



Ismail Kasikci

Elektrotechnik für Architekten, Bauingenieure und Gebäudetechniker

Grundlagen und Anwendung
in der Gebäudeplanung

Elektrotechnik für Architekten, Bauingenieure und Gebäudetechniker

Ismail Kasikci

Elektrotechnik für Architekten, Bauingenieure und Gebäudetechniker

Grundlagen und Anwendung in der
Gebäudeplanung



Springer Vieweg

Ismail Kasikci
Weinheim, Deutschland

ISBN 978-3-8348-0853-0
DOI 10.1007/978-3-8348-2057-0

ISBN 978-3-8348-2057-0 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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

Lektorat: Karina Danulat | Annette Prenzer

Korrektur: Dr. Martin Feuchte

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-vieweg.de

Vorwort

In vielen Studiengängen ist heute ein elektrotechnisches Grundwissen unbedingt erforderlich. Dieses Lehrbuch vermittelt die Grundlagen der Elektrotechnik für Studierende nichtelektrotechnischer Fachgebiete wie Architektur, Bauingenieurwesen, Gebäudetechnik, Informationstechnik oder auch Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen. Es ist sowohl für das Studium als auch für die anschließende Berufspraxis konzipiert und erleichtert den Einstieg in das Fachgebiet Elektrotechnik und in die elektrotechnischen Anwendungsgebiete. Als begleitendes Handbuch unterstützt dieses Buch auch die Berufstätigkeit und macht elektrotechnische Zusammenhänge verständlich.

Die Elektrotechnik spielt bei vielen Fragen der Gebäudetechnik eine wichtige Rolle wie beispielsweise bei der Gebäudeautomation und bei regenerativen Energiesystemen, deren Planung teilweise direkt mit der Gebäudeplanung verbunden ist.

Das vorliegende Lehrbuch soll das Vor- und Nacharbeiten der vorgestellten Themenschwerpunkte und Lehrinhalte erleichtern sowie ergänzende Hintergrundinformationen liefern. Auch wenn elektrotechnische Berechnungen im Rahmen der Gebäudeplanung in der Regel von Fachingenieuren oder im Falle kleinerer Bauvorhaben von Fachfirmen ausgeführt werden, sind doch die Lehrinhalte dieses Buches als Wissen für Studierende von Fächern wie Gebäudetechnik und Klimatechnik unverzichtbar und auch für Architekten und Bauingenieure zum Nachschlagen geeignet, wenn es auf ein Verständnis der Grundlagen der Elektrotechnik ankommt.

Dieses Lehrbuch behandelt schrittweise und verständlich zunächst die Grundlagen der Elektrotechnik und stellt sie in den Zusammenhang zur Technischen Gebäudeausrüstung und zur Energieumwandlung, Energieübertragung und Energieverteilung. Dabei wird die Bedeutung der Elektrotechnik für die gesamte gebäu-

detechnische Anlagenplanung erkennbar. Am besten gelingt das Verstehen der elektrotechnischen Grundlagen und Zusammenhänge, wenn Sie das Buch durcharbeiten und die Beispielaufgaben durchrechnen. Um den Stoff zu verstehen, müssen Sie üben, denn *Übung macht den Meister*.

Praxisnahe Beispiele in jedem Kapitel des Buches helfen, die Zusammenhänge zu erfassen. Im umfangreichen Literaturverzeichnis am Ende des Buches finden sich Empfehlungen für weiterführende Fachliteratur.

Allen meinen Fachkollegen und Bekannten, die mich durch ihre Anregungen, Kritiken und Vorschläge unterstützt haben, möchte ich herzlich danken.

Herrn Prof. Dipl.-Ing. Wolfram Pistohl, Herrn Prof. Dipl.-Ing. Franz Josef Krichenbauer, Herrn Karl-Heinz Kny und Herrn Volker Präuninger möchte ich meinen Dank für die kritische Durchsicht des Manuskriptes aussprechen.

Besonders danke ich den Firmen ABB STOTZ, Siemens, Dehn + Söhne, Trilux und Hager für die Überlassung der technischen Unterlagen.

Dank gebührt auch dem Springer Vieweg Verlag und insbesondere Frau Karina Danulat für die Unterstützung bei der Veröffentlichung des Buches.

Beim Verfassen eines Buches lassen sich an der einen oder anderen Stelle Schreibfehler nicht vermeiden, wofür ich Sie um Nachsicht bitte. Bei Fragen, Wünschen und Anregungen wenden Sie sich bitte gern an mich.

