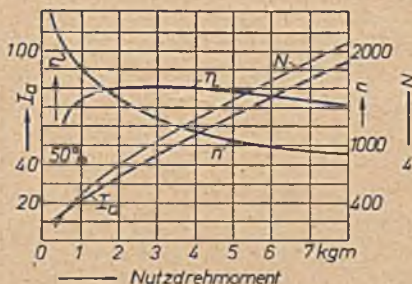
Linkslauf.

Beim Reihenschlußmotor sind Anker und Feld in Reihe geschaltet. Die Feldwicklung besteht aus wenig Windungen aber dickem Draht. Reihenschlußmotoren werden für Spannungen bis 1500 V gebaut.

Reihenschlußmotor.



einpoliger
Schaltplan.



Betriebskurven eines Reihenschlußmotors für 3 kW
und 110 V

Normal: Nutzdrehmoment = 1,8 kgm.

a. Betriebseigenschaften.

Die Drehzahl hängt von der Belastung ab. Bei großer Belastung ist die Drehzahl klein und bei niedriger Belastung groß. Im Leerlauf ist sie so hoch, daß der Motor durchgeht (Gefahr!). Der Motor darf deshalb niemals ohne Last anlaufen. Für Riementrieb ungeeignet!

b. Anlassen.

Bis 1 kW direkt, darüber hinaus durch Einlegen eines Widerstandes in den Anker- und Feldstromkreis.

Anlaufstrom und Anlaufmoment: bis 2fach.

c. Änderung der Drehzahl.

Eine Drehzahlregelung ist im Leerlauf unmöglich. Bei Belastung durch Einschalten von Widerständen. Der Feldregler muß parallel zum Feld liegen.

d. Änderung der Drehrichtung.

Zwei Anker- oder Feldanschlüsse vertauschen.

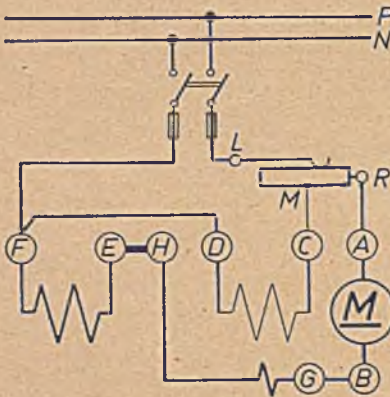
e. Elektrisches Bremsen.

Siehe Nebenschlußmotor.

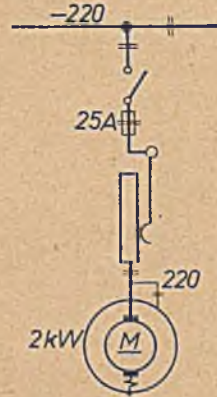
f. Anwendung.

Überall dort, wo „Schweranlauf“ notwendig, und wo man bei hoher Belastung eine niedrigere Drehzahl und umgekehrt fordert. (Hebezeugen, Fahrzeugen).

Doppelschlußmotor.

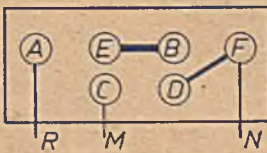


Allpoliger Schaltplan.

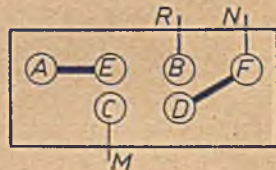


Einpoliger Schaltplan.

Klemmenbrett für Motor ohne Wendepole.



Rechtslauf.



Linkslauf.

Der Doppelschlußmotor besitzt eine Nebenschluß- und eine Reihenschlußwicklung. Die Reihenschlußwicklung kann so geschaltet werden, daß sie die Wirkung der Nebenschlußwicklung verstärkt oder schwächt.

Doppelschlußmotor.

a. Betriebseigenschaften.

1. Die Reihenschlußwicklung verstärkt die Wirkung der Nebenschlußwicklung. (Der Strom fließt gleichsinnig durch die beiden Magnetwicklungen).

Der Motor hat ein größeres Anzugsmoment als der Nebenschlußmotor. Seine Drehzahl ist jedoch nicht so gleichbleibend wie bei diesem.

Er geht bei Leerlauf nicht durch.

2. Die Reihenschlußwicklung schwächt die Nebenschlußwicklung. (Die Stromrichtung in der Reihen- und Nebenschlußwicklung ist verschieden).

Bei abgestimmter Windungszahl der Reihenschlußwicklung ist die Drehzahl bei jeder Belastung gleichbleibend. Jedoch ist das Anzugsmoment kleiner als beim Nebenschlußmotor.

Motor wird wenig angewendet!

b. Anlassen.

Durch Einlegen eines Widerstandes in den Ankerstromkreis.

c. Änderung der Drehzahl.

Siehe Nebenschlußmotor.

d. Änderung der Drehrichtung.

Durch Umkehrung der Stromrichtung im Anker oder in beiden Feldwicklungen.

e. Anwendung.

Zum Antrieb von Maschinen (größere Pressen, Stanzen) mit schweren Schwungrädern.

Störungen an Gleichstrommotoren und ihre Beseitigung.

Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Der Motor läuft nicht an.	Sicherung ist durchgebrannt.	Neue Sicherungen einschrauben.
	Motorschutzhalter hat angesprochen.	Prüfen, ob der Motorschutzschalter richtig eingestellt ist.
	Leitungsunterbrechung.	Bürsten abheben, Anlasser einschalten und mit der Prüflampe feststellen, ob an den Maschinenklemmen die volle Spannung herrscht. Gegebenenfalls Leitungsunterbrechung beseitigen.

Störungen an Gleichstrommotoren und ihre Beseitigung.		
Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Der Motor läuft nicht an	Der Widerstand des Anlassers ist durchgebrannt.	Mit der Prüflampe feststellen, ob der Widerstand des Anlassers unterbrochen ist. Unterbrechung beseitigen oder Anlasser auswechseln.
	Die Bürsten liegen nicht auf.	Feststellen, ob die Bürsten im Bürstenhalter klemmen. Sie müssen sich leicht bewegen lassen. Gegebenenfalls Bürstenhalter säubern und Federdruck prüfen.
Der Motor läuft erst an, nachdem der Anlasser zum Teil eingeschaltet ist. An dieser Stelle ist auch der Kontakt verschmort.	An der Schmorstelle ist der Anlasser unterbrochen.	Mit der Prüflampe feststellen, ob der Widerstand des Anlassers unterbrochen ist. Unterbrechung überbrücken oder Anlasser auswechseln.
Der Anlasser wird übermäßig heiß; die Sicherungen brennen durch. Motor läuft sehr schwer an.	Der Motor hat Körperschluß.	Sämtliche Leitungen vom Klemmbrett lösen und die Bürsten abheben. Mit der Prüflampe den Anker, die Magnete und Bürstenbolzen gegen Eisen prüfen. Bei Körperschluß den Motor wieder instandsetzen.
	Die Zuleitungen zwischen Anlasser und Motor haben Schluß.	Sämtliche Leitungen vom Klemmbrett lösen. Die Leitungen gegeneinander und gegen Erde prüfen. Gegebenenfalls Schluß beseitigen.
	Unterbrechung im Magnetstromkreis.	Papier, Pappe oder Preßspan zwischen Bürsten und Kollektor legen. Anlasser einrücken. Mit einem Stück Eisen prüfen, ob die Pole magnetisch sind. Polarität mit dem Kompaß feststellen.
	Die Bürstenbrücke ist falsch eingestellt.	Feststellen, ob die Bürstenbrücke richtig eingestellt ist (Markierung beachten). Ist keine Markierung vorhanden, so kann man durch vorsichtiges Hin- und Herbewegen die Normalstellung ermitteln. Befindet sich die Ableitung der Ankerwicklung zum Kollektor außen, so findet man die neutrale Zone folgendermaßen: Man geht der Ableitung derjenigen Spule nach, die zwischen zwei Hauptpolen steht. Die Bürsten werden nun auf die Kollektorlamelle gestellt, in die die Spule eingelötet ist. Zur Erleichterung ist bei AEG-Maschinen eine Schablone für die Spule rot lackiert.

Störungen an Gleichstrommotoren und ihre Beseitigung.

Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Der belastete Motor funkt. Kollektor ist schwarz.	Zu harte oder zu weiche Kohlenbürsten.	Passende Bürsten von der Firma beziehen, die den Motor geliefert hat.
	Die Glimmerisolation zwischen den einzelnen Lamellen steht zu weit vor.	Mit den Fingern abtasten, ob die Glimmerisolation vorsteht. Gegebenenfalls abschmiegeln und mit einem spitzgeschliffenen Stahl auskragen.
	Der Kollektor ist unrund.	Kollektor überdrehen.
	Der Motor ist während des Betriebes starken Erschütterungen ausgesetzt.	Feststellen ob alle Fundamentschrauben festsitzen, sonst nachziehen. Der Motor soll ohne Riemen ruhig laufen. Stoßstellen des Riemens prüfen.
	Die Lager sind nicht mehr einwandfrei.	Lager prüfen. Gleitlager können ausgetauscht sein. Kugellager können Beschädigungen aufweisen. Lagerschalen oder Kugellager erneuern.
	Die Magnetspulen haben Windungsschluß.	Die Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Spulen an einer Stelle abisolieren. Spannung an jeder Spule messen. Spannungsunterschiede bis 10 v. H. sind zulässig. Die fehlerhafte Spule verbraucht die kleinere Spannung. Spule auswechseln. Sind die Magnetspulen in Reihe geschaltet, so sind alle auszuwechseln.
Die einzelnen Bürstenhalter haben sich gelockert und verschoben, so daß die Kohlen nicht gleichmäßig auf dem Kollektorumfang verteilt sind.	Feststellen, ob die Kohlen gleichmäßig auf dem Kollektorumfang verteilt sind. Gegebenenfalls sind die Kohlenbürsten zu versetzen.	
Einige Kohlen erwärmen sich sehr stark und feuern, andere bleiben kalt und zeigen normales Verhalten.	Es werden verschiedene Kohlenarten benutzt.	Kohlenbürsten prüfen. Wenn nötig, Kohlen gleicher Fabrikate benutzen.

Störungen an Gleichstrommotoren und ihre Beseitigung.

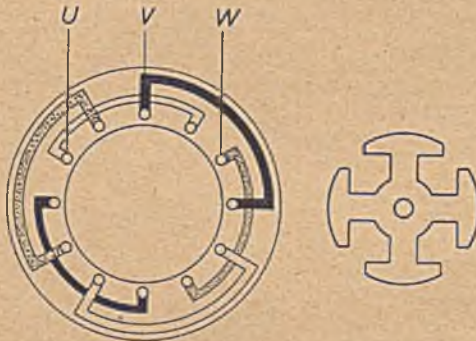
Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Starke Funkenbildung am Kollektor. Zwischen einzelnen Lamellen ist die Isolation verbrannt.	Die Ankerwicklung ist unterbrochen.	Zunächst prüfen, ob ein Ankerdraht hinter der Kollektorfahne abgebrochen ist oder eine Verbindung zwischen Kollektor und Ankerwicklung ausgelötet ist. Unterbrechung beseitigen, aber vorher prüfen, ob zwischen den Lamellen, deren Isolation verbrannt ist, kein Schluß besteht. Ist der Kollektor einwandfrei, so ist die Ankerwicklung beschädigt.
Funkenbildung am Kollektor, er wird stellenweise schwarz.	Lose Kontakte zwischen der Wicklung und den Lamellen.	Prüfen, ob sich die Ankerdrähte in den Fahnen bewegen lassen. Gegebenenfalls neu einlöten.
Einzelne Ankerspulen werden übermäßig heiß. Der Motor nimmt einen zu hohen Strom auf.	Die Spulen am Kollektor sind überbrückt.	Prüfen, ob eine äußere Überbrückung vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so ist die Lamellenisolation schadhafte. Reparatur ist notwendig.
Der Motor nimmt einen zu hohen Strom auf. Er läuft ruckweise an.	Die Ankerspulen haben gegeneinander Schluß.	Bürsten abheben und den Anlasser einrücken, so daß die Magnete voll erregt sind. Anker mit der Hand drehen. Der Anker läßt sich an zwei Stellen schwer drehen, wenn die Wicklung Schluß hat. Reparatur ist nötig.
Der Anker wird übermäßig warm.	Überlastung.	Stromaufnahme prüfen. Grund der Überlastung ermitteln und beseitigen.

Anleitung zur Inbetriebnahme von Gleichstrommotoren.

1. Prüfen, ob der Motor mech. in Ordnung ist, die Welle muß sich leicht drehen.
2. Prüfen, ob Gleitlager mit Öl gefüllt sind und ob die Schmierringe sich frei bewegen.
3. Verlegte Zuleitungen auf Erdschluß und Nebenschluß prüfen.
4. Motor und Anlasser nach dem mitgelieferten Schaltbild anschließen.
5. Nennstromstärke der Schmelzsicherung nach dem Leitungsquerschnitt wählen.
6. Nachprüfen, ob der Bürstenhalterstern in richtiger Stellung steht.
7. Unter jede Bürste ein Stück Papier legen, so daß die Bürsten den Kollektor nicht berühren, Hebelschalter und Anlasser einschalten. Prüflampe, die an zwei benachbarte Bürstenhalter liegt, muß hell aufleuchten. Ein Stück Eisen muß von den Magnetpolen heftig angezogen werden.
8. Ist alles in Ordnung, so kann der Motor in Betrieb genommen werden. Dabei können sich dann noch die obengenannten Unregelmäßigkeiten zeigen.

Wechselstromgeneratoren (Synchrone Generatoren).

1. Außenpolmaschine. Der Ständer (Stator) enthält die Magnetpole mit Wicklungen, die mit Gleichstrom gespeist werden. In den Wicklungen des Läufers (Rotor) wird Wechselstrom erzeugt. Dieser wird über zwei Schleifringe am Läufer abgenommen. Außenpolmaschinen werden nur für kleine Leistungen und niedrige Spannungen gebaut.
2. Innenpolmaschine. Der Läufer enthält die Magnetpole mit Wicklungen, die mit Gleichstrom gespeist werden. In den Wicklungen des Ständers (feststehender Anker) wird Wechselstrom erzeugt. Der für die Erzeugung des Magnetfeldes notwendige Gleichstrom wird über zwei Schleifringe dem Läufer zugeführt.

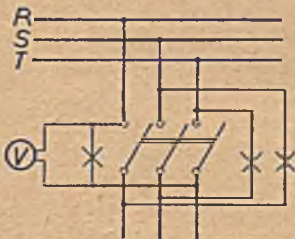


Vierpoliger Drehstromgenerator.

Parallelschaltung der Synchrongeneratoren.

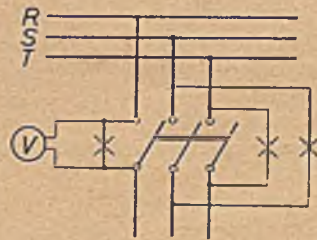
Generatoren können parallel geschaltet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Spannungsgleichheit, 2. gleiche Frequenz, 3. Phasengleichheit.



Hellschaltung.

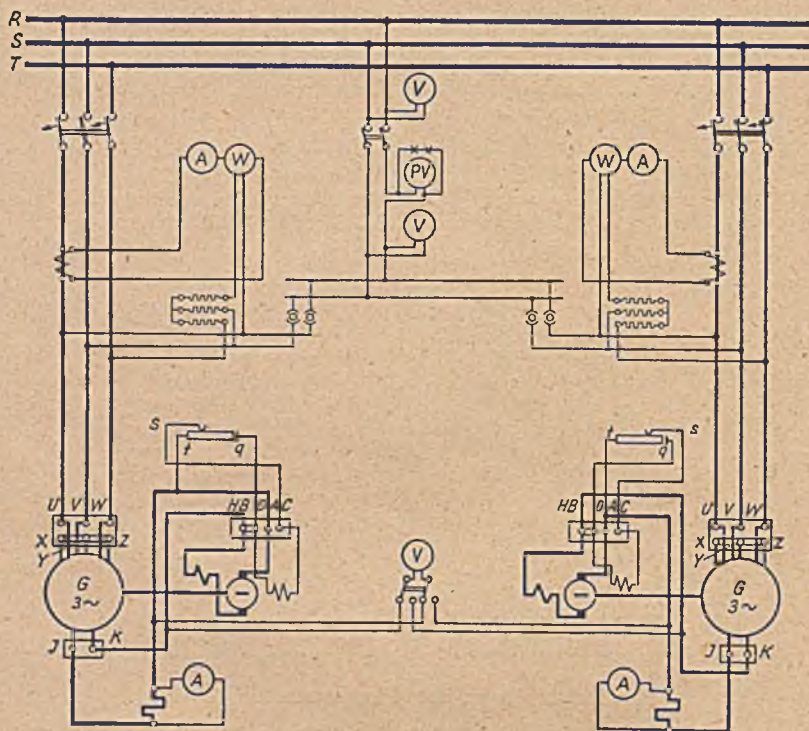
Generator kann zugeschaltet werden, wenn der Spannungsmesser den Höchstwert anzeigt und alle Lampen hell brennen.



Dunkelschaltung.

Generator kann zugeschaltet werden, wenn der Spannungsmesser auf Null steht und alle Lampen dunkel sind.

Parallelarbeitende Drehstrom-Synchrongeneratoren für Niederspannung.



Erforderlich:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 2 Synchrongeneratoren 2 Erregermaschinen 2 Nebenschlußregler 2 Spannungsmesser 1 Phasenspannungsmesser mit Phasenlampen 2 Strommesser 2 Leistungsmesser (bei ungleich belasteten Strängen sind Leistungsmesser für „beliebig belastete Stränge und ein zweiter Stromwandler erforderlich) | <ul style="list-style-type: none"> 2 Nullpunktwiderstände 2 Stromwandler 2 zweipolige Steckvorrichtungen mit 1 Stecker 1 zweipoliger Schalter, 6 A 2 dreipolige Überstromschalter 1 Spannungsmesser für die Erregung 1 Spannungsmesser-Umschalter für die Erregung 2 Strommesser für die Erregung |
|---|---|

Synchronmotoren.

a. Aufbau und Wirkung.

Jeder Synchrongenerator kann auch als Motor verwendet werden. Unterschiede in der Bauart bestehen nicht.

Der ruhenden Ständerwicklung wird Wechselstrom zugeführt, die Magnetwicklung des Läufers wird mit Gleichstrom gespeist. Das Drehmoment entsteht durch die Kraftwirkung, die stromdurchflossene Leiter auf ein magnetisches Feld ausüben.

b. Eigenschaften.

1. Die Drehzahl ist nur von der Netzfrequenz und der Polzahl des Läufers abhängig. Sie ist völlig unabhängig von der Belastung und nicht regelbar.
2. Der Synchronmotor verträgt sehr große Überbelastungen; er fällt jedoch bei zu starker Überbelastung „aus dem Tritt“ und bleibt stehen.
3. Die Inbetriebsetzung ist schwierig.

Anlassen von der Wechselstromseite: Der Motor läuft nicht von selbst an, er muß durch einen Anwurfmotor auf Synchronismus gebracht werden.

Anlassen von der Gleichstromseite: Ist möglich, wenn der Motor im Betrieb einen Gleichstromgenerator antreibt, der seinerseits auf eine Sammlerbatterie arbeitet.

Synchronmotore für Mehrphasenstrom kann man ohne Belastung und unter Anwendung sehr starker Ströme anlassen, wenn man sie bei sehr schwacher Erregung auf das Netz schaltet. (Achtung, lebensgefährliche Spannung an der Erregung!). Motor läuft als Induktionsmotor an.

Bei kleineren Motoren kann der Selbstanlauf erzwungen werden, wenn der Motor eine zusätzliche Käfigwicklung erhält. Motor läuft als Induktionsmotor an.

4. Die Drehrichtung der Einphasensynchronmotoren ist beliebig, sie hängt von der Anwurfrichtung ab.

Die Drehrichtung der Drehstromsynchronmotoren hängt vom Drehsinn des Drehfeldes ab.

5. Anwendung der Synchronmotoren als Phasenregler.

Bei normaler Erregung ist der Motorstrom am kleinsten und $\cos \varphi = 1$.

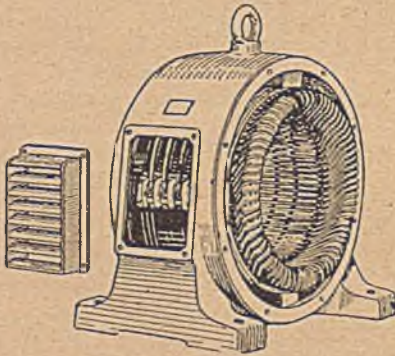
Ist der Motor untererregt, so nimmt er einen nacheilenden Strom aus dem Netz auf. Bei Übererregung nimmt er einen voreilenden Strom auf. Der Motor gibt Blindstrom an das Netz ab, hierdurch wird der Leistungsfaktor des Wechselstromnetzes verbessert.

c. Anwendung.

Kleine und kleinste Motoren werden dort benutzt, wo unbedingter synchroner Lauf zweier Wellen erforderlich ist. Motoren für große Leistungen bei Motorgeneratoren, Maschinensäge, die Strom umformen.

Drehstrom-Asynchronmotoren.

Aufbau.



Ständer

Der Ständer besitzt drei auf den Umfang gleichmäßig verteilte Wicklungen, die in einem ringförmigen Eisenblechpaket eingebettet sind. Die Wicklungen können entweder in Stern- oder in Dreieck geschaltet werden.

entweder



Schleifringläufer

Der Läufer, aus dünnen Blechen aufgebaut, trägt eine mehrphasige Wicklung, die an drei Schleifringe geführt wird. Die Wicklung ist im Betrieb kurzgeschlossen.

oder



Kurzschlußläufer.

Der Läufer, aus dünnen Blechen aufgebaut, trägt eine Wicklung aus Kupferstäben (Käfigwicklung), die durch zwei Kupferringe kurzgeschlossen sind. In neuerer Zeit stellt man den Käfig aus Aluminium her. Das Aluminium wird unter hohem Druck in das Blechpaket gespritzt

Wirkungsweise.

Im Ständer sind drei um 120 elektrische Grade versetzte Wicklungen untergebracht. Führt man diesen Wicklungen Drehstrom zu, so setzen sich die Wechselfelder, die die einzelnen Strangwicklungen durchsetzen, zu einem drehenden Felde (Drehfeld) von gleichbleibender Größe zusammen. Das Drehfeld dreht sich synchron.

$$\left(n = \frac{f \cdot 60}{p} \right)$$

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

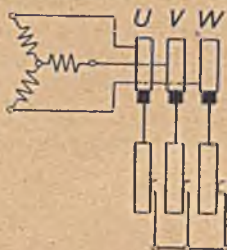
Bringt man in dieses Drehfeld einen Läufer, der eine gleichmäßig verteilte, kurzgeschlossene Wicklung trägt, so werden in dieser starke Ströme erzeugt (induziert, Induktionsmotor). Diese Ströme bilden gemeinsam mit dem sie erzeugenden Drehfeld ein Drehmoment. Dieses nimmt den Läufer in Richtung des Drehfeldes mit. Der Läufer beschleunigt sich und versucht, die synchrone Drehzahl des Drehfeldes zu erreichen. Der Läufer muß aber immer mit seiner Drehzahl hinter der des Drehfeldes zurückbleiben (asynchron laufen, schlüpfen), da bei einer synchronen Drehzahl des Läufers kein Schneiden der Leiter durch das Drehfeld stattfinden würde.

A. Der Drehstrommotor mit Schleifringläufer.

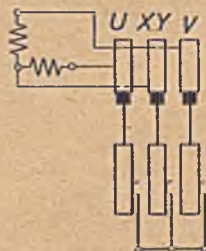
Der Schleifringmotor wird in steigendem Maße von dem Motor mit Kurzschlußläufer verdrängt. Für einige Arbeitsgebiete ist er aber auch heute noch unentbehrlich. Schleifringmotoren werden für Nennspannungen bis 15 000 V und für Leistungen bis einige 1000 kW gebaut.

a. Anlassen des Schleifringläufermotors.

