



Kurzer
Leitfaden der Elektrotechnik

für Unterricht und Praxis
in allgemein verständlicher Darstellung

Von

Rudolf Krause
Ingenieur

Dritte, verbesserte Auflage

Herausgegeben von

Professor **H. Vieweger**

Mit 349 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1918

**Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprache, vorbehalten.**

© 1918 Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1918

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1918

ISBN 978-3-662-42143-7 ISBN 978-3-662-42410-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-42410-0

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das vorliegende Buch verfolgt den Zweck, allen, welche die Elektrotechnik als Beruf ergreifen wollen, wie Studierenden, Technikern und Monteuren, eine möglichst klare Vorstellung der Vorgänge in elektrischen Apparaten und Maschinen zu geben. Es ist deshalb auch besonderes Gewicht auf Anschaulichkeit gelegt worden; rechnerische Beispiele sind dagegen nur wenig eingefügt, weil an Büchern, welche die rechnerische Seite der Elektrotechnik behandeln, kein Mangel ist, diese Bücher aber gewöhnlich zu wenig Gewicht auf Vorstellung der Vorgänge legen und auch nicht legen können, wenn sie nicht zu umfangreich werden sollen. Außerdem war der Verfasser bemüht, möglichst wenig mathematische Formeln für die Rechnungen aufzustellen, damit der Leser nicht verführt wird, gedankenlos die geeignete Formel anzuwenden, sondern es wurde immer vor der Rechnung versucht die Vorgänge durch die Vorstellung zu erklären und dann erst zu rechnen.

Die beigelegten Abbildungen zeigen meist das Prinzip der Gegenstände und sind für diesen Zweck vom Verfasser besonders gezeichnet, weil Photographien, namentlich bei Bogenlampen, Zählern, Meßinstrumenten und anderen verwickelten Apparaten zu viel, zwar für den fertigen Apparat Notwendiges, aber für das Verständnis seiner Wirkungsweise Überflüssiges und sogar Verwirrendes zeigen. Sicher kann man mit einer durchdachten, für den Zweck gewissermaßen stilisierten Skizze viel mehr erklären, als mit noch so vielen Beschreibungen überhaupt möglich ist, und deshalb sind vielleicht auch derartige Skizzen für die heute an den meisten Lehranstalten eingeführten Vorträge mit Lichtbildern geeignet.

Gegenüber der ersten Auflage dieses Buches ist die zweite Auflage wesentlich erweitert worden. Diese Erweiterung erwies sich als notwendig, weil die Elektrotechnik namentlich auf dem Gebiet der Hochspannungsanlagen in den letzten Jahren sehr große Fortschritte gemacht hat und hierüber ebenso ausführlich berichtet werden muß, wie über die übrige Starkstromtechnik.

Mittweida und Hemsbach a. d. B., Januar 1913.

Rudolf Krause.

Vorwort zur dritten Auflage.

Nach den anerkennenden Besprechungen und dem raschen Absatz der beiden ersten Auflagen lag nach dem Tode des Verfassers für den Herausgeber der dritten Auflage kein Grund zu wesentlichen Änderungen vor, zumal eine Erweiterung gegenwärtig nicht wünschenswert erschien. Gerügte Mängel, namentlich in bezug auf die Einheiten, wurden beseitigt. Neu eingefügt: Der Anleger von Dietze, der Isaria-Zähler, die Großgleichrichter, die Halbwatt-Lampen und die Nernstsche Quecksilberlampe. Bei den Gleichstrommaschinen wurde der Vorgang der Stromwendung beschrieben.

Mittweida, im Januar 1918.