Weinheim, im Mai 2013

Ismail Kasikci

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	XXI
Abkürzungen	XXV
Indizes	XXVII
1 Einleitung	1
2 Einführung in die Elektrotechnik	5
3 Physikalische Größen und Einheiten	9
3.1 Physikalische Größen	9
3.2 Physikalische Gleichungen	11
3.3 Maß- und Einheitensysteme	13
4 Physikalische Grundbegriffe	17
4.1 Aufbau der Materie, Ladungen	17
4.2 Leiter, Halbleiter und Nichtleiter	21
4.3 Elektrischer Strom	23
4.4 Wirkungen des elektrischen Stromes	25
4.5 Beispiele: Stromstärke	26

4.5.1	Beispiel: Berechnung der Stromstärke	26
4.5.2	Beispiel: Berechnung der Ladung	27
4.6	Stromdichte	27
4.7	Beispiele: Stromdichte	28
4.7.1	Beispiel: Glühlampe	28
4.7.2	Beispiel: Fundamenterder	28
4.8	Elektrische Spannung	29
4.9	Beispiele: Elektrische Spannung	31
4.9.1	Beispiel: Arbeit	31
4.9.2	Beispiel: Spannung	31
4.10	Elektrischer Widerstand	31
4.11	Beispiele: Elektrischer Widerstand	34
4.11.1	Beispiel: Stromkreiswiderstand	34
4.11.2	Beispiel: Leitwert	34
4.11.3	Beispiel: Widerstand eines Leiters	34
4.12	Strom- und Spannungzählpeile	35
4.13	Erzeuger- und Verbraucherzählpeile	35
4.14	Elektrische Leistung, Arbeit und Energie	35
4.15	Wirkungsgrad	36
4.16	Beispiele: Elektrische Leistung	37
4.16.1	Beispiel: Pumpe	37
4.16.2	Beispiel: Hebebühne	37
4.16.3	Beispiel: Lampen parallel	38
4.16.4	Beispiel: Lampen in Reihe geschaltet	38
4.17	Beispiele: Strom, Spannung und Widerstand	39
4.17.1	Beispiel: Widerstandswerte	39
4.17.2	Beispiel: Glühlampe	39
4.18	Analogiebetrachtungen	39

Inhaltsverzeichnis	IX
5 Grundgesetze der Elektrotechnik	41
5.1 Das Ohmsche Gesetz	41
5.2 Die Kirchhoffschen Gesetze	42
5.2.1 Erster Kirchhoffscher Satz (Knotenregel)	43
5.2.2 Beispiel zum 1. Kirchhoff'schen Satz	44
5.2.3 Zweiter Kirchhoffscher Satz (Maschenregel)	45
5.2.4 Beispiel zum 2. Kirchhoff'schen Satz	46
6 Berechnung von Gleichstromkreisen	49
6.1 Reihenschaltung von Widerständen	51
6.1.1 Beispiel: Reihenschaltung der Leitungen	52
6.1.2 Beispiel: Reihenschaltung	52
6.1.3 Beispiel: Berechnung der Quellenspannung	53
6.2 Parallelschaltung von Widerständen	54
6.2.1 Beispiel: Parallelschaltung aus der Praxis	55
6.2.2 Beispiel: Parallelschaltung	55
6.3 Stern-Dreieck-Umwandlung	56
6.4 Wheatstonesche Brückenschaltung	57
6.5 Thevenin-Theorem (Lineare Spannungsquelle)	58
6.6 Norton Theorem (Lineare Stromquelle)	58
6.7 Überlagerungssatz (Superpositionstheorem)	59
7 Elektrische Quellen	63
7.1 Ideale Spannungsquelle	64
7.2 Reale Spannungsquellen	64
7.3 Ideale Stromquellen	66
7.4 Reale Stromquellen	66
7.5 Zweipoltheorie	67
7.6 Leistungsbilanz im Grundstromkreis	67

8	Messungen der elektrotechnischen Größen	69
8.1	Messen der Stromstärke	70
8.2	Messung der Spannung und des Spannungsfalls	70
8.3	Spannungsquelle und Innenwiderstand	70
8.4	Leistungsmessung bei Drehstrom	71
9	Elektrische Felder	73
9.1	Das elektrische Strömungsfeld	74
9.2	Das elektrostatische Feld	76
9.2.1	Elektrische Spannung und Potential	78
9.2.2	Elektrische Verschiebungsdichte D	79
9.2.3	Verschiebungsstrom	80
9.2.4	Kondensator und Kapazität	80
9.2.5	Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren	81
9.2.6	Parallelschaltung von Kondensatoren	82
9.2.7	Energie des elektrischen Feldes	83
9.2.8	Ladung und Entladung eines Kondensators	84
9.2.9	Anwendung von Kondensatoren	85
9.3	Beispiel: Reihen- und Parallelschaltungen	86
9.4	Beispiel: Gemischte Schaltung	86
10	Elektromagnetische Felder	87
10.1	Stationäres magnetisches Feld	87
10.2	Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld	89
10.3	Beispiel: Kräfte im magnetischen Feld	90
10.4	Bestimmung der Stromrichtung	91
10.5	Magnetische Feldgrößen	92
10.5.1	Magnetische Feldstärke H	92
10.5.2	Magnetische Flussdichte B	92