Der Anlasser wird an die Schleifringe des Läufers angeschlossen.



Läufer dreiphasig.



Läufer zweiphasig.

Die Wicklung des Läufers wird über die Anlasserkurbel, die alle drei Widerstände verbindet, geschlossen. Beim Anlassen ist zunächst der gesamte Widerstand des Anlassers der Läuferwicklung vorgeschaltet. In der Endstellung (Anlasser ist ganz eingeschaltet) ist der Widerstand wirkungslos, d. h. die Läuferwicklung ist kurzgeschlossen.

Größere Motoren, die für Dauerbetrieb (DB) eingerichtet sind, besitzen eine Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung. Nach dem Anlassen werden mit dieser zunächst die Schleifringe kurzgeschlossen und anschließend die Bürsten abgehoben. Vorteile: Bürsten und Schleifringe werden geschont, Reibungsverluste werden kleiner, Leitungen zwischen Anlasser und Motor sind stromlos, weniger Störungsquellen.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

Merkregeln für das Anlassen und Stillsetzen der Motoren.

Anlassen:

- 1) Den Hauptschalter einschalten,
- 2) Die Anlaßkurbel langsam bis in die Endstellung drehen,
- 3) Mit Hilfe der Kurzschluß- und Bürstenhebevorrichtung die Bürsten abheben.

Stillsetzen:

- 1) Den Hauptschalter ausschalten,
- 2) Die Anlasserkurbel in die Ausschaltstellung drehen,
- 3) Mit Hilfe der Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung die Bürsten auflegen.

b. L ä u f e r s p a n n u n g .

Die Läuferspannung wird bei stillstehendem Läufer gemessen. Hierzu müssen die Bürsten bei angeschlossenem Anlasser von den Schleifringen abgehoben werden. Ein Spannungsmesser wird nacheinander zwischen die Schleifringe $u-v$, $u-w$ und $v-w$ gelegt (Skizze siehe S. 127). Ist der Läufer dreiphasig gewickelt, so erhält man drei gleiche Zeigerausschläge. Bei einer Zweiphasenwicklung erhält man ungleiche Zeigerausschläge (V_2). Die Läuferspannung wird zwischen $u-v$ gemessen (Skizze siehe S. 127).

c. L ä u f e r s t r o m s t ä r k e .

Bei einem Drehstrom-Läufer ist:

$$I = 700 \cdot \frac{N_{kw}}{U} \quad \text{in A}$$

Merke: I = Läuferstromstärke, U = Läuferspannung in V.

Beispiel: Ein Drehstromschleifringläufer leistet 20 kW. Die Läuferspannung wird zu 220 V gemessen. Wie groß ist die Läuferstromstärke?

$$I = 700 \cdot \frac{20}{220} = 63,6 \text{ A.}$$

d. D r e h z a h l r e g e l u n g .

Regelung im Leerlauf unmöglich, bei Belastung max 1:3.

1. Regelanlasser.

Die Drehzahl eines asynchronen Schleifringläufermotors kann durch einen besonders gebauten Läuferanlasser (Regelanlasser) verändert werden. Dieses Verfahren ist unwirtschaftlich und wird deshalb nur für vorübergehende Regelung benutzt. Nachteile: Eine Regelung der Drehzahl ist nur möglich, wenn der Motor belastet ist. Bei jeder Belastungsänderung muß die Drehzahl neu eingestellt werden. Der Motor verliert sein Nebenschlußverhalten, d. h. seine Drehzahl ist stark lastabhängig. Große Energieverluste durch die Widerstände des Anlassers.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

2. Polumschalter.

Der Ständer erhält entweder mehrere Wicklungen verschiedener Polzahl, die nach Bedarf mit einem besonderen Walzenschalter (Polumschalter) eingeschaltet werden können, oder die Ständerspulen lassen sich zu verschiedenpoligen Wicklungen zusammenschalten. Bei Schleifringläufern muß die Ständer- und Läuferwicklung umgeschaltet werden. Nachteile: Es sind nur wenige Drehzahlstufen möglich (2 Pole = 3000 U/min, 4 Pole = 1500 U/min usw.). Der polumschaltbare Motor ist ein Spezialmotor, daher teuer. Er kann nur für eine Spannung gebaut werden, Sterndreieckschaltung ist nicht möglich.

3. Kaskadenschaltung.

Zwei Schleifringmotoren (Vorder- und Hintermotor), die verschiedene Polzahlen haben können, sind starr gekuppelt. Die Ständerwicklung des Vordermotors liegt am Netz. Seine Läuferwicklung ist auf den Ständer oder Läufer des Hintermotors geschaltet. Der Läufer des Hintermotors erhält einen Anlasser.

Läßt man den Vordermotor 50 v. H. schlüpfen (bremsen), so wird die auf den Läufer übertragene Leistung zerlegt, und zwar wird die eine Hälfte in mechanische und die andere in elektrische überetzt. Die elektrische Leistung wird dem Hintermotor zugeführt, dieser wird dann ebenfalls mit halber Drehzahl laufen (gleiche Polzahl beider Motoren vorausgesetzt), da seine Frequenz den Schlupf des Vordermotors entsprechend gleich der halben Netzfrequenz ist.

Allgemein errechnet sich die Drehzahl zu:

$$n = \frac{60 \cdot f}{P_V + P_H} \text{ in U/min}$$

Merke: P_V Anzahl der Polpaare des Vordermotors
 P_H „ „ „ „ „ „ Hintermotors.

4. Periodenumformer.

Der Motor wird über einen Periodenumformer gespeist. Durch Veränderung der Periodenzahl ist eine weitgehende stufenlose Regelung möglich.

e. Änderung der Drehrichtung.

Drehrichtungswechsel erfolgt durch Vertauschen zweier Neganschlüsse.

f. Elektrisches Bremsen.

1. Gegenstrombremsung,
2. Gleichstrombremsung,
3. Sonderbremsverfahren

(durch Patente verschiedener Kranfirmen geschützt).

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

g. Eigenschaften und Anwendung.

Der Anlaufstrom ist von der Größe des Läuferwiderstandes abhängig. Beim Kippmoment beträgt er das rund 3,5fache des Nennstromes.

Anlaufmoment: rund 2- bis 3faches Nennmoment.

Der Schleifringmotor wird überall da benutzt, wo bei Vollastbetrieb ein möglichst kleiner Anlaufstrom gefordert wird.

Schwere Pressen, Scheren und Kranen können mit ihm sehr sanft angelassen werden. Ferner kann man durch Erhöhung des Schlupfes (10—15 v. H.) erreichen, daß bei zunehmender Belastung die Schwungmassen der Arbeitsmaschinen (schwere Pressen, Scheren) ebenfalls Arbeit verrichten.

Der Schleifringmotor ist dem Motor mit Kurzschlußläufer dort überlegen, wo hohe Schalthäufigkeit bedingt durch betriebsmäßiges Umkehren der Drehrichtung verlangt wird.

B. Motor mit Kurzschlußläufer.

Der Motor mit Kurzschlußläufer ist der billigste, einfachste und damit betriebssicherste Motor.

a. Läuferformen.

1. Einstabläufer.

α. Rundstabläufer.

Sie werden nur noch für Leistungen bis 10 kW gebaut, da bei größeren Leistungen das Anlaufmoment sehr klein und die Stromaufnahme sehr hoch ist. Der Anlaufstrom beträgt bei direktem Einschalten das 6—7fache des Nennstromes. Beim Anlassen mit dem Stern dreieckschalter gehen die Werte auf etwa ein Drittel zurück. Rundstabläufer eignen sich nur für Leer- und Leichtanlauf.



β. Tiefnutläufer.

Die dem Rundstabläufer anhaftenden Mängel (kleines Anlaufmoment bei großer Stromaufnahme) versucht man durch verschiedene Nut- und damit Stabformen zu beheben. Die Industrie bringt derartige Motoren unter den verschiedensten Namen in den Handel, z. B.: Wirbelstrom-, Stromdämpfungs-, Hochstab-, Stromverdrängungs- oder Strombegrenzungsläufer.



Beim Tiefnutläufer (offene Bauart) erhält man bei direktem Einschalten ungefähr folgende Verhältnisse:

Bis 20 kW: Anlaufmoment 2,4—1,8fach; Anlaufstrom 5,5—4,6fach.

20 bis 1000 kW: Anlaufmoment 1,7—1,2fach; Anlaufstrom 6,5—4,2fach.

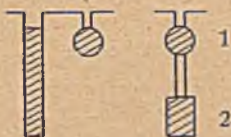
Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

Wirkungsweise.

Im Moment des Einschaltens fließt der Strom nur im oberen Teil des Stabquerschnittes, weil die tiefer im Eisen liegenden Teile durch das dort stärkere Feld und die hohe Frequenz einen höheren induktiven Widerstand aufweisen. Während des Anlaufens wird also der Strom aus einem größeren Teil des Stabquerschnittes verdrängt (Stromverdrängungsmotor). Diese scheinbare Erhöhung des Widerstandes der Läuferwicklung hat ein größeres Anlaufmoment bei gleichzeitiger Verringerung des Anlaufstromes zur Folge.

Mit zunehmender Drehzahl sinkt die Läuferfrequenz, wodurch der induktive Widerstand kleiner wird, so daß sich allmählich der Strom über den ganzen Querschnitt verteilt.

2. Doppelstabläufer (Doppelnutläufer).



Beim Doppelstabläufer ist der Stab in zwei Stäbe aufgeteilt. Hierbei wird durch den hohen induktiven Widerstand der unteren Stäbe das Anlaufmoment noch größer und der Anlaufstrom noch kleiner als beim Tiefnutläufer, Stab 1 hat einen hohen Ohmschen und geringen induktiven Widerstand. Stab 2 hat geringen Ohmschen und hohen induktiven Widerstand.

Beim Doppelnutläufer (offene Bauart) erhält man bei direktem Einschalten ungefähr folgende Verhältnisse:

Bis 100 kW: Anlaufmoment 3—2fach; Anlaufstrom 5,7—4,8fach.

Bis 1000 kW: Anlaufmoment 2,7—1,8fach; Anlaufstrom 7,2—4,5fach.

3. Sonderläufer.



Dreinutläufer.

Sie werden nur für direktes Einschalten gebaut. Da für den Anschluß dieser Motoren Sonder-Anschlußbedingungen erforderlich sind, die der Industrie genehmigt werden, nennt man diese Motoren auch Industrienmotoren.

Beim Dreinutläufer (offene Bauart) erhält man bei direktem Einschalten ungefähr folgende Verhältnisse:

Bis 100 kW: Anlaufmoment 2fach; Anlaufstrom 3,3—3fach.

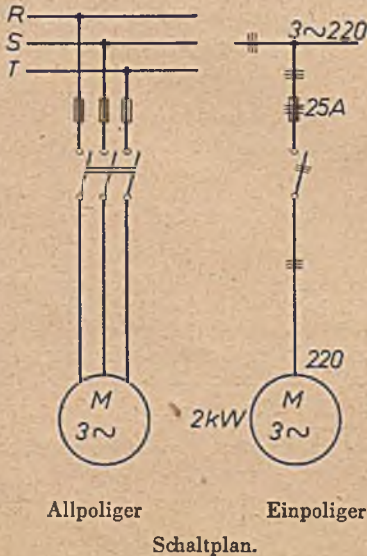
Bis 1000 kW: Anlaufmoment 1—0,8fach; Anlaufstrom 4—2,7fach.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

4. Doppelkurzschlußmotor.

Die Nachteile des Stern dreieckschalters (siehe dort) vermeidet ebenfalls der Doppelkurzschlußmotor. Er besteht aus der Vereinigung zweier Motoren, die getrennte Ständer haben, deren Läufer aber gemeinsame Stäbe besitzen. Die inneren Kurzschlußbringe bestehen aus einer Widerstandslegierung und stellen den Anlaufwiderstand dar. Beim Anlauf sind beide Ständer so geschaltet, daß in den Hälften jedes Läuferstabes Spannungen induziert werden, die entgegengesetzt gerichtet sind. Die Läuferströme fließen über die Widerstandsringe, hierdurch läuft der Motor mit gutem Drehmoment an. Im Betrieb werden die Ständer so umgeschaltet, daß die induzierten Spannungen in den einzelnen Läuferstäben gleiche Richtung haben. Die Folge davon ist, daß die Widerstandsringe an Punkten gleicher Spannung liegen und somit stromlos sind.

a. Anlaßarten bei Kurzschlußläufermotoren.



1. Direktes Einschalten.

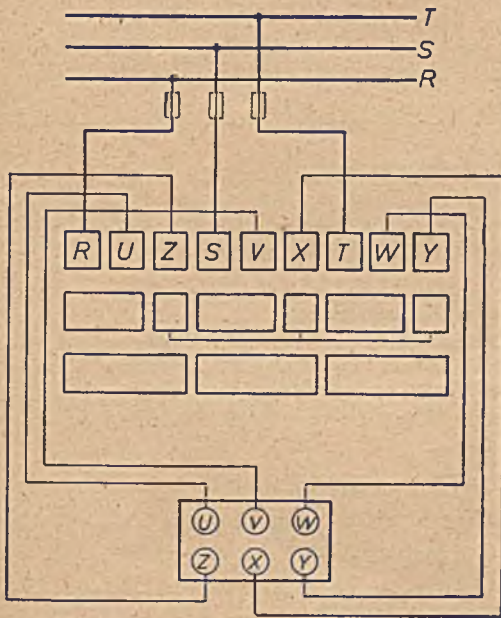
Bis zu einer Nennleistung von 2,5 kW (Vorschriften der Elektrizitätswerke beachten) können Kurzschlußläufermotoren direkt mit einem Hebel- oder Walzenschalter eingeschaltet werden. Beim Einschalten nimmt der Motor den 6- bis 8-fachen Nennstrom auf. Flinke Sicherungen sind deshalb für den 2,5fachen Nennstrom zu bemessen. Verwendet man träge Sicherungen, so genügen Sicherungen für die Nennstromstärke.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

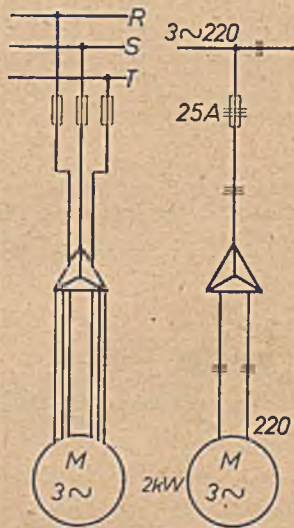
2. Sterndreieckschalter.

Schaltet man einen Motor, der normaler Weise in Dreieckschaltung läuft, zunächst in Stern, so erhält die Ständerwicklung nur die $1:1,73 = 0,58$ fache Nennspannung. Die Folge hiervon ist, daß die Einschaltstromstärke nur noch ein Drittel (1,5- bis 2fache Nennstromstärke) so groß ist wie bei der Dreieckschaltung. Hat der Motor seine volle Drehzahl erreicht, so kann die Ständerwicklung in Dreieck geschaltet werden.

Nachteil: Bei kleinerer Stromstärke wird auch das Drehmoment geringer, so daß ein Motor mit Sterndreieckschalter nur unbelastet oder mit geringer Last anlaufen kann.



Sterndreieckschalter

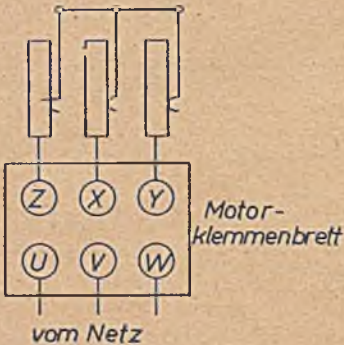


Allpoliger Einpoliger
Schaltplan.

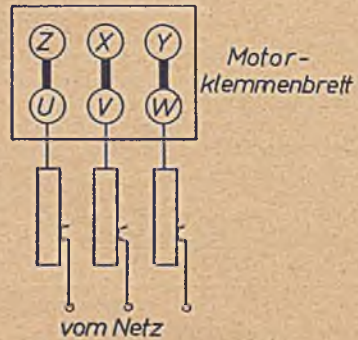
3. Ständeranlasser.

Der Ständeranlasser besteht aus drei Widerständen, die in Reihe mit den Wicklungssträngen geschaltet werden. Der Stromstoß beim Anlassen ist kleiner als der beim Sterndreieckschalter. Nachteil: Sehr kleines Drehmoment, der Motor kann nur unbelastet anlaufen.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)



Ständeranlasser (Sternschaltung)



Ständeranlasser (Dreieckschaltung)

4. Anlaufumspanner.

Bei großen Motorleistungen wird vor die Ständerwicklung ein Anlaufumspanner geschaltet. Dieser vermindert die Netzspannung auf den dritten Teil. Der Motor läuft infolgedessen mit kleiner Spannung an. Nach Erreichung der vollen Drehzahl wird der Umspanner abgeschaltet.

5. Fliehkraftriemenscheibe.

Um die Anlaufzeit für größere Kurzschlußmotoren, die unter Vollast anlaufen, zu verkürzen, werden diese mit einem besonderen Schaltgerät angelassen. Zunächst läuft der Motor leer an. Hat der Motor seine Nenndrehzahl erreicht, so schaltet die Fliehkraftriemenscheibe die anzutreibende Arbeitsmaschine elastisch und gleichmäßig ein.

b. Änderung der Drehzahl.

Eine Regelung der Drehzahl des Kurzschlußläufers ist nicht möglich, sie ist abhängig von der Frequenz und der Polzahl $\left(n = \frac{f \cdot 60}{p} \right)$. Lediglich durch Verwendung polumschaltbarer Motoren ist eine Einstellung auf verschiedene Drehzahlstufen möglich. (Siehe auch S. 129).

c. Änderung der Drehrichtung.

Drehrichtungswechsel erfolgt durch Vertauschen zweier Netzanschlüsse.

d. Elektrisches Bremsen.

1. Generatorisches Bremsen.
2. Gegenstrombremsung.
3. Gleichstrombremsung.

Drehstrom-Asynchronmotoren. (Fortsetzung)

- Zu 1: Wird der Asynchronmotor (Ständer muß am Netz liegen) übersynchron angetrieben, so gibt er Leistung an das Netz ab. Die übersynchrone Bremsung ist nur dort anzuwenden, wo das Triebwerk des Antriebes von der Last durchgezogen wird (Kranen).
- Zu 2: Mit Hilfe eines Drehrichtungsschalters wird auf entgegengesetzte Drehrichtung geschaltet. Wenn die Drehzahl auf Null gesunken ist, so wird auf mechanischem oder magnetischem Wege abgeschaltet.
- Zu 3: Der Motor wird vom Netz geschaltet und an zwei Klemmen der Ankerwicklung wird Gleichstrom gelegt. Es ist je nach dem geforderten Bremsmoment eine Gleichspannung von 10—30 V erforderlich.

e. Betriebsverhalten.

Der Kurzschlußläufer zeigt bei Belastung Nebenschlußverhalten, d. h. er ändert bei Belastung seine Drehzahl nur wenig.

Er kann nicht beliebig oft hintereinander eingeschaltet werden, da durch große Läufer- und Ständerverluste eine starke Übererwärmung eintritt. Man frage deshalb vorher bei der Lieferfirma an, wie oft der Motor in einer Stunde eingeschaltet werden kann.

Einphasen-Induktionsmotor.

a. Aufbau.

Der Einphasen-Induktionsmotor ist genau so aufgebaut wie ein Drehstrommotor, der Ständer trägt jedoch nur eine Wicklung. Der Läufer kann als Schleifring- oder Kurzschlußläufer ausgebildet sein. Der Einphasen-Induktionsmotor wird für Leistungen bis 2 kW ausgeführt.

b. Anlauf.

Der Motor kann nicht von selbst anlaufen, da er kein Drehfeld, sondern ein Feld, das zeitlich zwischen den Polen pulsiert, erzeugt.

c. Hilfsmittel zum Anlauf.

1. Anwurf von Hand.

Der Motor wird von Hand angeworfen und läuft dann mit eigener Kraft weiter.

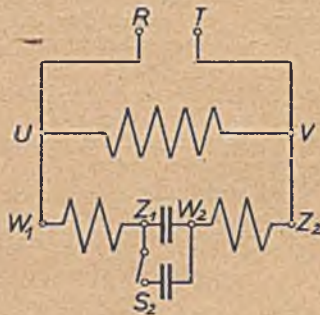
2. Hilfswicklung mit Drosselspule.

Der induktive Widerstand der Drosselspule hat eine Phasenverschiebung des Anlaufstromes gegenüber der Hauptphase zur Folge. Das entstehende Drehfeld nimmt den Läufer mit. Nach dem Anlauf wird die Hilfswicklung abgeschaltet.

Einphasen-Induktionsmotor. (Fortsetzung)

3. Hilfswicklung mit Kondensator.

Die Ströme (ebenfalls die magnetischen Felder) in der Haupt- und Hilfswicklung werden durch den Kondensator gegeneinander phasenverschoben. Hierdurch entsteht ein Drehfeld, das den Läufer mitnimmt. Mit Hilfe eines Fliehkraftschalters kann der Kondensator nach erfolgtem Anlauf ganz oder teilweise abgeschaltet werden. Wird der Kondensator nicht abgeschaltet, so verbessert er den Leistungsfaktor des Motors.



Kondensatormotor mit Betriebs- und Anlaufkondensator.

Der Motor ist stets gut zu erden, da an einzelnen Klemmen Spannungen auftreten, die höher als die Netzspannung sind.

d. Anlassen.

Motoren werden heute nur noch für Leistungen bis 2 kW gebaut, diese werden direkt eingeschaltet.

e. Änderung der Drehzahl.

Die Drehzahl kann nur durch Änderung der Polzahl oder der Frequenz geändert werden.

f. Änderung der Drehrichtung.

Durch Vertauschen der Klemmen der Haupt- oder Hilfswicklung.

Beim Anwurf von Hand ist die Drehrichtung durch die Anwurfrichtung gegeben.

Einphasen-Induktionsmotor. (Fortsetzung)

g. Betriebsverhalten.

Der Motor zeigt im Betrieb Nebenschlußverhalten, d. h. bei Belastung ändert sich die Drehzahl nur wenig. Er kann nicht unter Last anlaufen und ist gegen Überlastung sehr empfindlich.

Anlaufmoment beim Kondensatormotor mit Kurzschlußläufer: 0,25- bis 2,5fach, je nach Auslegung des Kondensators. Anlaufstrom: 3,5- bis 5fach.

h. Anwendung.

Nur der Kondensatormotor spielt noch eine Rolle, dieser wird in landwirtschaftlichen Betrieben viel angewendet.

Der Drehstrommotor am einphasigen Netz.

Jeder Drehstrommotor kann einphasig angeschlossen werden, wenn man einen Kondensator bei Sternschaltung parallel, bei Dreieckschaltung in Reihe zum dritten Strang der Ständerwicklung legt. Der Kondensator darf niemals mit zwei Klemmen verbunden werden, die unmittelbar mit dem Neg Verbindung haben. Bei richtiger Wahl des Kondensators beträgt die Leistung des Drehstrommotors 80—90 v. H. von seiner Nennleistung.

Kollektormotoren für Wechselstrom.

A. Universalmotoren.

a. Aufbau und Betriebseigenschaften.

Universalmotoren haben im Aufbau große Ähnlichkeit mit dem Gleichstrom-Reihenschlußmotor. Sie zeigen auch ein ähnliches Betriebsverhalten, d. h. bei Entlastung steigt die Drehzahl stark an (Gefahr!).

Das Anzugsmoment ist bei direktem Einschalten gleich dem 2—3fachen Nenndrehmoment. Der Anlaufstrom ist ungefähr 3—4mal so groß wie der Nennstrom. Universalmotoren werden normal für Leistungen bis 500 W und für Nennspannungen bis 220 V gebaut.

b. Änderung der Drehzahl.