H. Vieweger.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Grunderscheinungen des elektrischen Stromes.	
Einleitung	1
Geschichtliches	1
Magnetische- und Warmewirkungen des Stromes	4
Gleichstrom	5
Wechselstrom	5
Chemische Wirkung des Stromes	6
Wesen des elektrischen Stromes (Elektronen)	6
II. Stromstärke, Spannung, Widerstand, Watt, Magnetismus, Leistung und Arbeit bei Gleich- und Wechselstrom.	
Elektrische Kraft und Spannung	10
Volt, Ampere, Ohm	10
Gesetz von Ohm	10
Verschiedene Leitfähigkeit der Metalle	11
Spezifischer Widerstand der Metalle	12
Zusammenhang zwischen elektrischer und Wärme-Leitung	13
Nichtleiter oder Isolatoren	14
Spannungsverbrauch	15
Messung der Spannungen mit dem Voltmeter	16
Klemmenspannung	16
Schaltung von Volt- und Amperemeter (Fig. 4)	16
Hintereinanderschaltung von Widerständen	17
Parallelschaltung von Widerständen	17
Parallelschaltung von gleichen Widerständen und elektrischen Lampen	19
Gemischte Schaltung	19
Arbeit und Leistung (PS)	19
Zusammenhang zwischen Wärme und mechanischer Arbeit	20
Zusammenhang zwischen Elektrizität und Wärme	21
Watt	21
Zusammenhang zwischen Elektrizität und mechanischer Arbeit	22
Magnetismus	22
Erklärung des Magnetismus durch Moleküllagerung	23
Dauermagnete	24
Dauermagnetismus bei weichem Eisen (dynamoelektrisches Prinzip)	24
Elektromagnete	25
Lasthebemagnete	27
Kraftlinien von Magneten	27
Kraftlinien des Stromes (Korkzieher-Regel)	30
Wechselfeld des Wechselstromes	32

	Seite
Erzeugung von elektromotorischer Kraft durch Ändern des Feldes	33
Scheinbarer Widerstand infolge von Selbstinduktion	34
Induktionsspulen zum Schutz von Maschinen und Apparaten	34
Öffnungsflamme und Extraspannung beim Unterbrechen	35
Schalter zum Ausschalten von induktiven Stromkreisen	36
Phasenverschiebung	36
Scheinbare Watt	39
Leistungsfaktor ($\cos \varphi$)	40
Drosselspulen	40
Sinuskurve des Wechselstromes	41
Drei Voltmetermessung und Hintereinanderschaltung	42
Spannungsdreieck	44
Selbstinduktionskoeffizient	45
Rechenbeispiele über scheinbaren Widerstand usw.	45
Drei Amperemetermessung und Parallelschaltung	47
Beispiele	47
Kondensator	48
Hintereinanderschaltung von Kondensator und Selbstinduktion	49
Dreiphasenstrom	49
Sternschaltung	51
Dreieckschaltung	52
Leistungsmessung mit drei Wattmetern	53
„ „ „ einem Wattmeter	53
„ „ „ zwei Wattmetern	54

III. Die Erzeugungsarten des elektrischen Stromes.

Erzeugung einer elektromotorischen Kraft durch Magnetfeld und Leiter (Induktion)	55
Handregel für die Induktion	56
Transformator	58
Erzeugung von Wechselstrom mit Drahtschleife und Schleifringen	60
„ „ Gleichstrom mit Drahtschleife und Kollektor	62
„ des elektrischen Stromes aus Wärme, Thermoelemente	63
„ „ „ durch chemische Vorgänge, galvanische Elemente	63
Zersetzung von Wasser durch den Strom	64
„ „ Salzösungen (Kupfervitriol) durch den Strom	65
Erklärung der chemischen Wirkung	65
Entstehung der elektrischen Kraft im Volta-Element	66
Schwächung der galvanischen Elemente durch Polarisation	67
Verhinderung der Polarisation durch Depolarisatoren	68
Leclanche-Element	68
Cupron-Element	69
Kapazität des Cupron-Elementes	69
Wedekind-Elemente für Starkströme	70
Kapazität der Wedekind-Elemente	71
Akkumulatoren	71
Bleiakkumulator	71
Araometer zur Feststellung des Ladezustandes von Akkumulatoren	72
Edison-Akkumulator	73