Inhaltsverzeichnis	XI
10.5.3 Magnetischer Fluss Φ	93
10.5.4 Durchflutungsgesetz	94
10.5.5 Magnetischer Kreis	95
10.6 Magnetische Eigenschaften der Materie	97
10.6.1 Wirkung des Ferromagnetismus	97
10.6.2 Wirkung des paramagnetischen Stoffes	98
10.6.3 Wirkung des Diamagnetismus	98
11 Veränderliche magnetische Felder	99
11.1 Das Induktionsgesetz	99
11.1.1 Rotatorische Induktion	101
11.1.2 Transformatorische Induktion	101
11.1.3 Lenzsche Regel	102
11.2 Induktivität und Selbstinduktion	103
11.3 Gegeninduktivität und Gegeninduktion	103
11.4 Zusammenschaltung von Induktivitäten	109
11.4.1 Reihenschaltung	109
11.4.2 Parallelschaltung	109
11.5 Beispiele: Magnetische Felder	110
11.6 Wirbelstrom und Skineffekt	111
11.6.1 Wirbelstrom	111
11.6.2 Skineffekt	111
11.7 Auf- und Entladevorgänge bei Induktivität	112
11.8 Magnetische Energie	113
11.9 Anwendung von Spulen	114
12 Grundbegriffe der Wechselstromtechnik	115
12.1 Kenngrößen von Wechselstrom	116
12.2 Einführung in das Rechnen mit komplexen Zahlen	118

12.2.1	Begriffe und Rechenregeln	118
12.2.2	Rechenregeln für komplexe Zahlen	120
12.3	Komplexe Größen der Wechselstromtechnik	120
12.4	Einfache Sinusstromkreise	122
12.4.1	Wechselspannung und -strom am Ohmschen Widerstand . .	122
12.4.2	Wechselspannung und -strom an einer Induktivität	122
12.4.3	Wechselspannung und -strom am Kondensator	123
12.5	Berechnung von Sinusstromnetzwerken	123
12.5.1	Reihenschaltung	124
12.5.2	Parallelschaltung	127
12.6	Leistungen im Wechselstromkreis	130
12.6.1	Blindstromkompensation	132
12.6.2	Leistungsfaktor	133
12.6.3	Beispiel: Leistungen	134
13	Drehstromtechnik	137
13.1	Arten der Drehstromsysteme, Bezeichnungen	137
13.2	Schaltungen der Drehstromsysteme	138
13.3	Schaltungen des Verbrauchers	144
13.4	Unsymmetrische Drehstromsysteme	146
13.5	Verkettungsfaktor	148
13.6	Leistungen in der Drehstromtechnik	148
13.7	Beispiel: Verbraucherströme	149
14	Normen und Vorschriften	151
14.1	Begriffe, Definitionen und Normen	151
14.2	Übersicht und Bedeutung über die Normen und Vorschriften . . .	154
14.2.1	DIN Deutsches Institut für Normung e.V.	154

14.2.2	DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik im DIN und VDE	155
14.2.3	DKE-Normungsarbeit	156
14.2.4	Arbeitsgruppen (Working Groups)	157
14.2.5	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations- technik e.V.	158
14.2.6	DIN-VDE-Normen	159
14.2.7	Institutionen, Verordnungen, Gesetze, Normen und techni- sche Vorschriften	159
15	Planung von Elektroanlagen	161
15.1	Art der Einspeisung	161
15.2	Leistungsbedarfsberechnung	162
15.3	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden (DIN 18015-1-2-3-4)	168
15.3.1	Begriffe	168
15.3.2	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden DIN 18015 Teil 1 - Planungsgrundlagen	168
15.3.3	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden DIN 18015 Teil 2: Art und Umfang der Mindestausstattung	173
15.3.4	Elektrische Anlagen in Wohngebäuden DIN 18015 Teil 3: Leitungsführung und Anordnung der Betriebsmittel	178
15.4	Elektrotechnische Anforderungen	181
16	Installationstechnik	183
16.1	Gesetzliche, behördliche und privatrechtliche Regelungen und Nor- men	183
16.2	Betriebsmittelvorschriften	187
16.2.1	Beleuchtung	187
16.2.2	Elektrische Installationen	188
16.2.3	Arbeitsplatzinstallationen	188
16.3	Starkstromanlagen	189