Die Drehzahl ist unabhängig von der Frequenz. Die Nenndrehzahlen sind normalerweise sehr hoch (über 3000 U/min). Durch Vorschalten von Widerständen (Verluste!) läßt sich die Drehzahl bis auf zwei Drittel ihres Nennwertes regeln.

c. Änderung der Drehrichtung.

Der Universalmotor wird für eine bestimmte Drehrichtung gebaut. Normalerweise ist eine nachträgliche Änderung der Drehrichtung nicht möglich.

d. Anwendung.

Universalmotoren benutzt man zum Antrieb von Haushaltmaschinen, Staubsaugern, Ventilatoren und Handwerkszeugen. Sonst überall dort, wo bei kleiner Leistung hohe Drehzahlen gefordert werden.

Kollektormotoren für Wechselstrom. (Fortsetzung)

B. Einphasenreihenschlußmotor.

a. Aufbau.

Der Ständer besitzt im Gegensatz zum Universalmotor keine ausgeprägten Pole, sondern eine verteilte Wicklung, die der eines Einphasen-Asynchronmotors ähnlich ist. Der Läufer, der große Ähnlichkeit mit einem Gleichstrommotor hat, wird über Stromwender und Bürsten mit dem Ständer in Reihe geschaltet.

b. Betriebsverhalten.

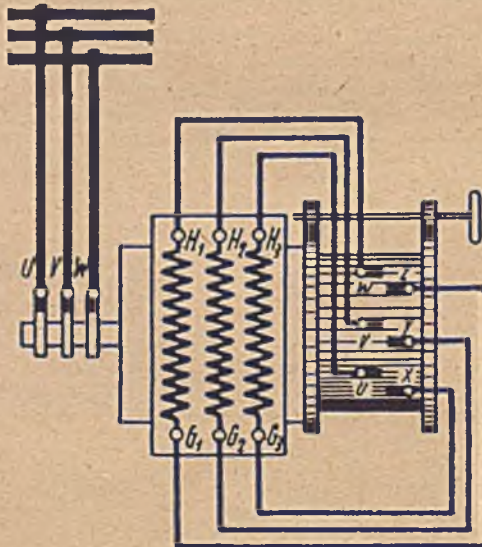
Der Motor zeigt Reihenschlußverhalten, d. h. die Drehzahl steigt mit abnehmender und fällt mit zunehmender Belastung. Er entwickelt ein großes Drehmoment und kann deshalb für schwere Antriebe benützt werden (Bahn-Motoren).

C. Deri-Motor.

Der Deri-Motor ist ein Einphasenmotor und zeigt Reihenschlußverhalten. Es wird nur die Ständerwicklung ans Netz gelegt, der Läufer, der einem Gleichstromanker ähnlich sieht, hat keine Verbindung mit dem Netz. Das Anlassen, die Drehzahlregelung und das Bremsen geschieht lediglich durch Verschiebung der Bürsten, die miteinander verbunden sind und auf dem Stromwender schleifen. Die meisten Umschlagkräne in Hafenanlagen besitzen Deri-Motoren.

Drehstrom-Kommutatormaschinen.

A. Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Läuferföpfung.



Drehstrom-Kommutatormaschinen. (Fortsetzung)

a. Aufbau.

Der Läufer besitzt zwei Wicklungen, eine führt wie beim Schleifringmotor zu Schleifringen, die andere ist mit einem Stromwender verbunden. Mittels zweier durch Handrad gegenläufig verschiebbarer Bürstensäge werden am Stromwender Spannungen abgenommen, die dem Ständer zugeführt werden. Die Netzspannung wird dem Läufer über die Schleifringe zugeführt.

Der Motor wird für Leistungen bis 250 kW gebaut.

b. Anlassen.

Kleinere Motoren können bei jeder beliebigen Stellung der Bürstenbrücke direkt eingeschaltet werden. Motoren mittlerer Größe können ebenfalls direkt eingeschaltet werden, wenn die Bürstenbrücke die Stellung einnimmt, die der untersten Drehzahl entspricht.

Größere Motoren werden mit einem Widerstand angelassen, dieser liegt zwischen Stromwender und Ständer. Der Widerstand kann auch zum Regeln benutzt werden.

c. Betriebsverhalten.

Der Motor zeigt Nebenschlußverhalten. Zwischen Leerlauf und Vollast ändert sich die Drehzahl nur wenig, dagegen ist die Drehzahl verhältnismäßig der Frequenz.

Die Größe des Anlaufmomentes und des Anlaufstromes ist von der Stellung der Bürsten abhängig.

Bei kleineren Motoren, die direkt eingeschaltet werden, erhält man ein 2—3faches Anlaufmoment.

Anlaufstrom: ungefähr 4fach, wenn ein Regelbereich von 1:3 vorgesehen ist und die Bürsten in der Stellung der kleinsten Drehzahl stehen. (Bei größerem Regelbereich wird der Strom kleiner.)

d. Änderung der Drehzahl.

Durch Verschiebung beider Bürstensäge gegeneinander mittels Handrad. Die Regelung erfolgt verlustlos. Üblich ist ein Regelbereich von 1:3 bei gleichbleibendem Moment.

e. Änderung der Drehrichtung.

Die Änderung der Drehrichtung erfolgt durch Vertauschen zweier Netzanschlüsse.

f. Elektrisches Bremsen.

Generatorisch: Durch Verschiebung der Bürsten in Stellung mit kleinster Drehzahl, darüber hinaus durch Gegenstrom.

g. Anwendung.

Der Motor wird überall dort benutzt, wo die Drehzahl von Arbeitsmaschinen betriebsmäßig geregelt werden muß (z. B. Bandantriebe, Druckereimaschinen, Papiermaschinen, Drehöfen, Werkzeugmaschinen).

Drehstrom-Kommutatormaschinen. (Fortsetzung)

B. Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Ständerspeisung.

Der Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Ständerspeisung ist mit einem Drehumspanner ausgerüstet. Von diesem kann eine in der Phasenlage veränderliche Zusatzspannung abgegriffen werden, die mit einer in Reihe geschalteten, richtungsfesten Zusatzspannung dem Läufer zugeführt wird. Der Läufer, der genau so aufgebaut ist wie ein Gleichstromanker, ist mit einem Bürstensatz versehen, der mit dem Drehumspanner gekuppelt ist und infolgedessen nur mit diesem verstellt werden kann. Der Ständer liegt direkt am Netz. Er besitzt eine Hauptwicklung und eine Zusatzwicklung, diese erzeugt die obengenannte richtungsfeste Zusatzspannung. Die dem Läufer zugeführte Spannung setzt sich demnach aus zwei Spannungen zusammen, deren Phasenlage gegeneinander verschoben werden kann. Der Läufer des Drehumspanners liegt ebenfalls am Netz. Man kann dem Drehumspanner veränderliche Spannungen entnehmen, die dem Läufer des Motors zugeführt werden. Hierdurch ist eine Drehzahlregulierung in weitesten Grenzen möglich.

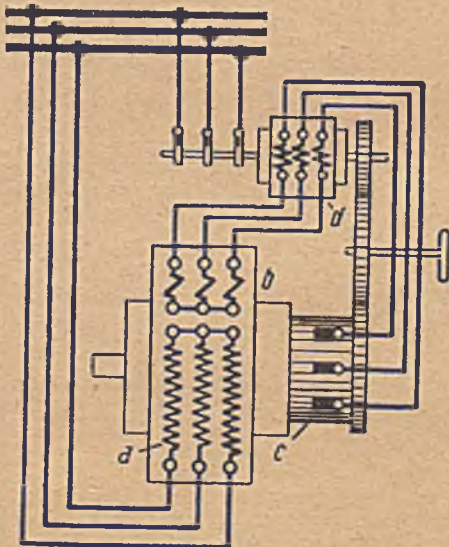
Wird dem Läufer des Motors keine Spannung zugeführt, so läuft er fast synchron. Führt man ihm Spannung zu, so läuft er übersynchron. Ist die zugeführte Spannung der im Anker induzierten Spannung entgegengerichtet, so läuft der Motor unter-synchron.

Normalerweise ist eine Drehzahlregelung von 1:3 möglich.

Anlaufmoment: Je nach Stellung der Bürsten bis 3fach.

Anlaufstrom: Je nach Stellung der Bürsten bis 4fach.

Änderung der Drehrichtung, elektr. Bremsen und Anwendung siehe läufergespeister Drehstrom-Nebenschlußmotor.

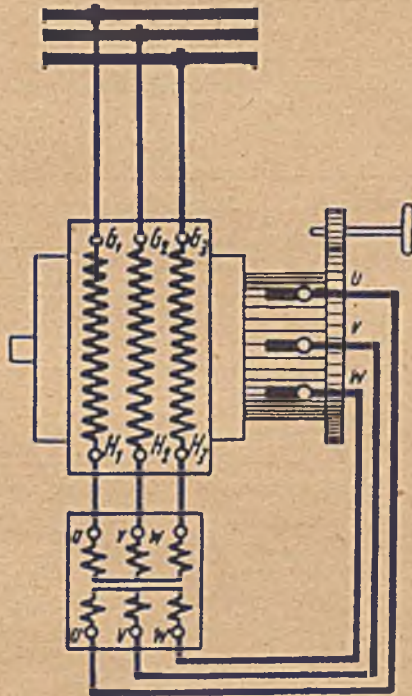


Drehstrom-Kommutatormaschinen. (Fortsetzung)

C. Drehstrom-Reihenschlußmotor.

a. Aufbau.

Der Läufer hat große Ähnlichkeit mit einem Gleichstromanker. Der Ständer besitzt eine normale Drehstromwicklung. Die offenen Enden der Wicklung werden über einen Umspanner an die Bürsten des Stromwenders gelegt. Ständer und Läufer sind in Reihe geschaltet. Der Ständer wird mit dem Netz verbunden. Häufig wird die Ständerwicklung für Hochspannungen ausgelegt, so daß die Motoren bis 6000 V direkt ans Netz gelegt werden können.



b. Anlassen.

Das Anlassen des Motors erfolgt durch Verschiebung der Bürsten aus der Nullstellung.

Drehstrom-Kommutatormaschinen. (Fortsetzung)

c. Änderung der Drehrichtung.

In einer bestimmten Bürstenstellung (Null- oder Anfahrtstellung) ist das Drehmoment Null, d. h. der Motor läuft nicht an. Durch Verdrehen der Bürsten nach rechts oder links erreicht man Rechts- oder Linkslauf.

d. Änderung der Drehzahl.

Die Änderung der Drehzahl erfolgt verlustlos durch Verschiebung des Bürstensaßes mittels Handrad. Normalerweise kann man die Drehzahl bei gleichbleibendem Drehmoment im Verhältnis 1:2,2 regeln. (110 v. H. bis 50 v. H. der synchronen Drehzahl).

e. Betriebsverhalten.

Der Motor zeigt Reihenschlußverhalten, d. h. die Drehzahl ist sehr stark lastabhängig. Durch richtige Wahl des Umspanners läßt sich die Leerlaufdrehzahl so begrenzen, daß der Motor nicht durchgeht.

f. Anwendung.

Der Motor wird überall dort benutzt, wo eine weitgehende betriebsmäßige Drehzahländerung, ein hohes Anlaufmoment, sanftes Anlassen und sinkende Drehzahl bei zunehmender Belastung erwünscht sind. (Pumpen, Pressen, Hubwerke, Schiebebühnen).

Störungen an Drehstrommotoren und ihre Beseitigung.

Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Der Motor läuft nicht an.	Sicherungen sind durchgebrannt.	Neue Sicherungen einschrauben.
	Motorschutzschalter hat angesprochen.	Prüfen, ob der Motorschutzschalter richtig eingestellt ist. Gegebenenfalls richtig einstellen.
	Der Läuferstromkreis ist unterbrochen.	Mit der Prüflampe oder einem Spannungsmesser feststellen, ob die volle Spannung am Motorklemmbrett und am Schalter vorhanden ist. Wenn nicht, Leitungen zwischen Motor und Anlasser prüfen, Anlasser prüfen, auf die Bürstenfedern achten und nötigenfalls nachspannen. Wird kein Fehler gefunden, so ist der Spannungsabfall der Leitung zu prüfen. Ist dieser vorchriftsmäßig, so ist das E-Werk zu verständigen.
	Der Ständerstromkreis ist unterbrochen.	Sämtliche Zuleitungen und Schaltverbindungen am Klemmbrett lösen, die einzelnen Wicklungsstränge mit dem Galvanoskop prüfen. Wenn eine Unterbrechung vorhanden, so ist Instandsetzung nötig.

Störungen an Drehstrommotoren und ihre Beseitigung.

Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Motor läuft erst an, nachdem der Anlasser zum Teil eingeschaltet ist. An dieser Stelle ist auch der Anlasserkontakt verschmort.	An der Schmorstelle ist der Anlasser unterbrochen.	Mit der Prüflampe feststellen, ob der Widerstand des Anlassers unterbrochen ist. Unterbrechung überbrücken oder Anlasser austauschen.
Der Motor läuft sehr schwer an. Die Drehzahl sinkt bei Belastung stark ab.	Ein Wicklungsstrang des Läuferstromkreises hat Unterbrechung.	Mit der Prüflampe feststellen, ob alle Schleifringe Spannung führen. Gegebenenfalls Bürsten nachspannen, Leitungen zwischen Anlasser und Klemmbrett prüfen. Anlasser auf Unterbrechung prüfen, nötigenfalls Unterbrechung beseitigen oder Anlasser austauschen.
Starkes Brummgeräusch beim Einschalten, schwerer Anlauf. Der Motor wird übermäßig warm.	Kugellagerbruch, Gleitlager sind ausgelaufen. Der Läufer streift den Ständer.	Kugel- oder Gleitlager prüfen. Wellenspiel prüfen. Gegebenenfalls Lagerschalen oder Kugellager austauschen.
Beim Einschalten spricht der Motorschutzschalter sofort an oder die Sicherungen brennen durch.	Die Leitungen vom Schalter zum Ständer haben untereinander Schluß.	Leitungen vom Klemmbrett lösen und gegeneinander prüfen. Gegebenenfalls Isolationsfehler beseitigen.
	Die Leitungen vom Anlasser zum Motor haben untereinander Schluß	Zuleitungen vom Anlasser abklemmen, Bürsten abheben und Anlasser-Leitungen gegeneinander prüfen. Isolationsfehler beseitigen.
	Zwei Wicklungsstränge des Ständers haben miteinander Schluß oder Schluß mit Eisen.	Leitungen vom Klemmbrett lösen und Schaltstücke am Klemmbrett entfernen. Jeden Wicklungsstrang gegeneinander und gegen Eisen prüfen. Schluß durch Instandsetzung beseitigen lassen.
	Die Schleifringe des Läufers haben untereinander Schluß oder der Läufer hat Schluß in der Wicklung.	Bürsten abheben und den Riemen von der Scheibe abnehmen. Ständer einschalten. Motor läuft dann leer an. Motor muß in Reparatur.

Störungen an Drehstrommotoren und ihre Beseitigung.

Beobachtung	Ursache	Abhilfe
Der Motor brummt sehr stark bei großer Stromaufnahme.	Ein Wicklungsstrang der Ständerwicklung hat Windungsschluß.	Fehlerhafte Wicklung wird dort, wo sich der Windungsschluß befindet, übermäßig warm. Motor muß neu gewickelt werden.
Der Motor wird übermäßig warm, der Motorschughalter spricht an.	Überlastung.	Stromaufnahme messen. Bei zu hoher Stromaufnahme die anzutreibende Maschine prüfen. Überlastung beseitigen.
Der Asynchronmotor mit Käfigläufer läuft auf der Sternstufe des Sterndreieckschalters nicht an, wohl aber auf der Dreieckstellung.	Kontaktunterbrechung im Stern-dreieckschalter oder das Drehmoment des Motors ist bei der Sternstellung so klein, daß die Arbeitsmaschine nicht anläuft.	Stern-dreieckschalter prüfen. Gegebenenfalls Unterbrechung beseitigen. Oder: Anlaufbelastung vermindern, eine Anlaufriemenscheibe benutzen, einen Motor für größere Leistung oder Schleifringläufer verwenden.
Motor läuft in der Betriebsstellung des Stern-dreieckschalters zwar an, aber bei Belastung sinkt die Drehzahl ab.	Ausgelötete Läuferstäbe.	Prüfen, ob abgespritzte Zinnteilchen am Motor zu finden sind. Nötigenfalls Instandsetzung.
	Überlastung.	Stromaufnahme messen. Überlastung beseitigen oder Motor mit größerer Leistung verwenden.

Anleitung zur Inbetriebnahme von Drehstrommotoren.

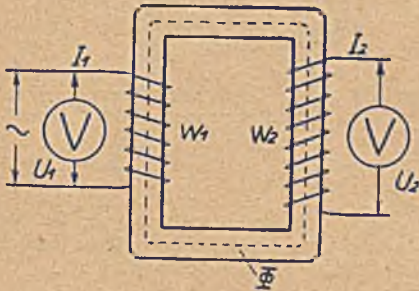
1. Verlegte Zuleitungen auf Erd- und Nebenschluß prüfen.
2. Prüfen, ob der Motor richtig in Stern- oder Dreieckschaltung angeschlossen ist.
3. Motor und Anlasser anschließen.
4. Anlaufstrom feststellen und Schmelzsicherung diesem Anlaufstrom entsprechend wählen.
5. Bei Schleifringläufermotoren müssen die Bürsten auf den Schleifringen liegen und der Anlasser auf „Aus“ stehen. Hebelschalter einschalten. Der Motor muß nun ein sanftes, gleichmäßiges Brummen zeigen.
6. Mit Prüflampe feststellen, ob an den Motorklemmen U, V, W Spannung vorhanden ist. Bei Schleifringläufern muß an den Anlasserklemmen u, v, w die Prüflampe zwischen 2 Klemmen gleichmäßig aufleuchten. Beim zweiphasigen Läufer mit den Klemmen u, x/y, v muß die Prüflampe aufleuchten, wenn sie eingeschaltet wird a) zwischen linker und mittlerer Klemme schwach, b) zwischen mittlerer und rechter Klemme schwach, c) zwischen linker und rechter Klemme stärker.
7. Ist alles in Ordnung, so wird der Motor in Betrieb gesetzt. Es können sich dann noch die obengenannten Störungen zeigen.

Umspanner.

Umspanner wandeln Wechselstrom einer bestimmten Spannung und Frequenz in solchen einer anderen Spannung, aber gleicher Frequenz um.

A. Wirkungsweise.

Fließt ein Wechselstrom I_1 durch die Wicklung W_1 , so entsteht in dem Eisenkern ein magnetisches Wechselfeld. Nach dem Induktionsgesetz erzeugt eine Feldlinienänderung im Eisen eine Spannung U_2 in der Wicklung W_2 .



Größe der erzeugten Spannung:

$$E = \frac{4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot w}{100\,000\,000} \text{ in V}$$

Φ = magnetischer Induktionsfluß in M,
 f = Frequenz in Hz,
 w = Windungszahl.

B. Grundformeln.

Für Leerlauf gilt:

$$\text{Übersetzungsverhältnis} = \frac{\text{Oberspannung}}{\text{Unterspannung}}$$

Die Spannungen verhalten sich wie die Windungszahlen.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Ohne Berücksichtigung der Verluste ist:

Aufgenommene Leistung = abgegebene Leistung.

$$I_1 \cdot U_1 = I_2 \cdot U_2$$

Die Ströme verhalten sich umgekehrt wie die Spannungen.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}$$

Umspanner (Fortsetzung).

Wirkungsgrad.

Der Umspanner hat keine beweglichen Teile, infolgedessen treten im Betrieb auch keine Reibungsverluste auf. Die Verluste setzen sich zusammen aus: Eisenverlusten (Ummagnetisierung des Eisens und Wirbelströme) und Kupferverlusten in den Wicklungen.

Die Kupferverluste nehmen mit steigender Belastung zu, die Eisenverluste bleiben gleich.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}} = \eta = \frac{N_{\text{ab}}}{N_{\text{auf}}}$$

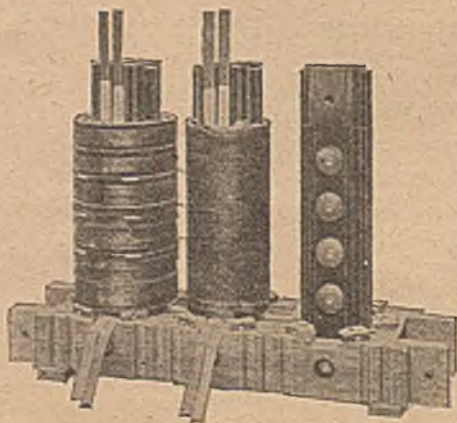
Beispiele: 1. Berechne das Übersetzungsverhältnis eines Umspanners, wenn bei Leerlauf die Oberspannung 800 V und die Unterspannung 400 V beträgt!

$$ü = \frac{800}{400} = 2 : 1$$

2. Von einem Umspanner sind die folgenden Daten bekannt: Primär: $U_1 = 20\,000\text{ V}$, $I_1 = 2\text{ A}$. Sekundär: $U_2 = 1000\text{ V}$. Berechne die sekundäre Stromstärke! (Verluste sollen unberücksichtigt bleiben.)

$$I_2 = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2} = \frac{20\,000 \cdot 2}{1000} = 40\text{ A}.$$

C. Aufbau.



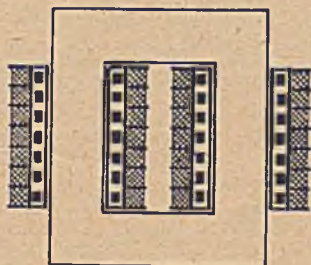
Kern und Wicklung eines Umspanners
im Aufbau

Ein Umspanner besteht im wesentlichen aus einem geschlossenen Eisenkern und den beiden Wicklungen für die Ober- und Unterspannung.

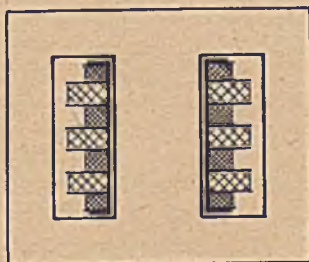
Der Eisenkern wird aus dünnen Umspannerblechen, die voneinander isoliert sind, angefertigt (Wirbelstromverluste!)

Umspanner. (Fortsetzung)

Form der Eisenkerne und Wicklungen.



Kernumspanner mit Röhrenwicklung.



Mantumspanner mit Scheibenwicklung.

D. Begriffserklärungen (nach VDE 0532/VI. 40).

a. Arten.

1. Leistungsumspanner (LT). Die Leistung wird nur induktiv übertragen und die Wicklungen liegen parallel zu den entsprechenden Stromkreisen.
2. Sparumspanner (SpT). Die Leistung wird teilweise induktiv bzw. direkt übertragen. Die Zusatzwicklung und die gemeinsame Wicklung sind leitend miteinander verbunden. Mit Hilfe der Zusatzwicklung kann man die Spannung erhöhen oder erniedrigen, ebenfalls dient sie zum Verdrehen der Phasenlage der Spannung eines Stromkreises. SpT werden nur für kleine Übersetzungsverhältnisse gebaut.
3. Zusatzumspanner (ZT). Sie dienen zum Erhöhen oder Erniedrigen der Spannung oder zum Verdrehen der Phasenlage.

b. Regelbarkeit der Übersetzung.