IV. Elektrische Meßinstrumente.

Präzisionsinstrumente	75
Drehspulinstrumente	75

	Seite
Drehspulinstrumente von Weston	76
Zweck der Dämpfung	77
Elektromagnetische Dämpfung	77
Meßwiderstand zur Messung starker Ströme mit Drehspulinstrumenten	78
Weicheisen-Instrumente	79
Weicheisen-Instrument von Siemens & Halske	80
„ „ der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft	81
„ „ von Dr. P. Mayer A.G.	82
Hitzdraht-Instrumente	83
Dynamische Instrumente	84
Dynamisches Weston - Instrument	84
Arbeitsweise des Wattmeters	85
Weston - Wattmeter	86
Wattmeter von Siemens & Halske	87
„ „ der Allgem. Elektrizität.-Gesellschaft	88
Statische Instrumente	88
Statisches Voltmeter der Westinghouse Mfg. Co.	89
Repulsions-Instrument	90
Ferraris - Instrument	91
Meßtransformatoren	92
Anleger von Dietze	92
Frequenzmesser	93
Zähler	94
Aron - Zähler mit Pendeln	94
Motorzähler	97
Wattstundenzähler	97
Amperestundenzähler von Siemens - Schuckert und Isaria-Werken	98
Wechselstrom-Induktionszähler	100
Aron - Induktionszähler	100
Isaria-Induktionszähler	101
Gekuppelte Zähler für Dreiphasenstrom	101
Stia-Zähler für Gleichstrom	101

V. Stromerzeuger (Generatoren) für Gleichstrom.

Teile der Gleichstrom-Generatoren:	
zweipolige Magnetsysteme	104
vierpolige „	105
Anker	107
Anker mit Luftung	107
Aufbau des Ankers aus Blechen	108
Wesen des Wirbelstromverlustes	108
„ „ Ummagnetisierungs- oder Hysteresis-Verlustes	109
Verlust in den Widerständen der Wicklung	109
„ „ durch Reibung	110
Wirkungsgrad	110
Beispiele	111
Trommelankerwicklung	111
Formspulen- oder Schablonenwicklung	112
Ältere Holzschablone zur Herstellung von Formspulen	113
Stabwicklung	115
Kollektor oder Stromwender und sein Aufbau	115
Bursten	116
Burstenbrücke	118
Riemenmaschine	119

	Seite
Maschinen für direkte Kupplung	119
Schaltung der Gleichstromgeneratoren:	
Hauptstrommaschine	120
Selbsterregung (dynamoelektrisches Prinzip)	120
Leerlaufcharakteristik	122
Beispiele über Selbsterregung	123
Rückwirkung des Ankerstromes	125
Regel für die Auflagestelle der Bürste	126
Feldverschiebung bei Generatoren und Motoren	127
Bürstenverschiebung bei Belastungsänderungen und ihre Vermeidung	128
Schwächung des Hauptfeldes durch das Ankerfeld	128
Stromwendung	129
Arbeitsweise der Hauptstrommaschine	130
Nebenschlußmaschine	131
Schaltung	132
Selbsterregung	133
Verhalten der Nebenschlußmaschine im Betriebe	135
Maschine mit Fremderregung	136
Maschine mit gemischter Schaltung (Kom poundmaschine)	137
Größe der Gleichstrommaschinen	138
Wendepole und Kompensationswickelungen	139
Magnetsystem mit Kompensationswicklung nach D é ri	140
Anker für Turbodynamos	141

VI. Stromerzeuger für Wechselstrom, ein- und mehrphasig.

Anker mit ruhender Wickelung	142
Polrad unlaufend	142
Einphasige Wickelung	143
Zweiphasige Wickelung	143
Dreiphasige Wickelung	144
Sternschaltung	146
Dreieckschaltung	146
Vorzüge des Dreiphasenstromes	147
Magnetsystem der Wechselstromerzeuger	148
Polrad für Einphasenstrom	149
Feldspulen	149
Polrader für Dreiphasenstrom	149
Schutzmittel gegen das Pendeln	150
Anker der Wechselstromerzeuger	152
Wickelung	152
Handwicklung	153
Formspulenwicklung	153
Riemenmaschine für Wechselstrom	154
Wechselstrommaschine für direkte Kuppelung	155
Erregemaschine	156
Wechselstromturbodynamos	157

VII. Motoren für Gleichstrom.

Schema des Gleichstrommotors	158
Änderung der Drehrichtung	160
Anlasser zum Einschalten des Motors	160
Gegenelektromotorische Kraft im Anker des Motors und Anlassen	162
Nebenschlußmotor im Betriebe	164