16.4	Empfangs- und Verteilanlage für Ton- und Fernsehgrundfunk	191
16.5	Kommunikationsanlagen	192
16.6	Installationsbus (KNX/EIB)	194
16.7	Installationsplan	196
16.8	Übersichtsschaltplan	196
16.9	DIN Normen	197
16.9.1	Haus-Anschlusseinrichtungen nach DIN 18012	197
16.9.2	Zählerplätze für Elektrizitätszähler	198
16.9.3	Schutzpotentialausgleich	201
16.10	Erdungsanlagen nach DIN VDE 0100-540	204
16.10.1	Auswahl und Errichtung von Erdungsanlagen	205
16.10.2	Erdungsarten	206
16.10.3	Fundamenterder nach DIN 18014	206
16.11	Leitfaden für die Gebäudeplanung	207
17	Schutzkonzepte	211
17.1	Begriffe und Benennungen	211
17.2	Physikalische Einwirkungen	212
17.3	Physiologische Einwirkungen	213
17.4	Wirkungen des elektrischen Stromes	213
17.5	Schutzkonzept	214
17.6	Art der Erdverbindung, Schutz durch automatische Abschaltung .	214
17.6.1	TN-Systeme	216
17.6.2	TT-Systeme	217
17.7	Abschaltzeiten	218
17.8	Schutzklassen	219
17.9	Schutzart	220
17.10	Fehlerberechnung	221

Inhaltsverzeichnis	XV
17.10.1 Berechnung eines TN-Systems	221
17.10.2 Berechnung eines TT-Systems	222
18 Niederspannungs-Schutzeinrichtungen	225
18.1 Leitungsschutzschalter (MCB)	226
18.2 Planungsgrundlagen von Schutzgeräten	227
18.3 Schmelzsicherungen	229
18.4 RCD (Fehlerstromschutzschalter)	230
18.5 Auswahl und Installation von RCDs	231
18.6 Anwendung der RCD in Wohngebäuden	232
18.7 Hauptleitungs-Schutzschalter	233
18.8 Leistungsschalter (MCCB)	234
18.9 Auslöser/Schutzfunktion des Leistungsschalters	234
19 Übertragungsmittel	237
19.1 Freileitungen	237
19.2 Kabel und Leitungen	238
19.3 Kurzschlussbelastbarkeit von Kabeln	243
20 Kenngrößen elektrischer Leitungen	245
20.1 Wirkwiderstand	245
20.2 Induktivität	246
20.3 Kapazität	247
21 Grundregeln der Kabeldimensionierung	249
21.1 Schutz von Kabeln und Leitungen	250
21.2 Allgemeine Anforderungen	251
21.3 Überstromanwendungen	253
21.4 Technische Anschlussbedingungen	253

21.5	Anordnung der Schutzeinrichtungen	255
21.6	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen	256
21.7	DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2	264
21.8	Kabeldimensionierung	265
21.9	Funktionserhalt von Kabeln und Leitungen im Brandfall	267
21.9.1	Grundlegende Anforderungen	267
21.9.2	Funktionserhalt der Leitungen	267
21.9.3	Dauer des Funktionserhaltes	267
21.10	Kabeltragsysteme	268
21.11	Befestigungssysteme	269
21.12	Montagesysteme	269
21.13	Kabelrinnensysteme	270
21.14	Überbelegung einer Kabeltrasse	271
21.15	Brandschutz	272
21.16	Akustik	273
22	Spannungsfall in elektrischen Anlagen	275
22.1	Spannungsfall im Gleichstromnetz	276
22.2	Spannungsfall im Wechselstromnetz	277
22.3	Spannungsfall im Drehstromnetz	279
23	Erdungsanlagen	281
23.1	Begriffe	281
23.2	Erdungsarten	283
23.3	Bedeutung des Schutzpotentialausgleichs	288
23.4	Beispiele für Erdung	290
23.4.1	Beispiel: Erdung des Transformatorgebäudes	290
23.4.2	Beispiel: Erdung eines Gebäudes	291