1. Umspanner ohne Regeleinrichtung: gar nicht oder in Stufen mit Anzapfklemmen bzw. Umsteller möglich. Vorher abschalten!
2. Regel-Umspanner mit feststehenden Wicklungen (RT). Regelung kann unter Last erfolgen durch: α) Stufenregelvorrichtung, β) stufenlose Regelvorrichtung, γ) Änderung der Streuung.
3. Regelumspanner mit beweglichen Wicklungen. Regelung erfolgt durch Bewegen von Wicklungen.
 - α) Drehumspanner (DrT). Es läßt sich nur durch Verdrehen des Läufers die Phase der Spannung der Sekundärwicklung ändern. Regelung kann unter Last erfolgen.
 - β) Gleitumspanner (GIT). Verschiebt man den Gleiter, so ändert sich die Größe der Sekundärspannung. Regelung kann unter Last erfolgen.
 - γ) Schubumspanner (SchT). Verschiebt man den Gleiter, so ändert sich die Größe der Sekundärspannung. Regelung kann unter Last erfolgen.

Umspanner. (Fortsetzung)

c. Wicklungen.

Primärwicklung: Wicklung, die elektrische Leistung aufnimmt.

Sekundärwicklung: Wicklung, die elektrische Leistung abgibt.

Ausgleichswicklung: Wicklung ist in sich geschlossen und gibt keine Leistung ab. Sie dient zum Festlegen des Sternpunktes bei Umspanner, die in Stern-Stern geschaltet sind.

Oberspannungswicklung: Wicklung, die mit dem Netz der höheren Spannung verbunden ist.

Unterspannungswicklung: Wicklung, die mit dem Netz der niederen Spannung verbunden ist.

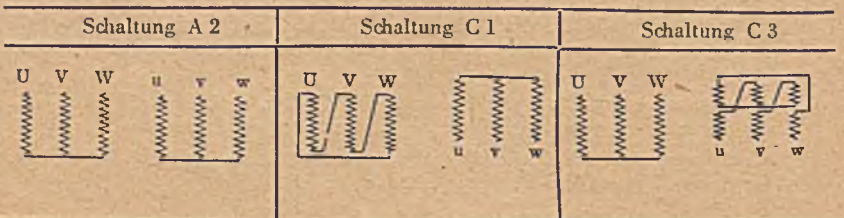
Beispiel: 1. Ein Umspanner spannt von 1000 V auf 5000 V um. Demnach ist die 1000-V-Wicklung: Primär- und Unterspannungswicklung, die 5000-V-Wicklung: Sekundär- und Oberspannungswicklung.

2. Ein Umspanner spannt von 5000 V auf 1000 V um. Demnach ist die 5000-V-Wicklung: Primär- und Oberspannungswicklung, die 1000-V-Wicklung : Sekundär- und Unterspannungswicklung.

d. Schaltgruppen bei Drehstrom (nach VDE 0532/VI. 40).

	Schaltgruppe	Schaltung		Schaltgruppe	Schaltung		
		Oberspannung	Unterspannung		Oberspannung	Unterspannung	
A	A1	Dreieck	Dreieck	C	Dreieck	Stern	
	A2	Stern	Stern		C2	Stern	Dreieck
	A3	Dreieck	Zickzack		C3	Stern	Zickzack
B	B1	Dreieck	Dreieck (umgekehrt wie A1)	D	D1	Dreieck Stern (umgekehrt wie C1)	
	B2	Stern	Stern (umgekehrt wie A2)		D2	Stern	Dreieck (umgekehrt wie C2)
	B3	Dreieck	Zickzack (umgekehrt wie A3)		D3	Stern	Zickzack (umgekehrt wie C3)

Für Umspanner bis 1000 KVA benutzt man meistens die Schaltungen A 2, C 1 und C 3. Die Wahl ist abhängig von der Mittelpunktbestatbarkeit.



Umspanner. (Fortsetzung)

e. Kühlungs- und Lüftungsarten.

- a) Trockenumspanner (für kleine Leistungen): 1. Selbstkühlung (TS), 2. Fremdlüftung (TF), 3. Wasserkühlung (TW).
- β) Ölumspanner (für größere Leistungen): 1. Selbstkühlung (OS), 2. Fremdlüftung (OF), 3. Ölumlaufl und Fremdlüftung (OFU), 4. Ölumlaufl und innere Wasserkühlung (OWI), 5. Ölumlaufl und äußere Wasserkühlung (OWA), 6. Ölumlaufl und äußere Selbstkühlung (OSA), 7. Ölumlaufl und äußere Fremdlüftung (OFA).

f. Betriebsarten.

Siehe E 6.

g. Kurzschlußspannung.

Unter Kurzschlußspannung u_k versteht man die Spannung, die an die Primärwicklung gelegt werden muß, damit in der kurzgeschlossenen Sekundärwicklung der Nennstrom I_N fließt. Diese Kurzschlußspannung wird in v. H. der Nennspannung angegeben und schwankt je nach Größe und Verwendungszweck des Umspanners zwischen 3—10 v. H.

Die Kurzschlußspannung bestimmt:

1. bei parallellaufenden Umspannern die Lastverteilung.

(Bei parallellaufenden Umspannern verteilt sich die Last verhältnismäßig ihren Nennleistungen und umgekehrt verhältnismäßig zu den Kurzschlußspannungen).

2. den Kurzschlußstrom, der hinter dem Umspanner auftritt.

(Der Nennstrom fließt, wenn die Kurzschlußspannung u_k an den Klemmen der Wicklung liegt. Bei voller Nennspannung fließt bei Kurzschluß der Strom

$$I_K = \frac{100}{u_k \%} \cdot I_N$$

Ist z. B. die Kurzschlußspannung $u_k = 5$ v. H., so fließt $\frac{100}{5} =$ der 20fache Nennstrom).

3. den Spannungsabfall des Umspanners.

E. Parallelbetrieb.

Parallelbetrieb liegt vor, wenn zwei oder mehrere Umspanner, die primär an demselben Hochspannungsnetz liegen, sekundär auf das gleiche Niederspannungsnetz arbeiten.

Einwandfreier Parallelbetrieb ist nur möglich, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden.

1. Die Nenn-Kurzschlußspannung darf nicht mehr als + 10 v. H. vom Mittel der Kurzschlußspannung der bereits vorhandenen Umspanner abweichen.
2. Die Nennspannungen müssen auf der Ober- und Unterspannungsseite gleich sein.
3. Die Umspanner müssen derselben Schaltgruppe angehören.
4. Gleichnamige Klemmen müssen miteinander verbunden werden.
5. Das Nennleistungsverhältnis soll nach Möglichkeit nicht größer als 3:1 sein.

Umspanner. (Fortsetzung)

Meßwandler (vgl. VDE 0414/X. 40).

Umspanner, die für Meßzwecke gebaut sind, nennt man Meßwandler. Sie sollen die Meßkreise in elektrischen Anlagen von der Hochspannung trennen und die Meßgrößen selbst auf einen bequem meßbaren Wert bringen. Man unterscheidet Strom- und Spannungswandler.

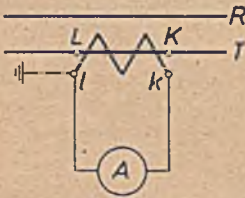
A. Stromwandler.

Stromwandler sind zum Messen von Strömen bestimmt. Sie werden in Abstufungen für verschiedene Primärstromstärken hergestellt. Die Nennstromstärke der Sekundärwicklung beträgt fast immer 5 A.

Unter dem Übersetzungsverhältnis versteht man das Verhältnis des primären Nennstromes zum sekundären Nennstrom.

Die Genauigkeit des Wandlers wird bestimmt durch die prozentuale Abweichung des Sekundärstromes von seinem Sollwert und seine Phasenverschiebung gegen den Primärstrom. Je nach Fehlergröße unterscheidet man vier Genauigkeitsklassen.

Klasse 0,2 und 0,5	für genaue Messungen
Klasse 1	für übliche Messungen
Klasse 3	für Relais.



K und L = primäre Anschlüsse.

k und l = sekundäre Anschlüsse

Die Wandler sind so in die Leitung zu legen, daß die Klemmen K. an die vom Generator kommende, L an die zum Verbraucher gehende Leitung angeschlossen wird.

Merke:

Die Sekundärwicklung muß entweder direkt oder über Meßgeräte geschlossen sein.

Bei offenem Sekundärkreis können an den Klemmen der Sekundärwicklung lebensgefährliche Spannungen auftreten!

B. Spannungswandler.

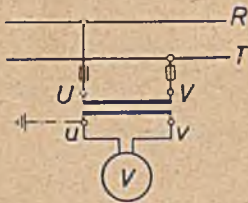
Spannungswandler dienen zum Messen von Spannungen. Sie werden in Abstufungen für verschiedene Primärspannungen hergestellt. Die Sekundärwicklung besitzt normalerweise Klemmen für 100 V und 110 V.

Unter dem Übersetzungsverhältnis versteht man das Verhältnis der primären Nennspannung zur Sekundärspannung.

Umspanner. (Fortsetzung)

Die Genauigkeit des Wandlers wird bestimmt durch die prozentuale Abweichung der Sekundärspannung von ihrem Sollwert und ihre Phasenverschiebung gegen die Primärspannung. Je nach Fehlergröße unterscheidet man vier Genauigkeitsklassen.

Klasse 0,2 und 0,5 für genaue Messungen
 Klasse 1 für übliche Messungen
 Klasse 3 für Relais



U und V = primäre Anschlüsse
 u und v = sekundäre Anschlüsse

Merke:

Spannungswandler dürfen im Gegensatz zu den Stromwandlern nie kurzgeschlossen werden.

Stromrichter.

Zu den Stromrichtern gehören: Gleichrichter, Wechselrichter und Umrichter.

Gleichrichter formen Wechselstrom in Gleichstrom um.

Wechselrichter formen Gleichstrom in Wechselstrom um.

Umrichter wandeln Wechselstrom einer Frequenz in solchen anderer Frequenz um.

Gleichrichter.

Alle Gleichrichter wirken als elektrische Ventile, d. h. sie lassen den elektrischen Strom nur in einer bestimmten Richtung hindurch.

I. Trockengleichrichter.

a. Wirkungsweise.

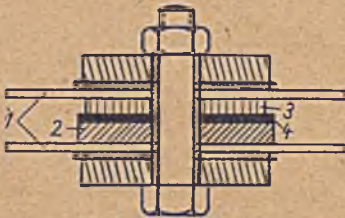
Beim Trockengleichrichter wird die physikalische Tatsache ausgenutzt, daß bei einer bestimmten Schichtung eines Halbleiters (Selen, einige Metalloxyde) mit einem Metall oder einer Metallegierung nur eine einpolige Stromleitung zustande kommt.

Stromrichter. (Fortsetzung)

b. Aufbau.

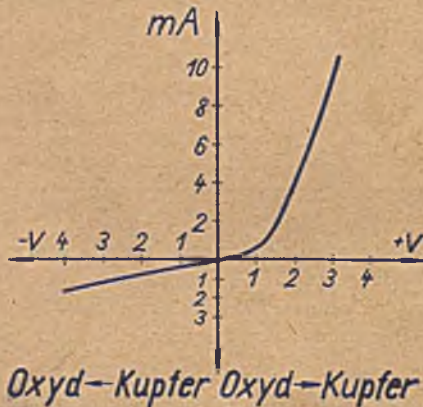
1. Kupferoxydulgleichrichter.

Jedes Element besteht aus einer Kupferplatte, die einseitig mit einer dünnen Kupferoxydulschicht überzogen ist, und einer Bleiplatte, die als Gegenelektrode dient. Die bei der Gleichrichtung entstehende Stromwärme wird durch zwei kupferne Kühlbleche abgeleitet. Die Bleiplatte, Kupferplatte und die Kühlbleche werden mit einem Bolzen fest zusammengepreßt.



Element eines Kupferoxydulgleichrichters.

- 1 = Kühlbleche
- 2 = Kupferplatte
- 3 = Bleiplatte
- 4 = Kupferoxydschicht



Sperrichtung
(großer Widerstand)

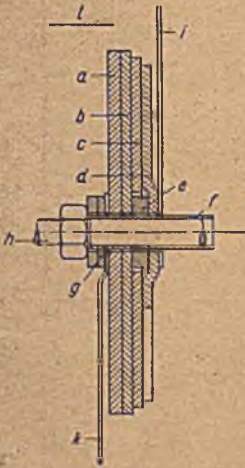
Durchlaßrichtung
(kleiner Widerstand)

Für die Gleichrichtung größerer Wechselspannungen schaltet man mehrere Elemente hintereinander. Für größere Stromstärken müssen die Elemente nebeneinander geschaltet werden (Vergrößerung der Plattenoberfläche).

Stromrichter. (Fortsetzung)

2. Selengleichrichter.

Auf eine vernickelte Eisenscheibe wird durch ein besonderes Verfahren eine Selen-schicht so aufgebracht, daß ein inniger Kontakt entsteht. Auf diese Halbleiterschicht wird eine Metallschicht als Gegenelektrode aufgespritzt.

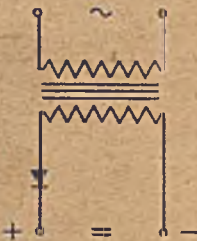


- a = Eisenscheibe
- b = Aktive Gleichrichterschicht
- c = Aufgespritzte Gegenelektrode
- d = Abnahmeelektrode
- e = Zwischenscheibe
- f = Isolierrohr
- g = Isolierscheibe
- h = Haltebolzen mit Verlängerungen zum Befestigen des Gleichrichterelementes
- i = Anschlußfahne
- k = Anschlußfahne
- l = Durchlaßrichtung

Durchlaßrichtung: Eisen \longrightarrow Selen; Sperrichtung: Selen \longrightarrow Eisen.

c. Schaltungen.

Für den Trockengleichrichter ist ein Umspanner nötig, der die Netzspannung auf den für die gewünschte Gleichspannung erforderlichen Spannungswert umspannt.

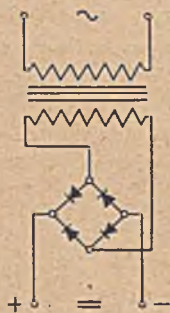


Einphasige Einwegschaltung

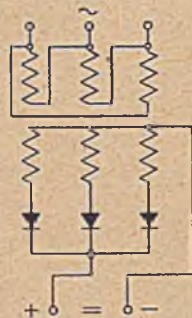


Einphasige Mittelpunktschaltung

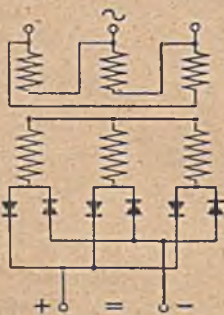
Stromrichter. (Fortsetzung)



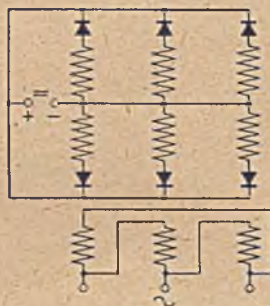
Einphasige Brückenschaltung



Dreiphasige Einwegschaltung



Dreiphasige Brückenschaltung



Sechshephasenschaltung

d. Eigenschaften.

Vollkommen geräuschlos, dauerhaft, unempfindlich gegen Überlastungen. Geeignet für Spannungen von 4—80 V. Wirkungsgrad: 50 bis 80 v. H.

e. Anwendung:

Batterieladung, Speisung von Elektromagneten, Elektroschweißung, Elektrolysen, ortsveränderliche Anlagen.

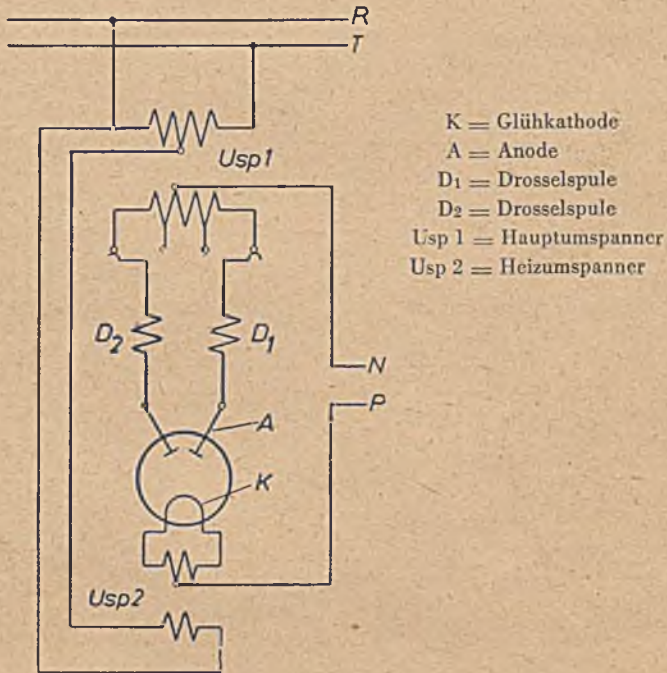
Stromrichter. (Fortsetzung)

II. Glühkathodengleichrichter.

a. Wirkungsweise.

Beim Glühkathodengleichrichter wird der physikalische Vorgang ausgenutzt, daß eine gasgefüllte Glasröhre mit einer Kathode und einer oder zwei Anoden elektrisch leitfähig gemacht werden kann, wenn die Kathode zum Glühen gebracht wird. Die Leitfähigkeit besteht aber nur in der Richtung von der Anode zur Kathode.

b. Grundsätzliche Schaltung.



c. Eigenschaften.

Geräuschloser Betrieb, geringe Abnutzung, da keine umlaufenden Teile, fast gleichbleibender Wirkungsgrad bei allen Belastungen: Für Spannungen von 20—250 V geeignet.

d. Anwendung.

Batterieladung, Bogenlampen, Elektromagnete.

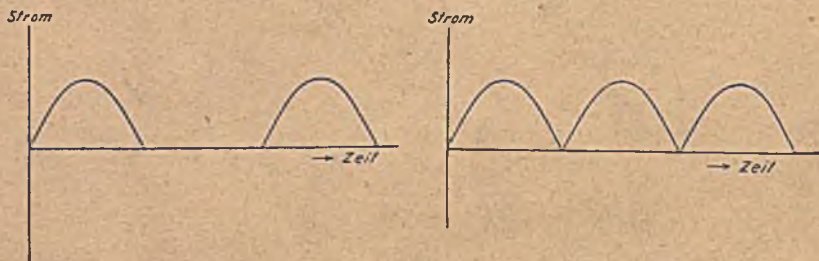
Stromrichter. (Fortsetzung)

III. Quecksilberdampfgleichrichter.

a. Wirkungsweise.

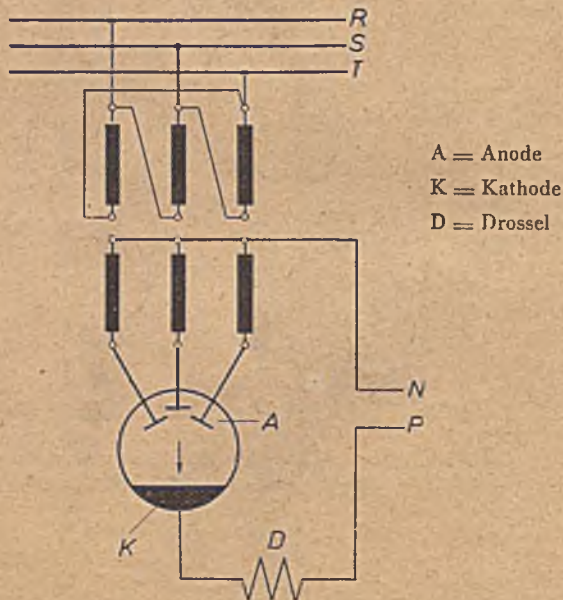
In einem luftleeren Glas- oder Eisengefäß befinden sich die Anode (A) und die Kathode (K). Die Anode (A) besteht aus Graphit, die Kathode (K) aus flüssigem Quecksilber. Solange die Elektroden A und K kalt sind, kann kein Strom fließen. Wird die Kathode durch den Anzapfpunkt eines Lichtbogens auf Weißglut erhitzt, so fließt ein Strom in Richtung von der kalten Anode (600°C) zur glühenden Kathode. In umgekehrter Richtung fließt kein Strom.

b. Grundsätzliche Schaltungen.



Bei einer Anode wird nur die eine Hälfte der Periode ausgenutzt.

Verwendet man 2 Anoden, so werden beim Einphasenstrom beide Hälften ausgenutzt.



Grundsätzliche Schaltung eines Gleichrichters für Dreiphasenstrom.

Stromrichter. (Fortsetzung)

c. Eigenschaften.

Geräuschloses Arbeiten, da keine umlaufenden Teile. Unempfindlich gegen Überlastungen und Spannungsschwankungen. Einfache Bedienung, geringe Wartung.

d. Anwendung.

Für 60—1500 V (Glasgefäß): Batterieladung, Bogenlampen, Elektromagnete, Licht-, Kraft- und Bahnnetz, Elektrolyse.

Für 100—5000 V (Eisengefäß): Licht-, Kraft- und Bahnnetz, Sendeanlagen.

Umformer.

A. Motorgeneratoren.

Der Motorgenerator besteht meistens aus einem Motor und einem Generator. Ein Motor kann aber auch mehrere Generatoren antreiben. Motor und Generator sind nur mechanisch gekuppelt, elektrisch sind beide Maschinen völlig unabhängig voneinander.

Motor und Generator können ihre Aufgabe tauschen (Netz-kuppelungsumformer). Anwendungsgebiete.

Motorgeneratoren werden verwendet für:

1. Umformung von Wechselstrom oder Drehstrom in Gleichstrom und umgekehrt,
2. Umformung von Drehstrom in Einphasenstrom oder in Drehstrom anderer Frequenz,
3. Umformung von Gleichstrom in Gleichstrom anderer Spannung.

B. Einankerumformer (EU).

Bei einem Einankerumformer erfolgt die Umformung einer Stromart in die andere in einem Anker. Man kann sowohl Wechselstrom in Gleichstrom als auch Gleichstrom in Wechselstrom umformen. Der EU unterscheidet sich von einer normalen Gleichstrommaschine nur dadurch, daß die Ankerwicklung verschiedene Anzapfungen besitzt. Die Anzapfungspunkte sind mit den Schleifringen verbunden, die sich auf der dem Stromwender entgegengesetzten Seite befinden. Soll Drehstrom in Gleichstrom umgeformt werden, so führt man der Ankerwicklung über die Schleifringe Drehstrom zu. Am Stromwender kann Gleichstrom entnommen werden. Führt man umgekehrt der Ankerwicklung über den Stromwender Gleichstrom zu, so kann an den Schleifringen Drehstrom abgenommen werden.

Die Feldwicklung des EU wird wie beim Synchronmotor mit Gleichstrom gespeist.

Umformer. (Fortsetzung)

1. Strom- und Spannungsverhältnisse.

EU werden bis zu einer Leistung von 50 kW dreiphasig (3 Schleifringe), darüber hinaus sechsphasig (6 Schleifringe) gebaut.

Zwischen der Drehstrom- und Gleichstromspannung des EU besteht ein festes Abhängigkeitsverhältnis. Das Verhältnis ist von der Drehzahl völlig unabhängig, es ändert sich auch bei wechselnder Belastung nur wenig. Zur Erreichung einer bestimmten Gebrauchsspannung ist deshalb fast immer ein Umspanner nötig.

Bei Vollast und $\cos \varphi = 1$ bestehen folgende Beziehungen:

a. Dreiphasiger Umformer.

Verhältnis der Drehstrom- zur Gleichstromspannung 0,65—0,69

Verhältnis der Stromstärke je Schleifring der Drehstromseite zur Gleichstromseite 0,94

b. Sechshephasiger Umformer.