24 Blitzschutzanlagen 293

24.1 Begriffe und Definitionen 293

24.2 Planung von Blitzschutzanlagen 296

24.3 Blitzschutzklassen 299

 24.3.1 Erdungsanlage 301

 24.3.2 Werkstoff, Form und Mindestmaße von Erdern 303

24.4 Trennungsabstand 310

24.5 EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) Blitzschutzzonen-Konzept 312

 24.5.1 Planungsangaben zu Überspannungsableitern 314

 24.5.2 Anforderungsklassen für Überspannungsschutz-
 einrichtungen 315

24.6 Prüfungsmaßnahmen 316

24.7 Montagebeispiel 317

24.8 Dokumentation 319

25 Tages- und Kunstlicht 321

25.1 Begriffe und Definitionen 321

25.2 Beleuchtungskonzepte 324

25.3 Lichttechnische Gütemerkmale 325

25.4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke 326

25.5 Beleuchtungsstärken 327

25.6 Begrenzung der Direktblendung 327

25.7 Beleuchtungsarten 328

 25.7.1 Allgemeinbeleuchtung 328

 25.7.2 Arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung 329

 25.7.3 Einzelplatzbeleuchtung 329

25.8 Lichttechnische Anforderungen 329

25.9 Auswahl und Errichtung der Betriebsmittel 330

25.10 Beleuchtungsplanung	331
25.10.1 Berechnung mit der Lichtstärkemethode	332
25.10.2 Lichtstrommethode (Wirkungsgradverfahren)	332
25.10.3 Wirkungsgrade	334
25.10.4 Richtwerte für die Beleuchtungsplanung	335
25.11 Leuchten	335
25.12 Tageslichtplanung	337
26 Schaltanlagen	343
26.1 Transformatoren	343
26.1.1 Hauptbauformen	343
26.1.2 Belüftung von Transformatoren	345
26.2 Schaltanlagenräume	346
26.2.1 Druckentwicklung in Schaltanlagenräumen	346
26.2.2 Anordnung von Schaltfeldern	347
26.3 Niederspannungsanlagen	350
26.3.1 Verteileraufbau von NS-Schaltanlagen	352
26.3.2 Checkliste für NS-Schaltanlagen	353
27 Planung eines Wohngebäudes	355
27.1 Einleitung	355
27.2 Wohnsituation	355
27.3 Einspeisung	356
27.4 Übersicht des Verteilungssystems	356
27.5 Hausanschluss	356
27.6 Zählerplätze und Räume	356
27.7 Unterverteiler	358
27.8 Stromkreisverteilung	358
27.9 Festlegung des Ausstattungswertes	359

Inhaltsverzeichnis	XIX
27.10 Kommunikationstechnik	360
27.11 Brandschutz und Sicherheitstechnik	360
27.12 Anschlusswerte und Verbraucher-Tabelle	360
27.13 Festlegung der Bemessungswerte von Leitungen	361
27.14 Erdungsanlagen	361
27.15 Blitzschutz	362
27.16 Auslegung der Unterverteiler	362
27.17 Zusätzlicher Schutz durch RCDs	362
27.18 Vergleich der Berechnungen mit Simaris	363
27.19 Ermittlung des Leistungsbedarfs	363
27.20 Auslegung der Endstromkreise	367
27.21 Dimensionierung der Anlage	367
27.22 Berechnung des Spannungsfalls	368
27.23 Berechnung der Abschaltbedingungen	369
27.24 Selektivität	371
Literaturverzeichnis	373
Stichwortverzeichnis	381

Formelzeichen

A	Fläche, Querschnitt
a	Beschleunigung, Abstand
B	magnetische Flussdichte
B	Blindleitwert
b	Breite
C	Kapazität oder Konstante
c	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
d	Durchmesser oder Abstand der Leiter
d	Abstand der Ladung Q1 zu Q2
D	elektrische Flussdichte
E	elektrische Feldstärke
e	Elementarladung
e	Basis des natürlichen Logarithmus
F	Kraft
f	Frequenz
G	Wirkleitwert, Leitwert
H	magnetische Feldstärke
H_c	Koerzitivfeldstärke
h	Höhe
I	elektrische Stromstärke
i	Augenblickswert des Stromes
j	imaginäre Einheit
J	Stromdichte
κ	spezifischer Leitwert
L	Induktivität
l	Länge
m	Masse
M	Drehmoment

N	Windungszahl
n	Drehzahl
P	Wirkleistung
Q	Blindleistung, elektrische Ladung
R	elektrischer Widerstand
r	Radius
S	Scheinleistung
S	Querschnitt
s	Streufaktor
T	Periodendauer
t	Zeit
U	elektrische Spannung
u	Augenblickswert der Spannung
V	Volumen
v	Geschwindigkeit
W	Energie, Arbeit
W_m	magnetische Feldenergie
X	Blindwiderstand, Reaktanz
Y	Scheinleitwert
$\underline{Y}$	komplexer Leitwert (Admittanz)
Z	Scheinwiderstand, Impedanz
$\underline{Z}$	komplexer Widerstand (Impedanz)
α	Winkel
ϵ	Permittivität
ϵ_0	elektrische Feldkonstante
ϵ_r	Permittivitätszahl
η	Wirkungsgrad
Θ	Durchflutung
ϑ	Temperatur
λ	Leistungsfaktor
Λ	magnetischer Leitwert
μ	Permeabilität
μ_0	magnetische Feldkonstante
μ_r	Permeabilitätszahl
ρ	Dichte
ρ	spezifischer Widerstand
σ	Streuung
τ	Zeitkonstante
Φ	magnetischer Fluss
φ	Potential, Phasenwinkel
Ψ	elektrischer Fluss
ω	Winkelgeschwindigkeit

ω	Kreisfrequenz
κ	spezifischer Leitwert, Stoßfaktor
ρ_m	Dichte des Leitungsmaterials
$\cos \varphi$	Verschiebungsfaktor, Wirkfaktor
$\sin \varphi$	Blindfaktor

Abkürzungen

<i>Al</i>	Aluminium
<i>As</i>	Arsen
<i>ASR</i>	Arbeitsstättenrichtlinien
<i>B</i>	Bor
<i>BGV</i>	Berufsgenossenschaftliche Vorschriften
<i>BKZ</i>	Baukostenzuschuss
<i>CEE</i>	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment (Steckersystem)
<i>Cl</i>	Chlor
<i>CGPM</i>	Generalkonferenz für Maß und Gewicht
<i>DIN</i>	Deutsches Institut für Normung
<i>DS</i>	Dauerschaltung
<i>EMV</i>	Elektromagnetische Verträglichkeit
<i>ETSI</i>	European Telecommunications Standards Institute
<i>Ga</i>	Gallium
<i>G</i>	Generator
<i>HAK</i>	Hausanschlusskasten
<i>HEK</i>	Haupterdungsklemme
<i>HOAI</i>	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
<i>In</i>	Indium
<i>K, L, M, N</i>	Schale des Atommodells
<i>KNX</i>	Feldbus für die Gebäudeautomation
<i>LS</i>	Leistungsschalter
<i>LTS</i>	Lasttrennschalter
<i>LED</i>	Leuchtdioden
<i>LWL</i>	Lichtwellenleiter
<i>MCB</i>	Leitungsschutzschalter
<i>MLAR</i>	Muster Leitungsanlagen Richtlinie

<i>MSR</i>	Mess,- Steuer- und Regelungstechnik
<i>Na</i>	Natrium
<i>NB</i>	Netzbetreiber
<i>NS</i>	Niederspannung
<i>NTC</i>	Heißleiter
<i>PTC</i>	Kaltleiter
<i>P</i>	Phosphor
<i>RCD</i>	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
<i>Si</i>	Silizium
<i>Sb</i>	Antimon
<i>SI</i>	internationales Einheitensystem
<i>SA</i>	Schutzart
<i>SK</i>	Schutzklasse
<i>SPA</i>	Schutzpotentialausgleich
<i>SS</i>	Sammelschiene
<i>UGR</i>	Unified Glare Rating-Verfahren (Blendwert)
<i>USV</i>	Ununterbrochene Stromversorgung
<i>ÜSE</i>	Überstromschutz-Einrichtung
<i>UW</i>	Umspannwerk
<i>TN</i>	Art der Erdung
<i>TT</i>	Art der Erdung
<i>V</i>	Verbraucher
<i>VdS</i>	Verband deutscher Sachversicherer

Indizes

ac	Wechselstrom (Alternating Current)
dc	Gleichstrom (Direct Current)
e	Elektron
f	fiktiv
n	Nennwert
r	Bemessungswert
G	Generator, Wirkleitwert, Gesamt
HV	Hochspannung (High Voltage)
LV	Niederspannung (Low Voltage)
L	Leitung
K	Kabel, Kurzschluss
L1, L2, L3	Leiter des Drehstromnetzes
N	Neutralleiter
M	Motor
MV	Mittelspannung (Medium Voltage)
N	Neutralpunkt des Drehstromnetzes
p	Proton
Q	Anschlusspunkt der Netzeinspeisung
str	Strang
T	Transformator
–	Gleichstrom
~	Wechselstrom
Δ	Dreieckschaltung
Y	Sternschaltung

1 Einleitung

Die integrierte Planung von Gebäuden umfasst die Konzeption, Planung, Vorbereitung und Koordination der Ausführung, den Betrieb sowie die Modernisierung gebäudetechnischer und gebäudeklimatischer Systeme. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Abstimmung der einzelnen Gewerke untereinander.

Dazu gehören im Wesentlichen Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik, Brandschutz, Einbruchschutz, Gebäudeleittechnik und elektrische Energieverteilung. Das Gebäude muss dabei ganzheitlich betrachtet und die Funktionalität der Prozesse definiert werden.

Die Gebäudeautomatisierung und der Vernetzungsgrad zwischen den einzelnen Gewerken nehmen immer stärker zu. Dadurch können die Kosten für Investor, Nutzer und Betreiber des Gebäudes reduziert werden. Während der Planung eines Vorhabens müssen die Elektroinstallationen von Anfang an berücksichtigt werden.

Dieses Buch soll den Architekten, Bauingenieuren und Gebäudetechnikern helfen, die Komponenten der elektrischen Gebäudeausrüstung, der Energieverteilung und der Energieverbraucher besser zu verstehen.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die Teilgewerke der Elektrotechnik mit Anmerkungen [1], [2].