Verhältnis der Drehstrom- zur Gleichstromspannung 0,73—0,76

Verhältnis der Stromstärke je Schleifring der Drehstromseite zur Gleichstromseite 0,47

Beispiele: 1. Welche effektive Drehstromspannung (U_D) muß einem dreiphasigen Umformer zugeführt werden, damit am Stromwender eine Gleichstromspannung (U_G) von 110 V abgenommen werden kann?

$$U_D = 0,65 \cdot U_G = 0,65 \cdot 110 = 71,5 \text{ V}$$

2. Welche effektive Drehstromspannung muß einem sechsphasigen Umformer zugeführt werden, damit am Stromwender eine Gleichstromspannung von 220 V abgenommen werden kann?

$$U_D = 0,73 \cdot U_G = 0,73 \cdot 220 = 160,6 \text{ V}$$

Anmerkung: Zwischen zwei nebeneinanderliegenden Schleifringen herrscht eine Spannung von $0,35 \cdot 220 = 77 \text{ V}$.

2. Spannungsregelung.

Die Größe der Gleichspannung hängt von der zugeführten Wechselspannung ab. Will man die Gleichspannung regeln, so muß hierzu eine Drosselspule oder ein regelbarer Umspanner benutzt werden.

a. Drosselspule.

Die Drosselspule wird meistens zwischen der Sekundärwicklung des Umspanners und den Umformer geschaltet.

Die Drosselspule eignet sich für kleinere Umformer und wenn eine Spannungsregelung von $\pm 5 \text{ v. H.}$ genügt.

Nachteile: Die Drosselspule bewirkt eine Phasenverschiebung. Hierdurch sind stärkere Feldspulen erforderlich, auch der Umspanner muß etwas größer sein. Es ist nicht möglich, die Spannung und den Leistungsfaktor unabhängig zu regeln.

Umformer. (Fortsetzung)

b. Drehumspanner.

Der Drehumspanner gleicht einem Asynchronmotor, dessen Läufer durch einen Schneckenantrieb festgehalten wird und um eine Polteilung beliebig gedreht werden kann.

Drehumspanner gestatten eine Spannungsregelung bis ± 25 v. H.

Spannung und Leistungsfaktor können unabhängig voneinander eingestellt werden.

3. Anlassen des EU.

Anlaßmöglichkeiten:

- a. Asynchrones Anlassen von der Drehstromseite,
- b. Anlassen durch einen Asynchron-Anwurfmotor,
- c) Anlassen von der Gleichstromseite.

Die unter a genannte Art wird am meisten angewandt. Sie soll deshalb näher besprochen werden (Zeichnung siehe Seite 138).

Zunächst muß der Nebenschlußregler in die Anlaufstellung gebracht und der Umformer mittels Anlaßumschalter an eine durch Anzapfung auf der Sekundärseite des Umspanners erhaltene Teilspannung gelegt werden. Der Umformer läuft wie ein Kurzschlußläufermotor an, da die in den Polschuhen eingelegte Dämpferwicklung als Kurzschlußwicklung wirkt. Bei steigender Drehzahl erregt er sich selbst, und der Läufer zieht sich in den Synchronismus.

Der Stromkreis der Feldwicklung darf während des Anlaufs nicht geöffnet werden, da sonst durch hohe induzierte Spannungen die Wicklung und das Bedienungspersonal gefährdet wird.

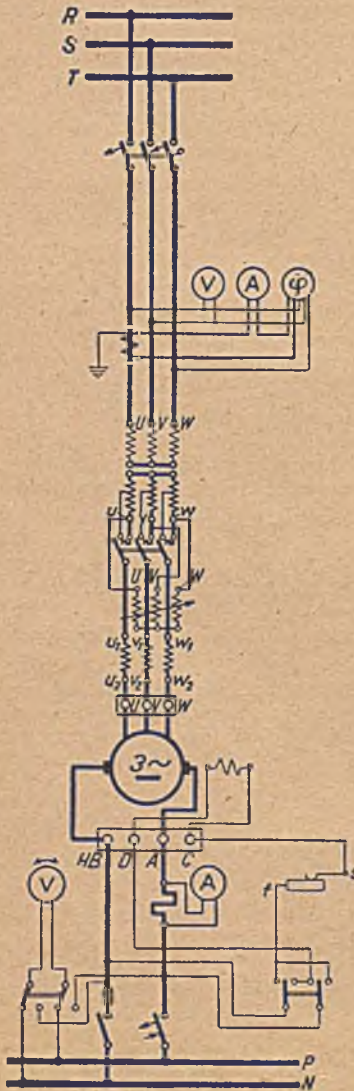
Auf der Gleichstromseite kann die Polarität verschieden ausfallen. Zur Herstellung der richtigen Polarität wird meistens das folgende Verfahren angewandt.

Das Erregerfeld wird durch einen zweipoligen Feldpolumschalter umgepolt. Ist der Umformer um eine Polteilung zurückgefallen, so legt man, wenn der Gleichstromspannungsmesser mit Nullpunkt in der Mitte durch Null hindurchgehend nach der entgegengesetzten Seite ausschlagen will, den Feldpolumschalter wieder in die Stellung zurück und hat nun die richtige Polarität.

4. Vorteile des EU gegenüber dem Motorgenerator.

1. Besserer Wirkungsgrad,
2. hohe Belastbarkeit,
3. geringer Platzbedarf.

Umformer. (Fortsetzung)



Schaltplan

für eine Einanker-Umformer-Anlage. Asyn-
chrones Anlassen von der Drehstromseite aus.
Gleichstrom-Zweileiter-Anlage. ✓

Für Niederspannung:

- 1 dreiphasiger Drehstrom - Gleichstrom - Ein-
ankerumformer
- 1 Umspanner
- 1 Nebenschlußregler
- 1 dreipoliger Überstrom - Unterspannungsaus-
schalter
- 1 Stromwandler
- 1 Strommesser
- 1 Spannungsmesser
- 1 Leistungsfaktormesser
- 1 dreipoliger Hebelumschalter mit
- 1 Überschaltwiderstand
- 1 Strommesser
- 1 Spannungsmesser mit Nullpunkt in der
Mitte
- 1 zweipoliger Spannungsmesser - Umschalter
für zwei Stromkreise
- 1 zweipoliger Momenthebelumschalter mit
Unterbrechung
- 1 einpoliger Momenthebelschalter
- 1 einpolige Sicherung
- 1 einpoliger Überstrom-Rückstrom-Ausschalter

Bleisammler.

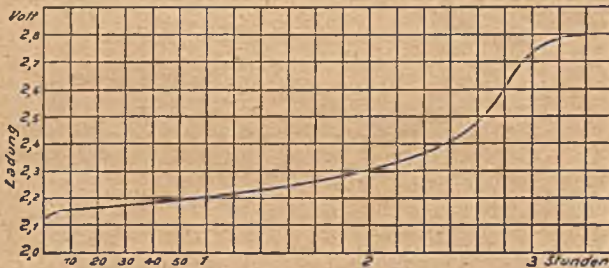
Sammler dienen zur Aufspeicherung elektrischer Energie. Beim Laden wird elektrische Energie in chemische umgewandelt; bei der Entladung wird die chemische Energie wieder in elektrische Energie übergeführt.



Aufbau: Die einfache Sammlerzelle besteht aus einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Gefäß, in das zwei besonders vorgerichtete Bleiplatten eingesetzt sind.

Positive Platte (Bleisuperoxyd): braun | in geladenem
Negative Platte (Bleischwamm): grau | Zustand

Sammlerelement (Zelle).



Spannungsverlauf einer Zelle bei dreistündiger Entladung und Ladung mit höchstzulässigem Ladestrom.

Bleisammler. (Fortsetzung)

Spannung je Zelle in Volt.

Normale Spannung (Ruhe)	2 V
Höchste Ladespannung	2,75 V
Niedrigste Entladespannung	1,83 V

Kapazität.

Unter Kapazität versteht man diejenige Strommenge, die einem geladenen Sammler entnommen werden kann, bis die Endspannung erreicht ist. Sie wird in Amperestunden (Ah) ausgedrückt. Die Kapazität hängt von der Höhe des Entladestromes ab. Je kleiner der entnommene Strom, um so größer die Kapazität.

Die Kapazität beträgt in

1 Stunde	70 v. H.
2 Stunden	89 v. H.
3 Stunden	100 v. H.
5 Stunden	115 v. H.
10 Stunden	133 v. H.

der Kapazität bei 3 Stunden Entladung.

Wirkungsgrad.

Amperestundenwirkungsgrad:

$$\eta = \frac{\text{abgegebene Ah}}{\text{aufgenommene Ah}} \quad [0,9 \dots 0,95]$$

Wattstundenwirkungsgrad:

$$\eta = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{aufgenommene Leistung}} \quad [0,7 \dots 0,75]$$

Innerer Widerstand einer Zelle:

rd. 0,1 ... 0,2 Ω je Ah

Beispiel: Für 10 Ah = $\frac{0,1}{10} \dots \frac{0,2}{10} \Omega$

Zellenzahl:

$$n = \frac{\text{Spannung} + \text{Spannungsabfall}}{1,83}$$

Wichte der einzufüllenden Schwefelsäure:
1,18 bei 15° C.

Bleisammler (Fortsetzung).

Säureumrechnung.

$$\text{Wichte} = \frac{144,3}{144,3 - n^{\circ} \text{Bé}}$$

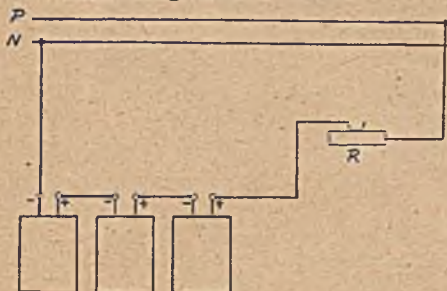
$$\text{Grad Baumé} = 144,3 - \frac{144,3}{\text{Wichte}}$$

Sammlersäure		Mischungsverhältnis.	
Grad Baumé	Wichte	Konzentr. Schwefelsäure in Liter	Dest. Wasser in Liter
20	1,16	0,140	0,904
21	1,17	0,148	0,898
22	1,18	0,158	0,891
23	1,19	0,167	0,883
24	1,20	0,177	0,875
25	1,21	0,187	0,866
26	1,22	0,196	0,859
27	1,23	0,207	0,849
28	1,24	0,216	0,841
29	1,25	0,227	0,834
30	1,26	0,238	0,823
35	1,32	0,299	0,771

Achtung! Niemals Wasser in Schwefelsäure gießen, sondern immer umgekehrt!

Laderegeln: Der Pluspol des Netzes muß mit dem Pluspol der Batterie verbunden werden. Die vorgeschriebene Ladestromstärke beachten! Säurespiegel und Säuredichte prüfen! Das „Kochen der Zellen“ beobachten!

Ladeschaltung für kleine Batterie.



Beispiel:

Wieviel Ohm muß der Widerstand R haben, wenn die Batterie aus 3 Zellen besteht, und die Ladestromstärke 3 A nicht übersteigen darf? $U = 220 \text{ V}$.

Es müssen $220 - 6 = 214 \text{ V}$ vernichtet werden.

$$R = \frac{214}{3} = 70,13 \Omega$$

Edison- oder Stahlsammler.

Aufbau: Das Gefäß besteht aus vernickeltem Stahl. Plusplatte: Röhren- oder Taschenplatte mit Nickelhydroxyd als wirksame Masse. Minusplatte: Taschenplatte mit Eisenhydroxydul als wirksame Masse. Füllflüssigkeit: 21% Kalilauge ($\gamma = 1,2$).

Höchste Ladespannung	1,83 V
Mittlere Entladespannung	1,2 V
Niedrigste Entladespannung	1,0 V

Galvanische Elemente.

Grundsätzlicher Aufbau.

Taucht man zwei verschiedene Metalle oder ein Metall und Kohle in eine leitende Flüssigkeit (Elektrolyt), so entsteht zwischen ihnen eine Spannung.

Die Höhe der erzeugten Spannung.

Die Höhe der erzeugten Spannung hängt von der Art der verwendeten Stoffe ab.

Spannungsreihe

— Aluminium, Zink, Eisen Blei, Zinn, Nickel, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle +

Je größer der Abstand zweier Stoffe innerhalb der Spannungsreihe ist, umso höher ist die Spannung zwischen ihnen. Die in der Reihe rechts stehenden Stoffe bilden gegenüber den links stehenden den Pluspol. Zwischen zwei gleichen Stoffen entsteht keine Spannung.

1. Die Plattengröße und der Plattenabstand sind ohne Einfluß auf die Höhe der erzeugten Spannung.
2. Die Höhe der Spannung hängt von der Art und der Konzentration des Elektrolyten ab.

Das belastete Element.

Beim belasteten Element muß man 2 Widerstände unterscheiden:

1. den äußeren Widerstand R_a ,
2. den inneren Widerstand R_i , das ist der Widerstand der leitenden Flüssigkeit zwischen den beiden Platten. Er verbraucht die Spannung $l \cdot R_i$.

Beim belasteten Element muß man 2 Spannungen unterscheiden:

1. die erzeugte Spannung E ,
2. die Klemmenspannung U . Sie ist abhängig vom inneren Widerstand und der Größe des entnommenen Stromes. Bei zunehmender Belastung sinkt die Klemmenspannung.

Galvanische Elemente. (Fortsetzung)

Im Element geht die Spannung $I \cdot R_i$ verloren, an den Klemmen des Elementes bleibt demnach die Spannung $U = I \cdot R_a$ übrig.

$$U = E - I \cdot R_i \quad \text{in V}$$

$$E = U + I \cdot R_i \quad \text{in V}$$

Der äußere Widerstand R_a und der innere Widerstand R_i sind hintereinander geschaltet. Folglich ist:

$$I = \frac{E}{R_a + R_i} \quad \text{in A}$$

$$R_i = \frac{E - I \cdot R_a}{I} \quad \text{in } \Omega$$

Beispiele: 1. Welcher Strom fließt durch die Magnetspule eines Weckers mit $R_a = 5 \Omega$, wenn er an ein Trockenelement mit $E = 1,5 \text{ V}$ und $R_i = 0,2 \Omega$ angeschlossen ist? Wie groß ist die Klemmenspannung bei dieser Belastung?

Lösung:
$$I = \frac{E}{R_a + R_i} = \frac{1,5}{5 + 0,2} = 0,28 \text{ A};$$

$$U = E - I \cdot R_i = 1,5 - 0,28 \cdot 0,2 = 1,45 \text{ V}$$

2. Ein Beutelement mit $E = 1,5 \text{ V}$ ist mit $0,145 \text{ A}$ belastet. Wie groß ist sein innerer Widerstand, wenn ein Summer mit $R_a = 10 \Omega$ im Stromkreis liegt?

Lösung:
$$R_i = \frac{E - I \cdot R_a}{I} = \frac{1,5 - 0,145 \cdot 10}{0,145} = 0,34 \Omega$$

Es gibt Naß- und Trockenelemente DIN VDE 1205 und 1206.

a. Naßelement.

Aufbau.

Der Minuspol ist ein Zinkbecher, der Pluspol ein Kohlestab. Als Elektrolyt dient eine Lösung von Salmiak in Wasser. Um den Kohlestab ist ein Beutel mit Braunsteinpulver befestigt. Der Braunstein soll den Wasserstoff, der sich bei der Belastung des Elementes am Kohlestab festsetzt, binden.

Ansetzen nasser Elemente:

1. Das gereinigte Glasgefäß muß vor dem Ansetzen innen und außen vollständig trocken sein.
2. Zum Ansetzen nach Möglichkeit nur destilliertes Wasser verwenden, auf jeden Fall muß abgekochtes oder Regenwasser benutzt werden.
3. Um Salzwucherungen zu vermeiden, ist der Glasrand mit Fett zu überziehen. Aus dem gleichen Grunde soll man die Gläser auch nicht zu voll füllen (Braunsteinbeutel 1 cm unter dem Flüssigkeitsspiegel).

Pflege nasser Elemente:

1. den verbrauchten Zinkbecher auswechseln,
2. Braunsteinbeutel mit Wasser ausspülen und von Salzkristallen säubern,
3. verbrauchte Braunsteinbeutel erneuern, diese sind nicht mehr hart sonden weich.

Galvanische Elemente. (Fortsetzung)

b. Trockenelement.

Der Elektrolyt (Salmiaklösung) ist mit Quellstoffen zu einer Paste angerührt. Das Glasgefäß ist durch einen Behälter aus Pappe ersetzt. Sonst der gleiche Aufbau wie beim NaBelement. Das Trockenelement ist nach Verbrauch unbrauchbar (NaBelement kann nachgefüllt werden).

c. Füllerelement.

Der Elektrolyt besteht aus einem trockenen, pulverförmigen Gemisch von Salmiak und Quellstoffen. Sonst gleicher Aufbau wie beim Trockenelement. Das Ansetzen, das erst bei Inbetriebnahme geschieht, erfolgt durch Einfüllen des Wassers. Das pulverförmige Gemisch geht durch den Zusatz von Wasser in einen pastenförmigen Zustand über.

d. Luftsauerstoffelement.

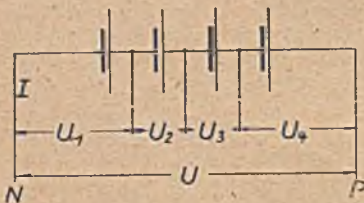
Der Aufbau ist ähnlich wie beim Trockenelement. Nur die Beutelfüllung besteht nicht aus Braunsteinpulver sondern aus „Aktivkohle“. Diese Kohle hat die Eigenschaft Gase und andere Stoffe aufzusaugen und Luftsauerstoff zu übertragen. Der Kohlebeutel muß ausreichende Verbindung mit der Außenluft haben. Das Element hat aus diesem Grunde kleine Röhren, die mit einer Luftpumpe über dem Kohlebeutel in Verbindung stehen. Das Luftsauerstoffelement hat einen größeren inneren Widerstand als ein Braunsteinelement. Es kann auch nicht so hoch belastet werden. Seine Spannung sinkt in der ersten Zeit sehr schnell ab, bleibt dann aber längere Zeit auf 1 V konstant. Die Leistung ist bei gleichen Abmessungen größer als beim Braunsteinelement.

Schaltung der Elemente.

Mehrere Elemente, die zusammengeschaltet sind, bilden eine Batterie.

Reihenschaltung.

Der Pluspol. des ersten Elementes wird mit dem Minuspol des zweiten verbunden usw.



Die Gesamtspannung aller Elemente ist gleich der Summe der Einzelspannungen.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + \dots$$

Bei geschlossenem Stromkreis fließt in jedem Element der gleiche Strom.

n = Anz. der Elemente
 R_i = inn. Wid. f. ein Elem.
 E = EMK für ein Element

Stromstärke für
 n in Reihe geschaltete
 Elemente:

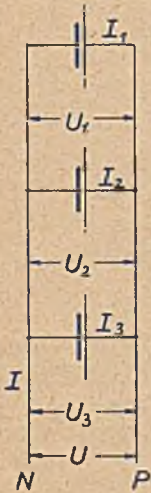
$$I = \frac{n \cdot E}{R_a + n \cdot R_i} \quad \text{in A}$$

Beispiel: Für den Betrieb einer Fernmeldeanlage mit einem Gesamtwiderstand von $R_a = 24 \Omega$ sind 5 Elemente mit $E = 1,5 \text{ V}$ und $R_i = 0,2 \Omega$ je Element hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Stromstärke?

Lösung:
$$I = \frac{n \cdot E}{R_a + n \cdot R_i} = \frac{5 \cdot 1,5}{24 + 5 \cdot 0,2} = \frac{25}{7,5} = 0,3 \text{ A}$$

Galvanische Elemente. (Fortsetzung)

Nebeneinanderschaltung (Parallelschaltung).



Alle Pluspole und alle Minuspole werden untereinander verbunden. Es dürfen nur Elemente gleicher Spannung nebeneinander geschaltet werden!

Die Gesamtspannung der Batterie ist gleich der Spannung eines Elementes, $U = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = \dots$

Bei der Nebeneinanderschaltung wächst die Stromstärke.

Der Gesamtstrom ist gleich der Summe der Teilströme in den Elementen. $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots$

Stromstärke für m nebeneinandergeschaltete Elemente:

$$I = \frac{E}{R_a + \frac{R_i}{m}}$$

m = Anz. der Elemente E = EMK für ein Element
 R_i = innerer Widerstand für ein Element.

Beispiel: Eine Signalanlage hat einen Gesamtwiderstand von 2Ω . Für den Betrieb sind 5 Elemente je $1,5\text{ V}$ und $R_i = 0,2\Omega$ nebeneinandergeschaltet.

Wie groß ist die Stromstärke?

Lösung: $I = \frac{E}{R_a + \frac{R_i}{m}} = \frac{1,5}{2 + \frac{0,5}{5}} = 0,73\text{ A.}$

Gruppenschaltung.

Die Gesamtspannung der Batterie ist gleich der Summe der in Reihe geschalteten Elemente einer Gruppe.

Stromstärke: $I = \frac{n \cdot E_i}{R_a + \frac{n \cdot R_i}{m_1}}$ in A

Merke: m_1 = Zahl der parallel geschalteten Gruppen.

Die größte Stromstärke erhält man, wenn $\frac{m_1}{n} = \frac{R_i}{R_a}$ ist

Günstigste Schaltungsart

wird erreicht, wenn

$$m_1 = \sqrt{Z \cdot \frac{R_i}{R_a}} \quad \text{und} \quad n = \sqrt{Z \cdot \frac{R_a}{R_i}} \quad \text{ist.}$$

Merke: Z = Gesamtzahl der Elemente.

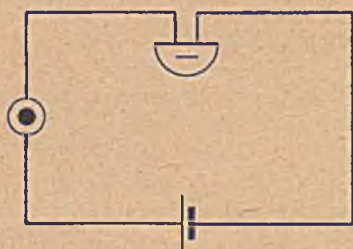
Beispiel 3: Für 32 Elemente soll die günstigste Schaltungsart bestimmt werden.

$R_i = 2\Omega$; $R_a = 4\Omega$.