1. Mittelspannungsanlagen (Standort und Spannungshöhe),
2. Transformatoren (Standort und Bemessungsleistung),
3. Niederspannungshauptverteilungen (Standort und Abmessungen),
4. Kabel und Leitungen (Länge und Querschnitte),
5. Netzersatzanlagen/USV (Standort, Verbraucherart und Anschlussleistungen),
6. Erdungsanlagen und Schutzpotentialausgleich (Erdungsart),
7. Verlegesysteme von Kabel und Leitungen,
8. Installationsgeräte (Anforderungen),

9. Gebäudeautomation/Bussysteme (Schnittstellen, Anzahl der Daten, Art der Mess- und Regeltechnik),
10. Sonnenschutz (Steuerung und Umfang),
11. Blitzschutzanlagen, Überspannungsschutz (Anforderungen, Integration in das Gebäude)
12. Allgemeinbeleuchtung/Tageslichtnutzung (Anschlussleistungen, Raumplan),
13. Sicherheitsbeleuchtung (Anschlussleistungen, Raumplan),
14. Brandschutz- und Einbruchmeldeanlagen (Standort und Leistung),
15. Zutrittskontrollen/Zeiterfassung,
16. Antriebstechnik (Anschlussleistungen, Aufzüge, Pumpen, Anlaufverhalten)
17. Sprechanlagen (Anschlussleistungen, Ort),
18. ELA-Anlagen (Anschlussleistungen, Ort),
19. TV- und Antennenanlagen (Anschlussleistungen, Ort),
20. Uhrenanlagen (Anschlussleistungen, Ort),
21. LAN-Schränke und Datentechnik (Anschlussleistungen, Ort),
22. Heizung, Lüftung und Klimatechnik (elektrische Leistung, Standort).

Bild 1.1 gibt einen Gesamtüberblick der Systemkomponenten der wichtigsten konventionellen Betriebsmittel elektrischer Energieversorgungsnetze, die zu Beginn erläutert werden. Die einfache Beschreibung und Zusammenhänge wird in den darauf folgenden Kapiteln vermittelt.

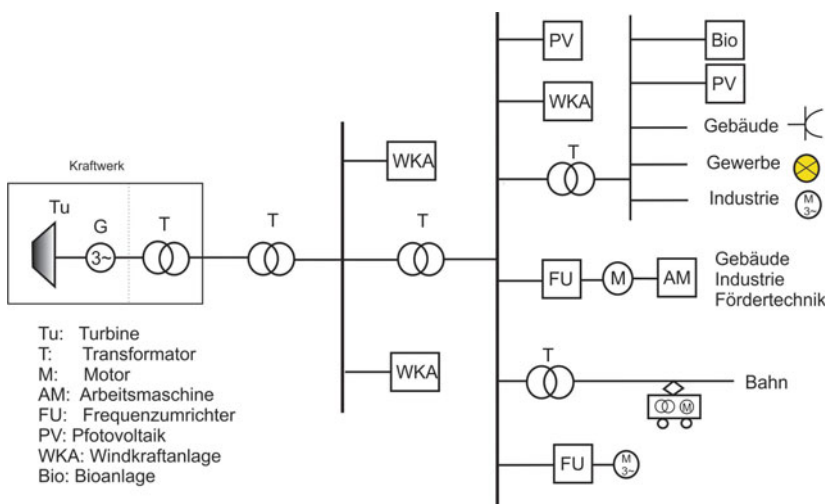


Bild 1.1: Elektrische Energiewandlung

Elektrische Energie wird in Kraftwerken durch Energieumwandlung bereitgestellt. Dabei werden Drehstromgeneratoren durch Wasser-, Dampf-, Gas- oder Windturbinen angetrieben. Die Spannung des Generators wird dann durch Blocktransformatoren hochtransformiert und über Übertragungsfreileitungen übertragen. Die Netztransformatoren verbinden die Verteilungsnetze mit unterschiedlichen Spannungen der Verbraucheranlagen. Der größte Teil der erzeugten Elektroenergie wird in Beleuchtungsanlagen und in elektrischen Asynchronmotoren in mechanische Energie umgewandelt.

Der Drehstrom-Transformator ist ein Betriebsmittel zur Übertragung und zum Transport von elektrischer Energie. Er besteht aus galvanisch getrennten Wicklungen auf einem Eisenkern, der mit einem oberen und unteren Joch miteinander verbunden ist. Die Transformatoren werden als Öl- oder Trockentransformatoren hergestellt.

Zur Übertragung dienen die Freileitungen, Kabel oder Sammelschienen. Bei Hoch- und Höchstspannungsleitungen werden Aluminium-Stahl-Seile verwendet. Die Bauform und das Material der Freileitungsmasten sind Holz-, Beton- und Stahlgittermasten. In Niederspannungsanlagen kommen Starkstrom-Kabel aus Kupfer oder Aluminium zum Einsatz. Die Grundtypen von Starkstrom-Kabeln sind Einleiter-Kabel, Gürtel-Kabel und Dreimantel-Kabel.

Kondensatoren werden in elektrischen Energieversorgungsnetzen zur Blindleistungskompensation eingesetzt. Der Leistungsfaktor der Anlage wird mindestens nach technischen Anschlussbedingungen (TAB) auf 95% erhöht. In Hochspannungsnetzen kommen reihen- oder parallel geschaltete Kondensatoren vor.