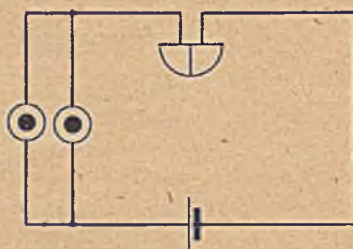
$$n = \sqrt{32 \cdot \frac{4}{2}} = 8 \text{ Elemente (in Reihe schalten!)}$$

$$m_1 = \sqrt{32 \cdot \frac{2}{4}} = 4 \text{ (nebeneinander geschaltete Gruppen).}$$

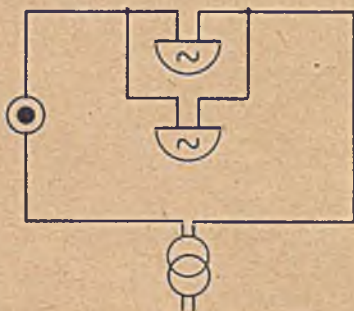
Fernmeldeanlagen



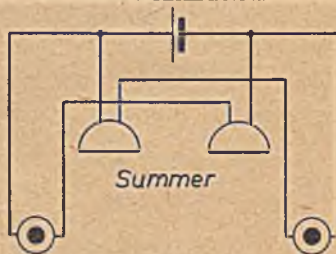
Gleichstromwecker



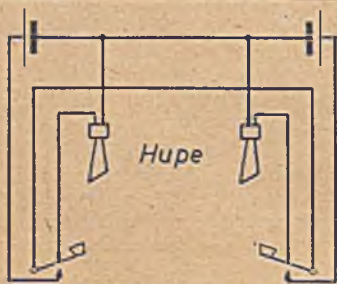
Einschlagwecker



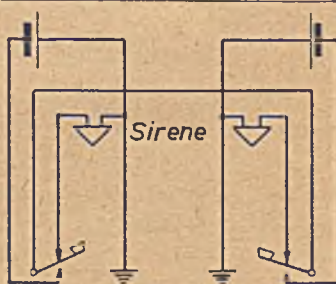
Wechselstromwecker



Gegenrufanlage
3 Leitungen

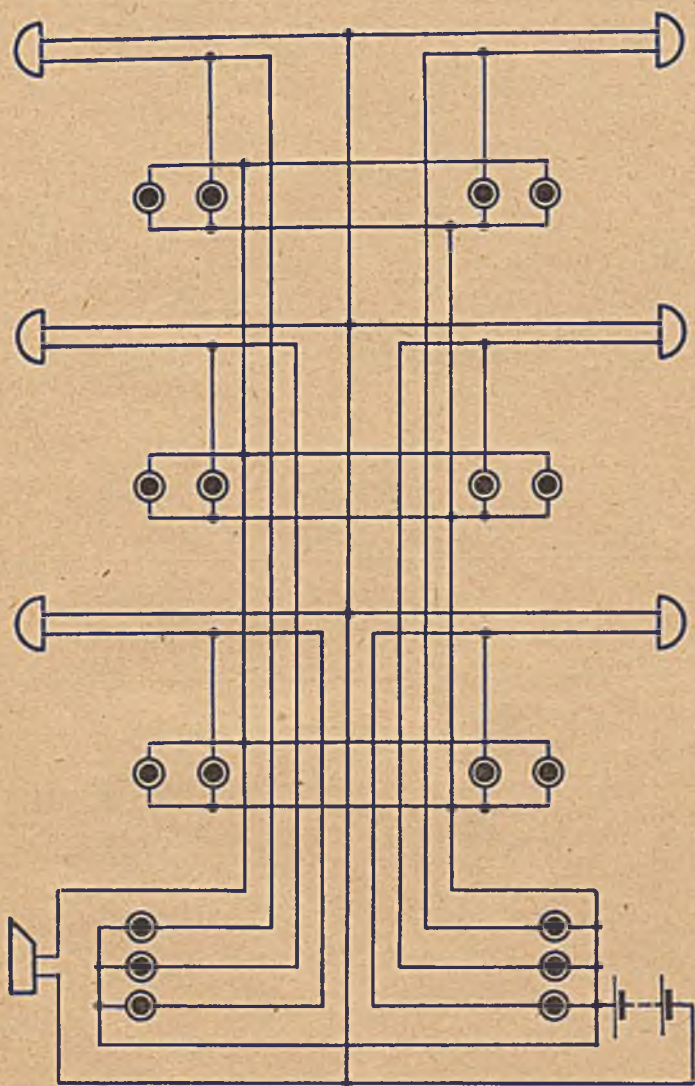


Gegenrufanlage
2 Leitungen



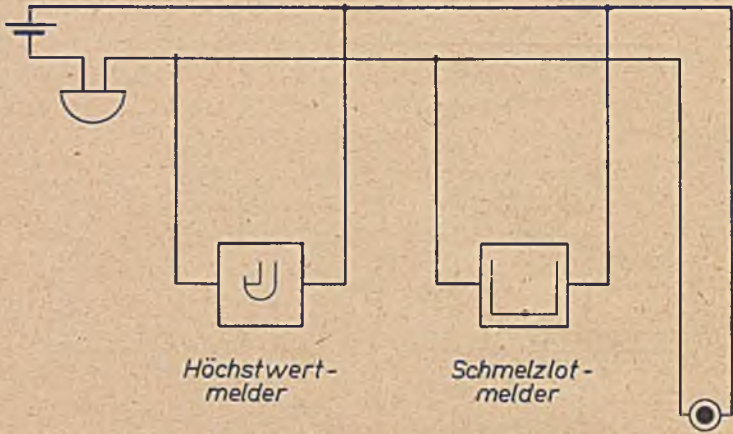
Gegenrufanlage
1 Leitung

Fernmeldeanlagen.

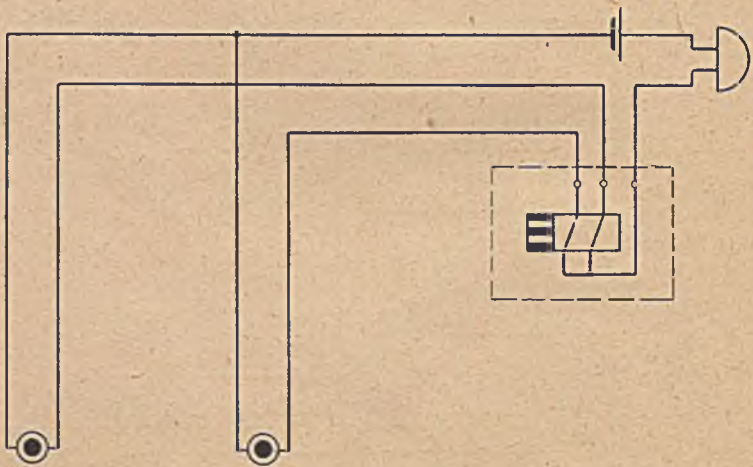


Hausweckeranlage mit Türöffner.

Fernmeldeanlagen

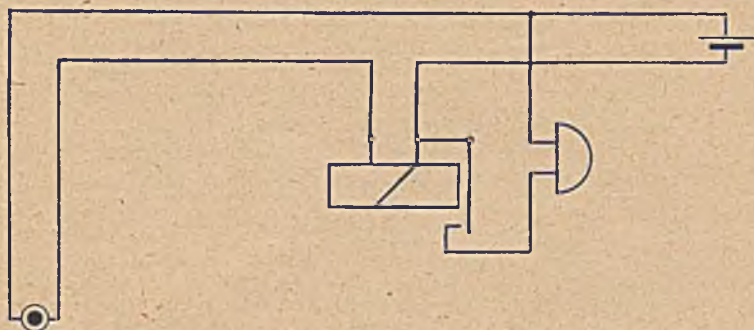


Gefahrmeldeanlage

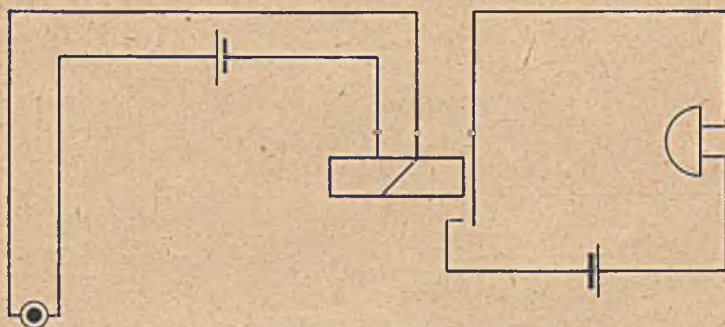


Ruffafelanlage

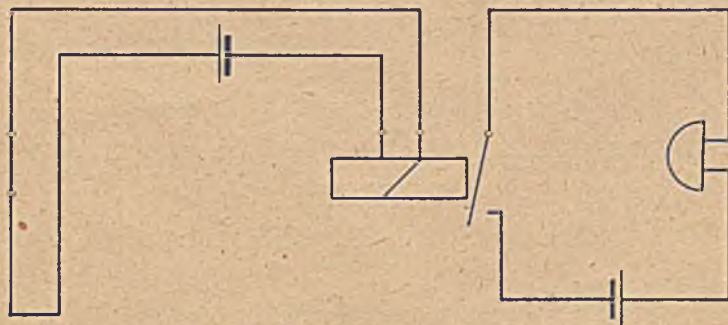
Fernmeldeanlagen



Arbeitsstrom-Schütz mit 1 Batterie

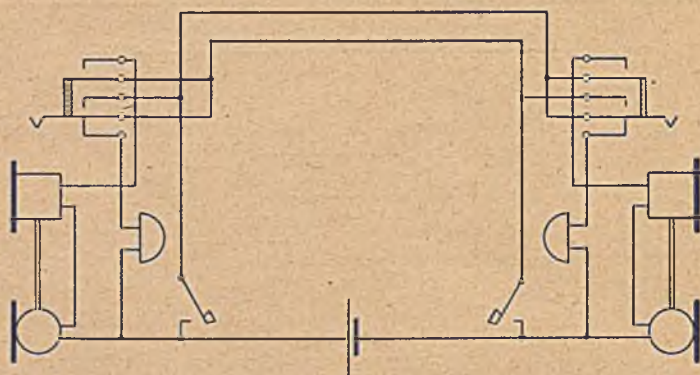


Arbeitsstrom-Schütz mit 2 Batterien

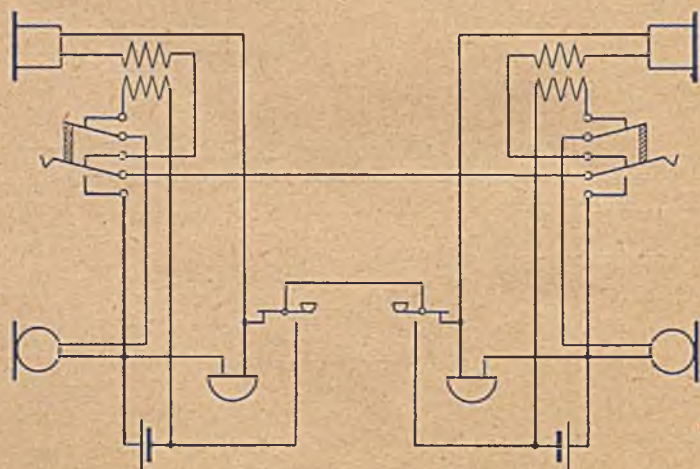


Ruhestrom-Schütz

Fernmeldeanlagen



*Hausfernsprechanlage
direkte Schaltung*



*Hausfernsprechanlage
indirekte Schaltung*

Gruppenbezeichnung der Widerstandswerkstoffe.

Gruppe	Spez. Widerstand bei 20° in Ω mm ² /m	Bemerkungen	Verwendung
WM 13	0,13	Eisen, als Rostschutz verzinkt oder verzinkt,	Widerstandsdrähte für Anlaß-, Heiz- Meß- und Regelgeräte
WM 30	0,30	Meistens Kupfer-Nickellegierungen, diese dürfen auch Zink enthalten.	
WM 43	0,43	Legierung aus Mangan, Nickel und Kupfer (Manganin)	
WM 50	0,50	Meistens Legierungen aus Kupfer mit Nickel oder Mangan. Eisen oder Zink darf nicht enthalten sein.	
WM 100	1,00	Legierungen aus Eisen + Nickel; Chrom-Nickel; Chrom, Nickel, Eisen.	
WM 110	1,10	Legierungen aus Chrom + Nickel; auch mit Eisenzusatz oder anderen Metallen.	
WM 120	1,20		

Isolierstoffe (Dämmstoffe).

Werkstoff	Wichte kg/dm ³	Durchschlagsspannung		Verwendbar bis °C	Dielektrizitätskonstante ϵ Luft = 1
		Volt	bei Stärke in mm		
Glimmer	2,9	27 000	0,5	800—1000	5—8
Mikanit	2—2,4	27 000	1	80—100	5
Marmor	2,5—2,7	1 000	10	rd. 200	8,3
Schiefer	2,7	1 000	4	rd. 200	6—7
Gummi	1,8	20 000	10	110—120	2,5—3
Porzellan	2,4	50 000	5	500	4,5
Steatit	2,7	30 000	5	500	5
Glas	2,6	—	—	—	5—8
Hartgummi	1,2	40 000	1	50	2,5—3
Papier	0,8—1,1	1,200	0,1	70—80	1,8—2,5
Fiber	1,3	8 000	2	80—100	1,8—2,2
Preßspan	1,3	8 000	1	80—100	2,8—3,2
Bakalit	1,3	20 000	1	120—150	5,5—6
Cellon	1,6	20 000	2	50	2,8—3,5
Schellack	—	20 000	1	—	3—4
Öl	0,9	20 000	2	—	3,5—4
Paraffin	0,8	10 000	0,3	—	2—2,2

Die Zahl, die uns angibt, wieviel mal mehr ein Kondensator bei einem bestimmten Isolierstoff aufnahmefähiger ist, als wenn Luft an dessen Stelle wäre, nennt man Dielektrizitätskonstante.

Isolierstoffe (Dämmstoffe).

Die besonderen Eigenschaften bezw. die jeweiligen Anwendungsmöglichkeiten der Preßstoffe ergeben sich aus ihren Füllstoffen (s. umseitige Tafel unter „Zusammensetzung“), nach denen die Preßstoffe in Typen eingeteilt sind:

Typ 11

Besondere Eigenschaften: Große Härte, hohe Wärmebeständigkeit und Glutfestigkeit, geringe Wasseraufnahme, hohe Durchschlagsfestigkeit; gute Bildsamkeit. Wird besonders für Teile mit gleichmäßigen, nicht zu geringen Wandstärken verwendet, wie Bremsbackenspulen, Klemmbretter u. dgl.

Typ 12

hat im wesentlichen die gleichen Eigenschaften wie Typ 11, jedoch eine in der faserigen Form des Füllstoffs begründete höhere Kerbzähigkeit und Zugfestigkeit. Anwendungsgebiete: Grundplatten mit stromführenden Klemmen, Kondensator-Klemmen, Zählerklemmen, elektrische Anschlußklemmen usw.

Typ M

mit weiter gesteigerten Festigkeitswerten (gespinstartiger Füllstoff); vereinigt somit die Eigenschaften von Typ 12 mit denen von Typ T 2, d. h. besonders hohe Kerbzähigkeit und Schlagbiegefestigkeit. Anwendung: Für mechanisch und thermisch beanspruchte Konstruktionsteile, z. B. Schaltachsen, Scheiben, Distanzstücke.

Typ S

der meist angewandte Preßstoff mit guten mechanischen Eigenschaften und hohen elektrischen Werten. Besonders vorteilhaft: Harte, glatte Oberfläche und schöne Farben, daher besonders für Teile von gutem Aussehen, wie Zählerkappen, Gehäuseteile, Abdeckungen, Griffe, Fernsprechhörer und -gehäuse, Radiogehäuse, Schwachstromklemmen, Grundplatten, Zählertafeln, -Behälter, Handräder, Deckeln, Schachteln, Filmentwicklerdosen, Platteisen-griffe, Gehäuse für Waagen, Uhren, Meßgeräte usw.

Die T-Typen

sind Preßstoffe, die auf Textilbasis aufgebaut sind und daher sehr hohe mechanische Eigenschaften aufweisen. Die sonstigen Werte sind ähnlich denen des Typ S, an dessen Stelle die T-Typen bei höheren mechanischen Ansprüchen treten.

Typ T 1

läßt sich infolge des feinen Gefüges des Füllstoffes (Textilfaser) auch noch bei sehr komplizierten Preßformen verarbeiten. Anwendung wie bei Typ S

Isolierstoffe (Dämmstoffe).

mit höheren mechanischen Anforderungen (hohe Kerbzähigkeit), z. B. Spulenkörper, Zählergrundplatten, Staubsaugerteile wie Kappen, Gehäuse, Tüllen usw.

Typ T 2.

Infolge des groben Füllstoffes, Gewebeschnitzel, ist die Formgebung schwieriger. Die Werte für Schlagbiegefestigkeit und Kerbzähigkeit sind etwa doppelt so hoch wie bei Typ T 1. Er hat aus diesem Grunde besonders weite Anwendungsmöglichkeiten im allgemeinen Maschinenbau, besonders für stärker beanspruchte Kappen und Gehäuse, wie Handbohrmaschinen-Gehäuse, Sterngriffe, Seilrollen, Handräder, Lagerbuchsen, Distanzscheiben für Motoraufhängung, Kabelendverschlüsse, Kabelmuffen usw.

Typ T 3

hat besonders hohe Festigkeitswerte, da die Harzträger glatte geschichtete Gewebefasern sind. Er läßt sich zu allen Formen pressen, bei denen es möglich ist, Faserverband und Schichtung zu erhalten, z. B. für dünnwandige Schalen und ähnliche Körper, die hohe Festigkeit erfordern (VDE 0320).

Die Z-Typen

sind auf Zellstoffbasis aufgebaut, mit im allgemeinen geringerer Kerbzähigkeit aber, besonders beim Schnitzel- und Bahnenmaterial, höherer Biegefestigkeit als die T-Typen. Ihre Einteilung erfolgt ähnlich wie bei den T-Typen nach der Form der Füllstoffe.

Typ Z 1

(Zellstoff-Flocken) für Preßteile, feinerer Form, z. B. dünnwandige Spulenkörper, kleine Buchsen usw.

Typ Z 2

(Zellstoffschnitzel) für Preßteile höherer Festigkeit, wie größere Spulenkörper, Distanz- und Lagerbuchsen, Bedienungshebel, Gehäusedeckel u. dgl.

Typ Z 3

(Zellstoffbahnen) für Preßteile mit sehr hoher Festigkeit, z. B. Gehäuseteile verschiedener Art, Griffschalen für Pistolen.

Typ 2

ist ein Preßstoff, der kalt gepreßt wird. Die Preßstücke werden außerhalb der Form im Druckkessel nachgehärtet. Dadurch ergibt sich eine geringere Maßhaltigkeit und eine nicht so glatte Oberfläche. Typ 2 wird verwendet für dickwandige Teile, bei denen das Gewicht nebensächlich ist, aber gute Wärmebeständigkeit verlangt wird, z. B. für Schaltergrundplatten, Klemmenplatten, Griffe für Hochspannungsschalter, Handlampengriffe usw.

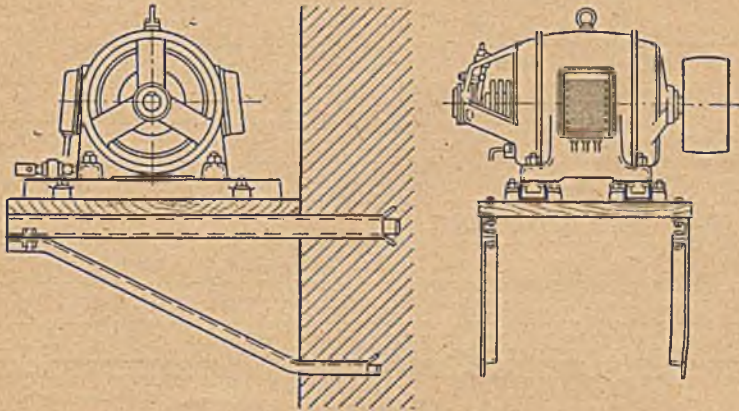
Typen, Eigenschaften und technische Daten von AEG-Kunsthartz-Preßstoffen

(siehe auch Din 7701)

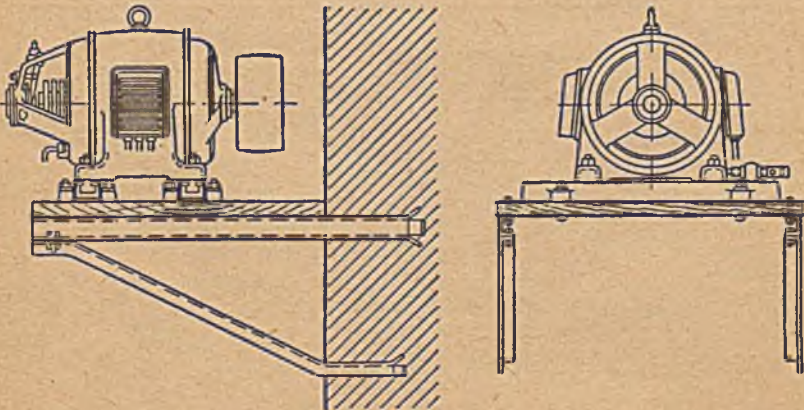
Werkstoff	Zusammensetzung	Verarbeitungsart	Wichte	Mechanische Eigenschaften							Thermische Eigenschaften					Elektr. Eigensch.		
				Biegefestigkeit kg/cm ² mindest	Schlagbiegefestigkeit cmkg/cm ² mindest	Kerbzähigkeit cmkg/cm ² mindest	Zugfestigkeit kg/cm ² mindest	Druckfestigkeit kg/cm ² mindest	Härte kg/cm ² mindest	Elastizitätsmodul E (Richtwerte) kg/cm ²	Wärme- festigkeit n. Martens in °C mindest	Zulässige Höchsttemperatur bei den- ernden Wärme- beanspr. °C	Belastungszugzeit unter Berücksichtigung der Biege- festigkeit -10% °C	Schlag- biegefest. -10% °C	Schrum- plung 0,2% °C	Gleit- festig- keit Gleit- grad mindest	Lineare Wärme- dehnz. je °C z. w. 0 a. 50 at 10°	Ohm-Widerst. bei 20°C Längs u. Querschnitt mindest
Typ 11	Phenolharz mit anorg. Füllstoff, z. B. Gesteinsmehl	warm	1,8	500	3,5	1,0	150	1200	1800	60 000 - 150 000	150	150	215	215	200	4	15-30	3
Typ 12	Phenolharz mit anorg. Füllstoff, z.B. Asbestfaser	warm	1,8	500	3,5	2	250	1200	1500	90 000 - 150 000	150	150	215	215	200	4	15-30	3
Typ M	Phenolharz mit anorg. Füllstoff, z.B. Asbestschnur	warm	1,8	700	15	15	250	1200	1500	90 000 - 160 000	150	150	215	215	200	4	15-30	3
Typ S	Phenolharz bzw. Kresol mit Holzmehl als Füllstoff	warm	1,4	700	6	1,5	250	2000	1300	55 000 - 80 000	125	100	135	130	130	3	30-50	3
Typ T1	Phenolharz mit Textilfaser als Füllstoff	warm	1,4	600	6	6	250	1400	1300	50 000 - 90 000	125	100	100	125	165	2	15-30	3
Typ T2	Phenolharz mit Textilschnitzeln als Füllstoff	warm	1,4	600	12	12	250	1400	1300	70 000 - 100 000	125	100	100	125	165	2	15-30	3
Typ T3	Phenolharz mit Textilbahnen als Füllstoff	warm	1,4	800	25	18	500	1200	1300	40 000 - 90 000	125	100	100	125	165	2	15-30	3
Typ Z1	Phenolharz m. Zellstoff-Flöcken als Füllstoff	warm	1,4	600	5	3,5	250	1400	1300	40 000 - 80 000	125	100	135	115	130	3	15-30	3
Typ Z2	Phenolharz m. Zellstoff-schnitzeln als Füllstoff	warm	1,4	800	8	5,5	250	1000	1300	60 000 - 100 000	125	100	135	115	130	3	10-30	3
Typ Z3	Phenolharz m. Zellstoffbahnen als Füllstoff	warm	1,4	1200	15	10	800	1600	1300	80 000 - 130 000	125	100	135	115	130	3	10-30	3
Typ 2	Phenolharz mit anorg. Füllstoffen, wie Asbestfasern und Gesteinsmehl	kalt	2,2	350	2		200	1000			150	150				4	15	3

Für eine große Zahl der aufgeführten Typen werden, vor allem für Fernheizwerke, besonders verlustarme Massen hergestellt (ig a > 0,1). In diesen Fällen tritt zum Typ-Zeichen ein *, z.B. Typ S*.

Angaben über Anfertigung von Konsolen.



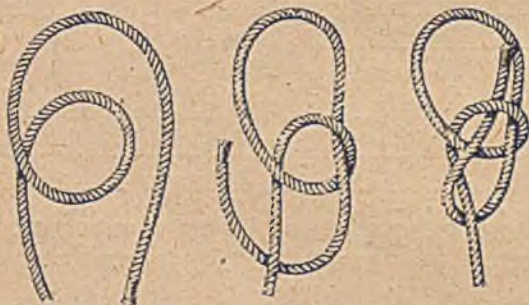
Motorleistung bis PS bei 1000—1500 U/min	Erforderliches Eisen		In die Wand einzulassen cm	Stärke der Bohle
	U-Eisen Normalprofil	L-Eisen mm		
2	NP 5	40 × 4	15—20	1 ¼"
5	NP 6 ½	40 × 5	20—30	1 ½"
8	NP 8	40 × 6	30—35	2"
12	NP 10	50 × 8	35—45	2 ¼"



Belastung von Decken und Treppen.

Bauteil	Nutzlast etwa kg/m ²
Balkenlage in Wohngebäuden	250
Balkenlage in Fabrik- und Lagergebäuden	500
Balkenlage in Getreidespelchern	600—750
Gewölbte Decken aus porigen Steinen in Wohngebäuden	250
Gewölbte Decken aus Vollsteinen	370
Gewölbte Decken in Fabrikgebäuden	620
Gewölbte Decken unter Durchfahrten und befahrenen Höfen	800
Treppen	400—500

Anbindearbeit.



Entstehung des
Bolckinknotens.
Die Verwendung erfolgt
bei einfachen Seilen so-
wohl an der Last als
auch am Haken.



Falsche Ausführung, die Seilenden
liegen auf beiden Seiten des Knotens.



Richtige Ausführung, die Seilenden
liegen auf einer Seite des Knotens.

Kreuzknoten.

Der Knoten stellt, da er nicht rutschen kann,
eine sichere Verbindung dar.



Schleppschlinge
zum Schleppen von
Werkstoffen oder
Wagen.



Kreuzschlinge.

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
1	1	1,0000	3,1416	0,79	41	1681	6,4031	128,81	13 20,25
2	4	1,4142	6,2832	3,14	42	1764	6,4807	131,95	13 85,44
3	9	1,7321	9,4248	7,07	43	1849	6,5574	135,09	14 52,20
4	16	2,0000	12,566	12,57	44	1936	6,6332	138,25	15 20,53
5	25	2,2361	15,708	19,63	45	2025	6,7082	141,37	15 90,43
6	36	2,4495	18,850	28,27	46	2116	6,7823	144,51	16 61,90
7	49	2,6458	21,991	38,48	47	2209	6,8557	147,65	17 34,94
8	64	2,8284	25,133	50,27	48	2304	6,9282	150,80	18 09,56
9	81	3,0000	28,274	63,62	49	2401	7,0000	153,94	18 85,74
10	100	3,1623	31,416	78,54	50	2500	7,0711	157,08	19 63,50
11	121	3,3166	34,558	95,03	51	2601	7,1414	160,22	20 42,82
12	144	3,4641	37,699	113,10	52	2704	7,2111	163,36	21 23,72
13	169	3,6056	40,841	132,73	53	2809	7,2801	166,50	22 06,18
14	196	3,7417	43,982	153,94	54	2916	7,3485	169,65	22 90,22
15	225	3,8730	47,124	176,71	55	3025	7,4162	172,79	23 75,83
16	256	4,0000	50,265	201,06	56	3136	7,4835	175,93	24 63,01
17	289	4,1231	53,407	226,98	57	3249	7,5498	179,07	25 51,76
18	324	4,2426	56,549	254,47	58	3364	7,6158	182,21	26 42,08
19	361	4,3589	59,690	283,55	59	3481	7,6811	185,35	27 33,97
20	400	4,4721	62,832	314,16	60	3600	7,7460	188,50	28 27,43
21	441	4,5826	65,973	346,36	61	3721	7,8102	191,64	29 22,47
22	484	4,6904	69,115	380,13	62	3844	7,8740	194,78	30 19,07
23	529	4,7958	72,257	415,48	63	3969	7,9373	197,92	31 17,25
24	576	4,8990	75,398	452,39	64	4096	8,0000	201,06	32 16,99
25	625	5,0000	78,540	490,87	65	4225	8,0623	204,20	33 18,31
26	676	5,0990	81,681	530,93	66	4356	8,1240	207,35	34 21,19
27	729	5,1962	84,823	572,56	67	4489	8,1854	210,49	35 25,65
28	784	5,2915	87,965	615,75	68	4624	8,2462	213,63	36 31,68
29	841	5,3852	91,106	660,52	69	4761	8,3066	216,77	37 39,28
30	900	5,4772	94,25	706,86	70	4900	8,3666	219,91	38 48,45
31	961	5,5678	97,39	754,77	71	5041	8,4261	223,05	39 59,19
32	1024	5,6569	100,53	804,25	72	5184	8,4853	226,19	40 71,50
33	1089	5,7446	103,67	855,30	73	5329	8,5440	229,34	41 85,39
34	1156	5,8310	106,81	907,92	74	5476	8,6023	232,48	43 00,84
35	1225	5,9161	109,96	962,11	75	5625	8,6603	235,62	44 17,86
36	1296	6,0000	113,10	1017,88	76	5776	8,7178	238,76	45 36,46
37	1369	6,0828	116,24	1075,21	77	5929	8,7750	241,90	46 56,63
38	1444	6,1644	119,38	1134,11	78	6084	8,8318	245,04	47 78,36
39	1521	6,2450	122,52	1194,59	79	6241	8,8882	248,19	49 01,67
40	1600	6,3246	125,66	1256,64	80	6400	8,9443	251,33	50 26,55

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
80	64 00	8 9443	251,33	50 26	120	1 44 00	10,9545	376,99	1 13 10
81	65 61	9,0000	254,47	51 53	121	1 46 41	11,0000	380,13	1 14 99
82	67 24	9,0554	257,61	52 81	122	1 48 84	11,0454	383,27	1 16 90
83	68 89	9,1104	260,75	54 10	123	1 51 29	11,0905	386,42	1 18 82
84	70 56	9,1652	263,89	55 41	124	1 53 76	11,1355	389,56	1 20 76
85	72 25	9,2195	267,04	56 74	125	1 56 25	11,1803	392,70	1 22 72
86	73 96	9,2736	270,18	58 08	126	1 58 76	11,2250	395,84	1 24 69
87	75 69	9,3274	273,32	59 44	127	1 61 29	11,2694	398,98	1 26 68
88	77 44	9,3808	276,46	60 82	128	1 63 84	11,3137	402,12	1 28 68
89	79 21	9,4340	279,60	62 21	129	1 66 41	11,3578	405,27	1 30 70
90	81 00	9,4868	282,74	63 61	130	1 69 00	11,4018	408,41	1 32 73
91	82 81	9,5394	285,88	65 04	131	1 71 61	11,4455	411,55	1 34 78
92	84 64	9,5917	289,03	66 48	132	1 74 24	11,4891	414,69	1 36 85
93	86 49	9,6437	292,17	67 93	133	1 76 89	11,5326	417,83	1 38 93
94	88 36	9,6954	295,31	69 40	134	1 79 56	11,5758	420,97	1 41 03
95	90 25	9,7468	298,45	70 88	135	1 82 25	11,6190	424,12	1 43 14
96	92 16	9,7980	301,59	72 38	136	1 84 96	11,6619	427,26	1 45 27
97	94 09	9,8489	304,73	73 90	137	1 87 69	11,7047	430,40	1 47 41
98	96 04	9,8995	307,88	75 43	138	1 90 44	11,7473	433,54	1 49 57
99	98 01	9,9499	311,02	76 98	139	1 93 21	11,7898	436,68	1 51 75
100	1 00 00	10,0000	314,16	78 54	140	1 96 00	11,8322	439,82	1 53 94
101	1 02 01	10,0499	317,30	80 12	141	1 98 81	11,8743	442,96	1 56 15
102	1 04 04	10,0995	320,44	81 71	142	2 01 64	11,9164	446,11	1 58 37
103	1 06 09	10,1489	323,58	83 32	143	2 04 49	11,9583	449,25	1 60 61
104	1 08 16	10,1980	326,73	84 95	144	2 07 36	12,0000	452,39	1 62 86
105	1 10 25	10,2470	329,87	86 59	145	2 10 25	12,0416	455,53	1 65 13
106	1 12 36	10,2956	333,01	88 25	146	2 13 16	12,0830	458,67	1 67 42
107	1 14 49	10,3441	336,15	89 92	147	2 16 09	12,1244	461,81	1 69 72
108	1 16 64	10,3923	339,29	91 61	148	2 19 04	12,1655	464,96	1 72 03
109	1 18 81	10,4403	342,43	93 31	149	2 22 01	12,2066	468,10	1 74 37
110	1 21 00	10,4881	345,58	95 03	150	2 25 00	12,2474	471,24	1 76 71
111	1 23 21	10,5357	348,72	96 77	151	2 28 01	12,2882	474,38	1 79 08
112	1 23 44	10,5830	351,86	98 52	152	2 31 04	12,3288	477,52	1 81 46
113	1 27 69	10,6301	355,00	1 00 29	153	2 34 09	12,3693	480,66	1 83 85
114	1 29 96	10,6771	358,14	1 02 07	154	2 37 16	12,4097	483,81	1 86 27
115	1 32 25	10,7238	361,28	1 03 87	155	2 40 25	12,4499	486,95	1 88 69
116	1 34 56	10,7703	364,42	1 05 68	156	2 43 36	12,4900	490,09	1 91 13
117	1 36 89	10,8167	367,57	1 07 51	157	2 46 49	12,5300	493,23	1 93 59
118	1 39 24	10,8628	370,71	1 09 36	158	2 49 64	12,5698	496,37	1 96 07
119	1 41 61	10,9087	373,85	1 11 22	159	2 52 81	12,6095	499,51	1 98 56
120	1 44 00	10,9545	376,99	1 13 10	160	2 56 00	12,6491	502,65	2 01 06

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
160	2 56 00	12,6491	502,65	2 01 06	200	4 00 00	14,1421	628,32	3 14 16
161	2 59 21	12,6886	505,80	2 03 58	201	4 04 01	14,1774	631,46	3 17 31
162	2 62 44	12,7279	508,94	2 06 12	202	4 08 04	14,2127	634,60	3 20 47
163	2 65 69	12,7671	512,08	2 08 67	203	4 12 09	14,2478	637,74	3 23 65
164	2 68 96	12,8062	515,22	2 11 24	204	4 16 15	14,2829	640,88	3 26 85
165	2 72 25	12,8452	518,36	2 13 82	205	4 20 25	14,3178	644,03	3 30 06
166	2 75 56	12,8841	521,50	2 16 42	206	4 24 36	14,3527	647,17	3 33 29
167	2 78 89	12,9228	524,65	2 19 04	207	4 28 49	14,3875	650,31	3 36 54
168	2 82 24	12,9615	527,79	2 21 67	208	4 32 64	14,4222	653,45	3 39 79
169	2 85 61	13,0000	530,93	2 24 32	209	4 36 81	14,4568	656,59	3 43 07
170	2 89 00	13,0384	534,07	2 26 98	210	4 41 00	14,4914	659,73	3 46 36
171	2 92 41	13,0767	537,21	2 29 66	211	4 45 21	14,5258	662,88	3 49 67
172	2 95 84	13,1149	540,35	2 32 35	212	4 49 44	14,5602	666,02	3 52 99
173	2 99 29	13,1529	543,50	2 35 06	213	4 53 69	14,5945	669,16	3 56 33
174	3 02 76	13,1909	546,64	2 37 79	214	4 57 96	14,6287	672,30	3 59 68
175	3 06 25	13,2288	549,78	2 40 53	215	4 62 25	14,6629	675,44	3 63 05
176	3 09 76	13,2665	552,92	2 43 28	216	4 66 56	14,6969	678,59	3 66 44
177	3 13 29	13,3041	556,06	2 46 06	217	4 70 89	14,7309	681,73	3 69 84
178	3 16 84	13,3417	559,20	2 48 85	218	4 75 24	14,7648	684,87	3 73 25
179	3 20 41	13,3791	562,35	2 51 65	219	4 79 61	14,7986	688,01	3 76 68
180	3 24 00	13,4164	565,49	2 54 47	220	4 84 00	14,8324	691,15	3 80 13
181	3 27 61	13,4536	568,63	2 57 30	221	4 88 41	14,8661	694,29	3 83 60
182	3 31 24	13,4907	571,77	2 60 16	222	4 92 84	14,8997	697,43	3 87 08
183	3 34 89	13,5277	574,91	2 63 02	223	4 97 29	14,9332	700,58	3 90 57
184	3 38 56	13,5647	578,05	2 65 90	224	5 01 76	14,9666	703,72	3 94 08
185	3 42 25	13,6015	581,19	2 68 80	225	5 06 25	15,0000	706,86	3 97 61
186	3 45 96	13,6382	584,34	2 71 72	226	5 10 76	15,0333	710,00	4 01 15
187	3 49 69	13,6748	587,48	2 74 65	227	5 15 29	15,0665	713,14	4 04 71
188	3 53 44	13,7113	590,62	2 77 59	228	5 19 84	15,0997	716,28	4 08 28
189	3 57 21	13,7477	593,76	2 80 55	229	5 24 41	15,1327	719,42	4 11 87
190	3 61 00	13,7840	596,90	2 83 53	230	5 29 00	15,1658	722,57	4 15 48
191	3 64 81	13,8203	600,04	2 86 52	231	5 33 61	15,1987	725,71	4 19 10
192	3 68 64	13,8564	603,19	2 89 53	232	5 38 24	15,2315	728,85	4 22 73
193	3 72 49	13,8924	606,33	2 92 55	233	5 42 89	15,2643	731,99	4 26 38
194	3 76 36	13,9284	609,47	2 95 59	234	5 47 56	15,2971	735,13	4 30 05
195	3 80 25	13,9642	612,61	2 98 65	235	5 52 25	15,3297	738,27	4 33 74
196	3 84 16	14,0000	615,75	3 01 72	236	5 56 96	15,3623	741,42	4 37 44
197	3 88 09	14,0357	618,89	3 04 81	237	5 61 69	15,3948	744,56	4 41 15
198	3 92 04	14,0712	622,04	3 07 91	238	5 66 44	15,4272	747,70	4 44 88
199	3 96 01	14,1067	625,18	3 11 03	239	5 71 21	15,4596	750,84	4 48 63
200	4 00 00	14,1421	628,32	3 14 16	240	5 76 00	15,4919	753,98	4 52 39

Zahl $n=d$	Quadrat n^2	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl $n=d$	Quadrat n^2	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
240	5 76 00	15,4919	753,98	4 52 39	280	7 84 00	16,7332	879,65	6 15 75
241	5 80 81	15,5242	757,12	4 56 17	281	7 89 61	16,7631	882,79	6 20 16
242	5 85 64	15,5563	760,27	4 59 96	282	7 95 24	16,7929	885,93	6 24 58
243	5 90 49	15,5885	763,41	4 63 77	283	8 00 89	16,8226	889,07	6 29 02
244	5 95 56	15,6205	766,55	4 67 59	284	8 06 56	16,8523	892,21	6 33 47
245	6 00 25	15,6525	769,69	4 71 44	285	8 12 25	16,8819	895,35	6 37 94
246	6 05 16	15,6844	772,83	4 75 29	286	8 17 96	16,9115	898,50	6 42 42
247	6 10 09	15,7162	775,97	4 79 16	287	8 23 69	16,9411	901,64	6 46 92
248	6 15 04	15,7480	779,11	4 83 05	288	8 29 44	16,9706	904,78	6 51 44
249	6 20 01	15,7797	782,26	4 86 95	289	8 35 21	17,0000	907,92	6 55 97
250	6 25 00	15,8114	785,40	4 90 87	290	8 41 00	17,0294	911,06	6 60 52
251	6 30 01	15,8430	788,54	4 94 81	291	8 46 81	17,0587	914,20	6 65 08
252	6 35 04	15,8745	791,68	4 98 76	292	8 52 64	17,0880	917,35	6 69 66
253	6 40 09	15,9060	794,82	5 02 73	293	8 58 49	17,1172	920,49	6 74 26
254	6 45 16	15,9374	797,96	5 06 71	294	8 64 36	17,1464	923,63	6 78 87
255	6 50 25	15,9687	801,11	5 10 71	295	8 70 25	17,1756	926,77	6 83 49
256	6 55 36	16,0000	804,25	5 14 72	296	8 76 16	17,2047	929,91	6 88 13
257	6 60 49	16,0312	807,39	5 18 75	297	8 82 09	17,2337	933,05	6 92 79
258	6 65 64	16,0624	810,53	5 22 79	298	8 88 04	17,2627	936,19	6 97 46
259	6 70 81	16,0935	813,67	5 26 85	299	8 94 01	17,2916	939,34	7 02 15
260	6 76 00	16,1245	816,81	5 30 93	300	9 00 00	17,3205	942,48	7 06 86
261	6 81 21	16,1555	819,96	5 35 02	301	9 06 01	17,3494	945,62	7 11 58
262	6 86 44	16,1864	823,10	5 39 13	302	9 12 04	17,3781	948,76	7 16 31
263	6 91 69	16,2173	826,24	5 43 25	303	9 18 09	17,4069	951,90	7 21 07
264	6 96 96	16,2481	829,38	5 47 39	304	9 24 16	17,4356	955,04	7 25 85
265	7 02 25	16,2788	832,52	5 51 55	305	9 30 25	17,4642	958,19	7 30 62
266	7 07 56	16,3095	835,66	5 55 72	306	9 36 36	17,4929	961,33	7 35 42
267	7 12 89	16,3401	838,81	5 59 90	307	9 42 49	17,5214	964,47	7 40 23
268	7 18 24	16,3707	841,95	5 64 10	308	9 48 64	17,5499	967,61	7 45 06
269	7 23 61	16,4012	845,09	5 68 32	309	9 54 81	17,5784	970,75	7 49 91
270	7 29 00	16,4317	848,23	5 72 56	310	9 61 00	17,6068	973,89	7 54 77
271	7 34 41	16,4621	851,37	5 76 80	311	9 67 21	17,6352	977,04	7 59 64
272	7 39 84	16,4924	854,51	5 81 07	312	9 73 44	17,6635	980,18	7 64 54
273	7 45 29	16,5227	857,65	5 85 35	313	9 79 69	17,6918	983,32	7 69 45
274	7 50 76	16,5529	860,80	5 89 65	314	9 85 96	17,7200	986,46	7 74 37
275	7 56 25	16,5831	863,94	5 93 96	315	9 92 25	17,7482	989,60	7 79 31
276	7 61 76	16,6132	867,08	5 98 28	316	9 98 56	17,7764	992,74	7 84 27
277	7 67 29	16,6433	870,22	6 02 63	317	10 04 89	17,8045	995,88	7 89 24
278	7 72 84	16,6733	873,36	6 06 99	318	10 11 24	17,8326	999,03	7 94 23
279	7 78 41	16,7033	876,50	6 11 36	319	10 17 61	17,8606	1002,2	7 99 23
280	7 84 00	16,7332	879,65	6 15 75	320	10 24 00	17,8885	1005,3	8 04 23

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
320	10 24 00	17,8885	1005,3	8 04 25	360	12 96 00	18,9737	1131,0	10 17 88
321	10 30 41	17,9165	1008,5	8 09 28	361	13 03 21	19,0000	1154,1	10 23 54
322	10 36 84	17,9444	1011,6	8 14 33	362	13 10 44	19,0263	1157,3	10 29 22
323	10 43 29	17,9722	1014,7	8 19 40	363	13 17 69	19,0526	1140,4	10 34 91
324	10 49 76	18,0000	1017,9	8 24 48	364	13 24 96	19,0788	1143,5	10 40 62
325	10 56 25	18,0278	1021,0	8 29 58	365	13 32 25	19,1050	1146,7	10 46 35
326	10 62 76	18,0555	1024,2	8 34 69	366	13 39 56	19,1311	1149,8	10 52 09
327	10 69 29	18,0831	1027,3	8 39 82	367	13 46 89	19,1572	1153,0	10 57 84
328	10 75 84	18,1108	1030,4	8 44 96	368	13 54 24	19,1835	1156,1	10 63 62
329	10 82 41	18,1384	1033,6	8 50 12	369	13 61 61	19,2094	1159,2	10 69 41
330	10 89 00	18,1659	1036,7	8 55 30	370	13 69 00	19,2354	1162,4	10 75 21
331	10 95 61	18,1934	1039,9	8 60 49	371	13 76 41	19,2614	1165,5	10 81 03
332	11 02 24	18,2209	1043,0	8 65 70	372	13 83 84	19,2873	1168,7	10 86 87
333	11 08 89	18,2483	1046,2	8 70 92	373	13 91 29	19,3132	1171,8	10 92 72
334	11 15 56	18,2757	1049,3	8 76 16	374	13 98 76	19,3391	1175,0	10 98 58
335	11 22 25	18,3030	1052,4	8 81 41	375	14 06 25	19,3649	1178,1	11 04 47
336	11 28 96	18,3303	1055,6	8 86 68	376	14 13 76	19,3907	1181,2	11 10 36
337	11 35 69	18,3576	1058,7	8 91 97	377	14 21 29	19,4165	1184,4	11 16 28
338	11 42 44	18,3848	1061,9	8 97 27	378	14 28 84	19,4422	1187,5	11 22 21
339	11 49 21	18,4120	1065,0	9 02 59	379	14 36 41	19,4679	1190,7	11 28 15
340	11 56 00	18,4391	1068,1	9 07 92	380	14 44 00	19,4936	1193,8	11 34 11
341	11 62 81	18,4662	1071,3	9 13 27	381	14 51 61	19,5192	1196,9	11 40 09
342	11 69 64	18,4932	1074,4	9 18 65	382	14 59 24	19,5448	1200,1	11 46 08
343	11 76 49	18,5203	1077,6	9 24 01	383	14 66 89	19,5704	1203,2	11 52 09
344	11 83 36	18,5472	1080,7	9 29 41	384	14 74 56	19,5959	1206,4	11 58 12
345	11 90 25	18,5742	1083,8	9 34 82	385	14 82 25	19,6214	1209,5	11 64 16
346	11 97 16	18,6011	1087,0	9 40 25	386	14 89 96	19,6469	1212,7	11 70 21
347	12 04 09	18,6279	1090,1	9 45 69	387	14 97 69	19,6723	1215,8	11 76 28
348	12 11 04	18,6548	1093,3	9 51 15	388	15 05 44	19,6977	1218,9	11 82 37
349	12 18 01	18,6815	1096,4	9 56 62	389	15 13 21	19,7231	1222,1	11 88 47
350	12 25 00	18,7083	1099,6	9 62 11	390	15 21 00	19,7484	1225,2	11 94 59
351	12 32 01	18,7350	1102,7	9 67 62	391	15 28 81	19,7737	1228,4	12 00 72
352	12 39 04	18,7617	1105,8	9 73 14	392	15 36 64	19,7990	1231,5	12 06 87
353	12 46 09	18,7883	1109,0	9 78 68	393	15 44 49	19,8242	1234,6	12 13 04
354	12 53 16	18,8149	1112,1	9 84 23	394	15 52 36	19,8494	1237,8	12 19 22
355	12 60 25	18,8414	1115,3	9 89 80	395	15 60 25	19,8746	1240,9	12 25 42
356	12 67 36	18,8680	1118,4	9 95 38	396	15 68 16	19,8997	1244,1	12 31 65
357	12 74 49	18,8944	1121,5	10 00 98	397	15 76 09	19,9249	1247,2	12 37 86
358	12 81 64	18,9209	1124,7	10 06 60	398	15 84 04	19,9499	1250,4	12 44 10
359	12 88 81	18,9473	1127,8	10 12 23	399	15 92 01	19,9750	1253,5	12 50 36
360	12 96 00	18,9737	1131,0	10 17 88	400	16 00 00	20,0000	1256,6	12 56 64