Für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb einer Energieversorgungsanlage müssen außerdem Schalt- und Schutzgeräte wie Leistungsschalter, Lastschalter, Trenner und Sicherungen installiert werden.

Weitere Betriebsmittel sind die Stromrichter, die in der Leistungselektronik zum Einsatz kommen. Gleich- oder Wechselrichter bei PV-Anlagen, Windkraftanlagen, USV-Anlagen oder Haushaltgeräte sind heute nicht mehr wegzudenken.

Im **Bild 1.2** ist ein Niederspannungssystem beispielhaft mit einem Motor und einer Steckdose gezeigt, die zwischen den Außenleitern bzw. dem Außenleiter und dem Neutraleiter angeschlossen sind. Eine Niederspannungsanlage wird normalerweise von der Hochspannung mit 20 kV oder 10 kV versorgt. Die Transformatoren werden direkt geerdet. Das Energieversorgungssystem wird entweder mit einem Vierleiter- oder Fünfleiter-System herausgeführt. Die Niederspannung beträgt 400 V/230 V, 50 Hz.

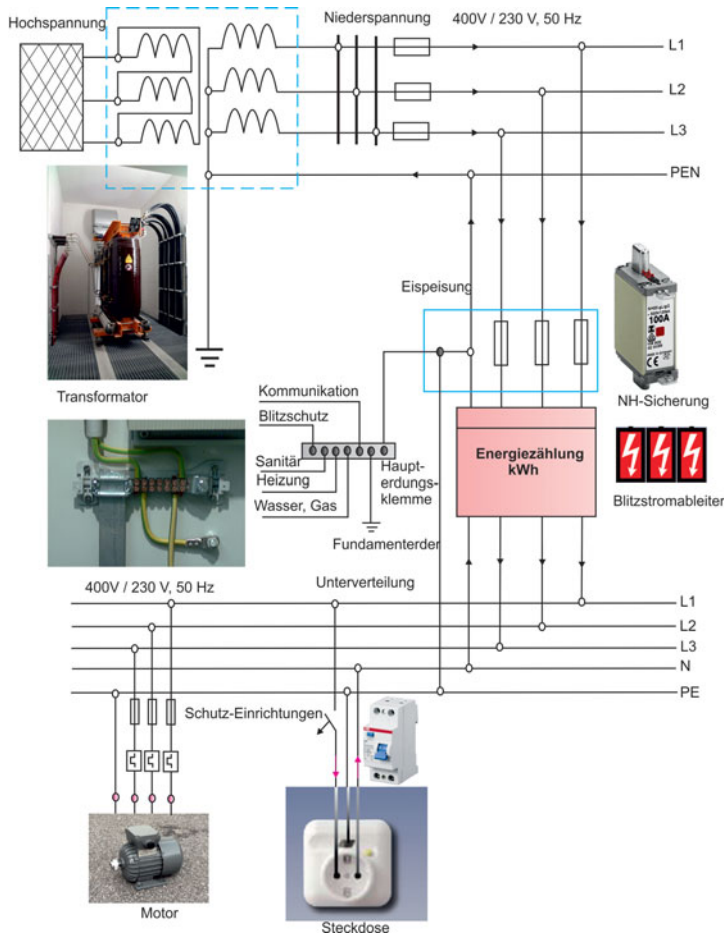


Bild 1.2: Drehstromsystem

2 Einführung in die Elektrotechnik

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen der Elektrotechnik beschrieben und ein Überblick über die Zusammenhänge der einzelnen Komponenten gegeben [1], [3], [5].

1. die elektrischen Komponenten der Elektrotechnik,
2. die Bedeutung der Elektrizität,
3. die Anwendungsgebiete der Elektrizität und
4. die Grundformeln.

Elektrotechnik und Mathematik sind zwei Fächer, vor denen man als Student und Studentin am meisten Angst hat. Elektrotechnik kann man nicht mit unseren Sinnesorganen wahrnehmen. Die elektrischen und magnetischen Erscheinungen der Elektrotechnik sind überall sichtbar. Ihre Auswirkungen erleben wir tagtäglich im Haushalt und in der Industrie.

Wir alle kennen die Begriffe **Strom**, **Spannung**, **Widerstand** und **Leistung**. Sie werden auch außerhalb der Elektrotechnik im täglichen Leben verwendet. Wir wissen auch, dass Strom sehr nützlich, aber auch gefährlich ist, wenn man mit ihm in Berührung kommt.

Wie kann man Elektrotechnik beschreiben?

Elektrotechnik ist die Wissenschaft von der technischen Anwendung der Elektrizität. Wir können nur die Auswirkungen erkennen.

Was ist die Elektrizität?

Elektrizität beschreibt alle Vorgänge und Erscheinungen in der Natur und in der Technik, die von elektrischen Ladungen und Strömen und damit verbundenen elektrischen und magnetischen Feldern hervorgerufen werden. Schon die alten