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
400	16 00 00	20,0000	1256,6	12 56 64	440	19 36 00	20,9762	1382,3	15 20 53
401	16 08 01	20,0250	1259,8	12 62 93	441	19 44 81	21,0000	1385,4	15 27 45
402	16 16 04	20,0499	1262,9	12 69 23	442	19 53 64	21,0238	1388,6	15 34 39
403	16 24 09	20,0749	1266,1	12 75 56	443	19 62 49	21 0476	1391,7	15 41 34
404	16 32 16	20,0998	1269,2	12 81 90	444	19 71 36	21,0713	1394,9	15 48 30
405	16 40 25	20,1246	1272,3	12 88 25	445	19 80 25	21,0950	1398,0	15 55 28
406	16 48 36	20,1494	1275,5	12 94 62	446	19 89 16	21,1187	1401,2	15 62 28
407	16 56 49	20,1742	1278,6	13 01 00	447	19 98 09	21,1424	1404,3	15 69 30
408	16 64 64	20,1990	1281,8	13 07 41	448	20 07 04	21,1660	1407,4	15 76 33
409	16 72 81	20,2237	1284,9	13 13 82	449	20 16 01	21,1896	1410,6	15 83 37
410	16 81 00	20,2485	1288,1	13 20 25	450	20 25 00	21,2132	1413,7	15 90 43
411	16 89 21	20,2731	1291,2	13 26 70	451	20 34 01	21,2368	1416,9	15 97 51
412	16 97 44	20,2978	1294,3	13 33 17	452	20 43 04	21 2603	1420,0	16 04 60
413	17 05 69	20,3224	1297,5	13 39 65	453	20 52 09	21,2838	1423,1	16 11 71
414	17 15 96	20,3470	1300,6	13 46 14	454	20 61 16	21,3073	1426,3	16 18 83
415	17 22 25	20,3715	1303,8	13 52 65	455	20 70 25	21,3307	1429,4	16 25 97
416	17 30 56	20,3961	1306,9	13 59 18	456	20 79 36	21,3542	1432,6	16 33 15
417	17 38 89	20,4206	1310,0	13 65 72	457	20 88 49	21,3776	1435,7	16 40 30
418	17 47 24	20,4450	1313,2	13 72 28	458	20 97 64	21,4009	1438,8	16 47 48
419	17 55 61	20,4695	1316,3	13 78 85	459	21 06 81	21,4243	1442,0	16 54 68
420	17 64 00	20,4939	1319,5	13 85 44	460	21 16 00	21,4476	1445,1	16 61 90
421	17 72 41	20,5183	1322,6	13 92 05	461	21 25 21	21,4709	1448,3	16 69 14
422	17 80 84	20,5426	1325,8	13 98 67	462	21 34 44	21,4942	1451,4	16 76 39
423	17 89 29	20,5670	1328,9	14 05 31	463	21 43 69	21,5174	1454,6	16 83 65
424	17 97 76	20,5913	1332,0	14 11 96	464	21 52 96	21,5407	1457,7	16 90 93
425	18 06 25	20,6155	1335,2	14 18 63	465	21 62 25	21,5639	1460,8	16 98 23
426	18 14 76	20,6398	1338,3	14 25 31	466	21 71 56	21,5870	1464,0	17 05 54
427	18 23 29	20,6640	1341,5	14 32 01	467	21 80 89	21,6102	1467,1	17 12 87
428	18 31 84	20,6882	1344,6	14 38 72	468	21 90 24	21,6333	1470,3	17 20 21
429	18 40 41	20,7123	1347,7	14 45 45	469	21 99 61	21,6564	1473,4	17 27 57
430	18 49 00	20,7364	1350,9	14 52 20	470	22 09 00	21,6795	1476,5	17 34 44
431	18 57 61	20,7605	1354,0	14 58 96	471	22 18 41	21,7025	1479,7	17 42 34
432	18 66 24	20,7846	1357,2	14 65 74	472	22 27 84	21,7256	1482,8	17 49 74
433	18 74 89	20,8087	1360,3	14 72 54	473	22 37 29	21,7486	1486,0	17 57 16
434	18 83 56	20,8327	1363,5	14 79 34	474	22 46 76	21,7715	1489,1	17 64 60
435	18 92 25	20,8567	1366,6	14 86 17	475	22 56 25	21,7945	1492,3	17 72 05
436	19 00 96	20,8806	1369,7	14 93 01	476	22 65 76	21,8174	1495,4	17 79 52
437	19 09 69	20,9045	1372,9	14 99 87	477	22 75 29	21,8403	1498,5	17 87 01
438	19 18 44	20,9284	1376,0	15 06 74	478	22 84 84	21,8632	1501,7	17 94 51
439	19 27 21	20,9523	1379,2	15 13 63	479	22 94 41	21,8861	1504,8	18 02 03
440	19 36 00	20,9762	1382,3	15 20 53	480	23 04 00	21,9089	1508,0	18 09 56

Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$	Zahl n=d	Quadrat n ²	Wurzel \sqrt{n}	Kreis- umfang πd	Kreis- inhalt $\frac{\pi d^2}{4}$
480	23 04 00	21,9089	1508,0	18 09 56	520	27 04 00	22,8035	1633,6	21 23 72
481	23 13 61	21,9317	1511,1	18 17 11	521	27 14 41	22,8254	1636,8	21 31 89
482	23 23 24	21,9545	1514,2	18 24 67	522	27 24 84	22,8473	1639,9	21 40 08
483	23 32 89	21,9773	1517,4	18 32 55	523	27 35 29	22,8692	1643,1	21 48 29
484	23 42 56	22,0000	1520,5	18 39 84	524	27 45 76	22,8910	1646,2	21 56 51
485	23 52 25	22,0227	1523,7	18 47 45	525	27 56 25	22,9129	1649,3	21 64 75
486	23 61 96	22,0454	1526,8	18 55 08	526	27 66 76	22,9347	1652,5	21 73 01
487	23 71 69	22,0681	1530,0	18 62 72	527	27 77 29	22,9565	1655,6	21 81 28
488	23 81 44	22,0907	1533,1	18 70 38	528	27 87 84	22,9783	1658,8	21 89 56
489	23 91 21	22,1133	1536,2	18 78 05	529	27 98 41	23,0000	1661,9	21 97 87
490	24 01 00	22,1359	1539,4	18 85 74	530	28 09 00	23,0217	1665,0	22 06 18
491	24 10 81	22,1585	1542,5	18 93 45	531	28 19 61	23,0434	1668,2	22 14 52
492	24 20 64	22,1811	1545,7	19 01 17	532	28 30 24	23,0651	1671,3	22 22 87
493	24 30 49	22,2036	1548,8	19 08 90	533	28 40 89	23,0868	1674,5	22 31 23
494	24 40 36	22,2261	1551,9	19 16 65	534	28 51 56	23,1084	1677,6	22 39 61
495	24 50 25	22,2486	1555,1	19 24 42	535	28 62 25	23,1301	1680,8	22 48 01
496	24 60 16	22,2711	1558,2	19 32 21	536	28 72 96	23,1517	1683,9	22 56 42
497	24 70 09	22,2935	1561,4	19 40 00	537	28 83 69	23,1733	1687,0	22 64 84
498	24 80 04	22,3159	1564,5	19 47 82	538	28 94 44	23,1948	1690,2	22 73 29
499	24 90 01	22,3383	1567,7	19 55 65	539	29 05 21	23,2164	1693,3	22 81 75
500	25 00 00	22,3607	1570,8	19 63 50	540	29 16 00	23,2379	1696,5	22 90 22
501	25 10 01	22,3830	1573,9	19 71 36	541	29 26 81	23,2594	1699,6	22 98 71
502	25 20 04	22,4054	1577,1	19 79 23	542	29 37 64	23,2809	1702,7	23 07 22
503	25 30 09	22,4277	1580,2	19 87 13	543	29 48 49	23,3024	1705,9	23 15 74
504	25 40 16	22,4499	1583,4	19 95 04	544	29 59 36	23,3238	1709,0	23 24 28
505	25 50 25	22,4722	1586,5	20 02 96	545	29 70 25	23,3452	1712,2	23 32 83
506	25 60 36	22,4944	1589,6	20 10 90	546	29 81 16	23,3666	1715,3	23 41 40
507	25 70 49	22,5167	1592,8	20 18 86	547	29 92 09	23,3880	1718,5	23 49 98
508	25 80 64	22,5389	1595,9	20 26 83	548	30 03 04	23,4094	1721,6	23 58 58
509	25 90 81	22,5610	1599,1	20 34 82	549	30 14 01	23,4307	1724,7	23 67 20
510	26 01 00	22,5832	1602,2	20 42 82	550	30 25 00	23,4521	1727,9	23 75 83
511	26 11 21	22,6053	1605,4	20 50 84	551	30 36 01	23,4734	1731,0	23 84 48
512	26 21 44	22,6274	1608,5	20 58 87	552	30 47 04	23,4947	1734,2	23 93 14
513	26 31 69	22,6495	1611,6	20 66 92	553	30 58 09	23,5160	1737,3	24 01 82
514	26 41 96	22,6716	1614,8	20 74 99	554	30 69 16	23,5372	1740,4	24 10 51
515	26 52 25	22,6936	1617,9	20 83 07	555	30 80 25	23,5584	1743,6	24 19 22
516	26 62 56	22,7156	1621,1	20 91 17	556	30 91 36	23,5797	1746,7	24 27 95
517	26 72 89	22,7376	1624,2	20 99 28	557	31 02 49	23,6008	1749,9	24 36 69
518	26 83 24	22,7596	1627,3	21 07 41	558	31 13 64	23,6220	1753,0	24 45 45
519	26 93 61	22,7816	1630,5	21 15 56	559	31 24 81	23,6432	1756,2	24 54 22
520	27 04 00	22,8035	1633,6	21 23 72	560	31 36 00	23,6645	1759,3	24 63 01



Schlagwortverzeichnis

- Abschaltstrom 51
Abzweigleitungen, Absicherung der 49, 50
Acquivalent, elektrochemisches 7
Akkumulatoren, siehe Sammler
Aluminiumleiter, Neunquerschnitte 38
— Außendurchmesser, Widerstand, Gewicht 42
Ampere, Erklärung 8
Amperestundenwirkungsgrad 140
Anker, der Gleichstrommaschinen 87
— Klemmenbezeichnung 78
Anlasser, Klemmenbezeichnung 81
Anlaßumspanner 112
Anschlußwert 53
Arbeit, elektrische 8, 17
— Vergleich zwischen mech. u. elektr. 10
Asynchronmotore 104
Ausgehender Betrieb 79
Außenpolmaschine 101
- Bandpanzerleitungen 34
Batterie 144
Belastung, ohmsche — induktive — kapazitive 29
— von Decken und Treppen 156
Belastungstafeln f. isol. Leitungen 37, 38
Beleuchtungsanlagen 65
Beleuchtungskalender 68
Beleuchtungsstärke 55, 57, 61, 67
Beleuchtungstechnik 55
Bemessung von Leitungen 36
Berührungsspannung, Schutz gegen 51
Betriebsarten 79
Betriebsräume, cl. 43, 52
Blanke Leitungen 33
Bleisammler 139
Blindleistung 27
Blindstrom 30
Bremszaun 86
Brückenschaltung 72
- Chemische Wirkung des el. Stromes 16
Chemische Zeichen 7
Cos φ 27, 28
- Dämmstoffe 151
Dauerbetrieb 79
Dauermagnet 18
Derimotor 116
Dielektrizitätskonstante 151
Doppelkurzschlußmotor 110
Drehrichtung, Bestimmung der 82
Drehstrom 30, 31
Drehstrom-Asynchronmotoren 104
Drehstromgenerator 101, 102
Drehstrom-Kommutatormaschinen 116
Drehstromleistung 32, 83
Drehstrommaschinen, Klemmenbezeichnungen 79
Drehstrommotoren, Beseitigung von Störungen 120
Drehstrom-Nebenschlußmotor 116
Drehstrom-Reihenschlußmotor 119
Drehstrom-Synchronmotoren 103
Drehstromumspanner 124
Drehumspanner 137
Drehzahlen 78
Dreimutläufer 109
Dreiphasiger Umformer 136
Drosselspule 136
Dunkelstunden 68
Durchflutung 9, 19
- Edisonsammler 142
Effektivwert 26
Eichschaltungen 72
Einankerumformer 135
Einheiten, cl. 8
Einphasen-Induktionsmotor 113
Einphasen-Reihenschlußmotor 116
Einpole Abschaltung 43
Elektrizitätsmenge 9
Elektrochemisches Acquivalent 7
Elektromagnetismus 19
Elektromotorische Kraft 25
Elemente 149
Entladespannung 142
Entlüftung 54
Erdung 51
Erdschlußmessung 73

- Faradaysches Gesetz 16
Fassungsadern 34
Fehler an Gleichstrommotoren 97
Fehler an Drehstrommotoren 120
Feinmeßgeräte 70
Feldlinien, magn. 18
Feldstärke, magn. 9
Fernmeldeanlagen 146
Feuchte Räume 43, 52
Freileitungen 35
Frequenz 9
Füllelemente 150
Galvanische Elemente 144
Genauigkeit der Meßgeräte 70
Gefahrmeldeanlagen 148
Gegenrufanlage 146
Generatoren für Drehstrom 101
Generatoren für Gleichstrom 88
Generatoren für Wechselstrom 101
Genormte Betriebsspannungen 77
Gewicht für NGA aus Al 42
Gleichrichter 129
Gleichstrommaschinen, Anlasser und Reglerklemmen 81
Gleichstrommaschinen — Aufbau 87
Gleichstrommaschinen — Klemmenbezeichnung für 78
Gleichstromgeneratoren 88
Gleichstrommotoren 91
Gleichstrommotoren, Störung an 97
Gruppenschalter 44
Gruppenschaltung der Elemente 145
Gummiederleitung 33
Gummirohre 42
Gummischlauchleitungen 34
Halbindirekte Lichtverteilung 60
Hausfernsprechanlage 150
Hausweckeranlage 147
Hebelschalter 43
Hefnerkerze 55
Hellschaltung 101
Hertz 9, 26
Hintereinanderschaltung 12
Hysteresisverluste 23
Indirekte Lichtverteilung 61
Induktionsgesetz 25
Induktivität 9
Innerer Widerstand 11, 140, 142
Installationsplan 48
Installationsrohre 42
Isolierte Leitungen 33
Isolierstoffe 151
Isolierung 51
Joulesches Gesetz 16
Kabel 35
Kabelähnliche Leitungen 34
Käfigwicklung 104
Kapazität der Sammler 140
Kapazitive Belastung 29
Kraftwirkung des stromdurchflossenen Leiters 24
Kernumspanner 125
Kilokalorie 9
Kirchhoffsche Gesetze 12
Klassenzeichen für Meßgeräte 70
Kleinspannung 51
Klemmenbezeichnung für Gleichstrommaschinen 78
Klemmenbezeichnung für Anlasser und Reglerklemmen 81
Klemmenspannung der Elemente 142
Kochen der Sammler 141
Kollektor 87
Kollektormotoren 115
Kommutator 87
Konsole für Motoren 155
Kreuzschaltung 45
Künstl. Sternpunkt 75, 76
Kupferoxydulgleichrichter 130
Kurzschlußbläuer 108
Ladeschaltung 141
Ladespannung 140, 142
Lagezeichen für Meßgeräte 69, 70
Lampengröße 59
Läufer 104
Läuferformen 108
Läuferstrom 106
Läuferspannung 106
Lebensdauer der Glühlampen 60
Leistung, el. 10, 17, 83
Leistung bei Gleichstrom 13
Leistung bei Drehstrom 32
Leistung bei Wechselstrom 27
Leistungsfaktor 27, 28, 32, 83
Leistungsmesser 75
Leistungsschild 80
Leistungsverlust in Leitungen 39
Leitfähigkeit, el. 7, 8
Leitfähigkeit, magn. 18
Leitungsarten 33
Leitungsberednung 39
Leitwert 8, 13
Leuchtdichte 56, 58
Leuchten 60
Lichtstärke 55
Lichtstrom 55, 59
Lichttechnik 55
Linkehandregel 24
Luftsauerstoffelement 144

- Magnet, Tragkraft 23 .
 Magnetfeld, Stromleiter im 24
 Magnetgestell 87
 Magnetische Feldlinien 18
 Magnetisierungslinien 20, 21
 Magnetisierungsstrom 23
 Magnetpole 18
 Magnetspulen 87
 Mantelumspanner 125
 Maßeinheiten 8, 10
 Meßbereichserweiterung 73
 Meßgeräte 69
 Messen des Isolationswiderst. 71, 74
 Meßwandler 128
 Mindestquerschnitte d. Leitung, 36, 37, 38
 Mittelpunktleiter 31, 43, 50, 51
 Momente der Motoren 85
 Motordrehrichtung 82
 Motoren 87
 Motoren, Inbetriebnahme 100, 122
 Motorgenerator 135
- Naßelemente 143
 Nebeneinanderschaltung 13, 145
 Nebenschlußgenerator 88
 Nebenschlußmotor 91
 Nebenwiderstand 71
 Nenn Drehmomente 85
 Nennstromstärke der Sicherungen 37, 38
 Nennspannungen 77
 Nickelsammler 142
 Nullung 51
- Oberspannungswicklung 126
 Offene Sicherungen 49
 Ohmsches Gesetz 11
 Oelumspanner 127
- Parallelschalten von Synchron-
 generatoren 101, 102
 Parallelschalten von Umspannern 127
 Parallelschaltung 13
 Periode 26
 Permeabilität 18
 Phasenlampen 101, 102
 Phasenverschiebung 27, 29, 30
 Pole 18
 Polumschaltung 107
 Polzahl 78, 103
 Primärwicklung 126
- Quecksilberdampfgleichrichter 134
- Raumarten 52
 Raumheizung 54
 Rechthandregel 25
- Regelbarkeit der Umspanner 125
 Reihenschaltung 12
 Reihenschlußgenerator 89
 Reihenschlußmotor 94
 Remanenz 18, 23
 Richtwerte für Beleuchtung 64, 66, 67
 Rohrweiten 41, 42
 Ruftafelanlage 148
- Salmiakelement 143
 Sammler 139
 Säure für Sammler 141
 Schalter 43, 44, 45
 Schaufensterbeleuchtung 66
 Scheinwicklung 125
 Scheinleistung 27, 32
 Schleifringmotor 105
 Schlupf 84
 Schutzmaßnahmen 51
 Schüttschaltungen 149
 Sekundärwicklung 126
 Selbsterregung 87
 Selbstinduktion 9
 Selengleichrichter 131
 Serienschalter 45
 Sicherung der Motoren 50
 Sicherungen 49, 50
 Spannung 8
 Spannungsabfall 39
 Spannungsmesser 70
 Spannungsreihe 142
 Spannungsverlust 11
 Spannungswandler 128
 Spez. Widerstand 7
 Stahlsammler 142
 Ständer 104
 Ständeranlasser 111
 Stern dreieckschalter 111
 Sternpunkt, künstl. 75, 76
 Sternschaltung 31
 Störungen an Gleichstrommotoren 97
 Störungen an Drehstrommotoren 120
 Strangspannung 31
 Strom, Wärmewirkung 16
 Strommesser 70
 Stromrichter 129
 Stromstärke 8
 Stromverdrängungsmotoren 109
 Stromwandler 128
 Syndrongenerator 101
 Synchronmotor 103
- Temperatureinfluß auf Widerstand 14
 Tragkraft eines Magneten 23
 Transformatoren s. Umspanner
 Treppenautomat 47

- Treppenbeleuchtung 46
Trockenelement 144
Trockengleichrichter 129
Trossen 34
Türöffner 47, 147
- Uebersetzungsverhältnis 123
Umdrehungszahlen der Drehstrom-
motoren 78
Umformer 135
Umhüllte Leitungen 33
Umspanner 123
Universalmotoren 115
Unterspannungswicklung 126
Ursprungszeichen 80
- Vergleich der Maßeinheiten 10
Verlegung, Bezeichnung der 46
Vorsätze für Einheiten 10
Vorwiderstand 71
- Wärmegradzahl 7, 14
Wärmemengen 9
Wärmewirkung, des el. Stromes 16
Wattmeter s. Leistungsmesser
Wechselspannung 26
- Wechselstrom 26
— Leistung 27
— Generator 101
— Reihenschlußmotor 116
— Synchronmotor 103
Wecker 146
Weckerschaltungen 146, 147
Wheatstonesche Brücke 72
Wichte 7, 151
Widerstand, el. 8
Widerstand, spez. 7, 8
Widerstand, Temperatureinfluß auf d. 14
Widerstand, Berechnung 12, 13
Widerstand, Schaltung 12, 13
Widerstand, Messungen 72
Widerstand, Schaltzeichen 47
Wirkleistung 27
Wirkstrom 30
Wirkung, chem. 16
Wirkungsgrad 82, 124
Wirkungsgrad der Beleuchtung 63
Wohnungsinstallation 48
- Zickzackschaltung 126
Zweileistungsmesserschaltung 76
Zweimaschinenumformer 135



Kennen Sie es schon?

Das Deutschbuch für Schule und Selbstunterricht

„Der Neue Tag“, die Tageszeitung der Deutschen in Böhmen
und Mähren, schreibt:

„Beim Durchblättern von

Dr. Ernst Ehehalts

Fröhlichem Deutschbuch

bleibt unser Blick an einer fett gedruckten Zeile haften: „Wenn“ und „würde“ beißen sich im Nebensatz, heißt es da. Das ist eine handfeste und einprägsame Regel dafür, daß die Umschreibung der Möglichkeitsform mit „würde“ in Bedingungssätzen stilwidrig ist. Diese Formulierung scheint uns für das ganze Büchlein zu sprechen: Es ist volkstümlich gehalten, nimmt sich den gemeinverständlichen Humor zum Partner, faßt sich kurz und geht doch auf Feinheiten ein. . . .

. . . Dem Autor kommt es hauptsächlich auf die Gebrauchsfertigkeit der vermittelten Erkenntnisse an, und so steigt er immer mitten in das praktische Leben hinein. Kein Wunder also, daß er sich der lieben „Orthographie“ besonders warm annimmt. Der reiche Skizzenschmuck und das muntere und übersichtliche Druckbild verhelfen sogar diesem durch Trockenheit erheblich belasteten Sprachkapitel zu einer gewissen Lebendigkeit, und das will schon etwas heißen. Der Bereich der Satzzeichen wurde aus der allgemeinen Rechtschreibung herausgelöst und hinter den Abschnitt über die Sprachlehre gestellt; nicht zu Unrecht, denn die Kenntnis der Sprachlehre fördert sehr das Verständnis für die Zeichensetzung. . . . Das „Fröhliche Deutschbuch“ ist ein Vademekum für Schüler und Berufstätige, den schreibbefähigten Landsler nicht zu vergessen.“

Michael Klement

Dr. Ernst Ehehalts FRÖHLICHES DEUTSCHBUCH

Lern- und Übungsbuch: 176 Seiten, 12. Auflage 1,95 RM

Kurzausgabe: 63 Seiten, 6. Auflage 0,60 RM

Verlag Dr. Max Gehlen, Berlin-Wilmersdorf

Landhausstraße 38

C 540
2346

C. Elektrische Elemente und Sammler

1. Gib den grundsätzlichen Aufbau eines Elementes an!

Zu einem elektr. Element gehören zwei verschiedene Leiter, die sich in einer leitenden Flüssigkeit (Elektrolyt) befinden.

2. Von welchen Faktoren ist die Größe der erzeugten Spannung abhängig?

Die Größe der Spannung des Elementes ist nur von der Art der Leiter und der Flüssigkeit abhängig. Ohne Einfluß sind die Plattengröße, die Form der Platten, der Plattenabstand und die Menge der Flüssigkeit. Bei gleicher Zusammensetzung gibt also ein großes Element genau die gleiche Spannung ab wie ein kleines.

3. Welche elektr. Elemente sind Dir bekannt?

- a) Nasse Elemente:
 - Salmiak- oder Beutelement,
 - Daniellelement,
 - Bunsenelement,
 - Meidingererelement,
- b) Trockene Elemente:
 - Salmiaktrockenelement.

4. Beschreibe kurz den Aufbau des Beutelementes!

Der negative Pol besteht aus einem Zinkzylinder. Als positiver Pol wird ein Kohlestab verwendet, dieser ist mit einem Leinenbeutel umgeben. In dem Beutel befindet sich ein Gemisch von gemahlener Kohle und gemahlenem Braunstein. Der Braunstein soll den Wasserstoff, der sich bei der Belastung des Elementes am positiven Pol bildet, binden. Als Elektrolyt wird eine wässrige Salmiaklösung verwendet.

BG Politechniki Śląskiej
nr inw.: 102 - 141141



Dyr.1 141141