	Seite
Schutzeinrichtungen am Anlasser	166
Anlassen von Hauptstrommotoren	167
Hauptstrommotor im Betriebe	167
Verwendung von Hauptstrom- und Nebenschlußmotor	168
Umschalten der Drehrichtung durch Wendeanlasser	169
Motoren mit gemischter Schaltung	170
Äußeres der Motoren	171
Straßenbahnmotoren	171
Verluste in den Motoren und Wirkungsgrad	172
Beispiele	172
Regelung der Umlaufzahl	173

VIII. Motoren für Wechselstrom.

Synchronmotoren	174
Synchronumformer	177
Asynchrone Motoren	179
Drehfeldmotoren	179
Zweipolige Drehfeldwicklung	182
Vierpolige Drehfeldwicklung	182
Kurzschluß- oder Käfigwicklung	184
Umkehrung der Umlaufsrichtung	184
Arbeitsweise des asynchronen Motors	186
Läufer mit Draht- oder Stabwicklung (Schleifringanker)	187
Anlasser für Drehfeldmotoren	187
Sterndreieckschalter	188
Motor von Dassenoy	189
Einphasen-Asynchronmotoren	190
Anlauf mit Hilfswickelung	190
Kollektormotoren	194
Reihenschluß- oder Hauptstrommotor	194
Tourenregelung	196
Repulsionsmotor	197
Kollektormotoren für Dreiphasenstrom	197
Doppelrepulsionsmotor von Brown & Boveri	198
Kollektormotor von Winter & Eichberg (A. E. G.)	199

IX. Umformer und Spannungswandler (Transformatoren).

Zweck einer hohen Spannung	200
Umwandeln der Stromart durch Umformer	201
Drehumformer	201
Einankerumformer	202
Motor-Generatoren	204
Ruhende Transformatoren	204
Eisenkörper der Transformatoren	205
Spulen der Transformatoren	206
Öl in Anwendung bei Transformatoren	207
Dreiphasige Transformatoren	207
Zick-Zack-Schaltung für ungleiche Phasenbelastung	209
Quecksilber-Gleichrichter	210
Großgleichrichter	211

X. Schalter, Sicherungen und Schutzvorrichtungen gegen Überstrom und Überspannungen nebst Isolatoren.

Schalter	213
Hebelschalter mit Momentschaltung	213

	Seite
Kniehebelschalter für sehr starke Ströme	214
Hebelschalter für die Rückseite der Schalttafel	215
Trennschalter	215
Hörnerschalter	216
Überspannungen	217
Überspannungsschutz	218
Elektrolytableiter	218
Schalter für Hochspannungsanlagen	220
Nullstromschalter für Niederspannung	220
Überstromschalter für Niederspannung	221
Ölschalter mit Überstromschutz	223
Ölschalter mit Fernsteuerung	223
Zeitschalter für selbsttätige Auslösung von Ölschaltern	225
Sicherungen	228
Streifensicherungen	229
Sicherungen für Hausanschlüsse	230
Röhrensicherungen für Hochspannung	230
Verlegungsarten der Leitungen	231
Porzellanglecken oder Isolatoren	233
Hochspannungsisolatoren	233
Hängeisolatoren	234

XI. Das elektrische Licht und die elektrischen Lampen.

Glühlampen mit Kohlenfaden	236
Fassung für Glühlampen	237
Lichtstarke	237
Brenndauer	238
Metallfadenlampen	238
Osmiumlampe	238
Osramlampe	239
Tantalampe	240
Halbwattlampen	240
Zweckmäßige Aufhängung der Lampen	241
Lichtbogen oder Flammenbogen	242
Hauptstrombogenlampen	243
Nebenschlußlampe	244
Zweck des Vorschaltwiderstandes	244
Dreisaltung	247
Differenzbogenlampen	247
Dauerbrandlampen	248
Sparer von Siemens & Halske	249
Effektkohlen	249
Intensivflammenbogenlampen	250
Beschlagfreie Armaturen	251
Schrägstehende Kohlen	251
Beck - Lampe	252
Conta - Lampe	253
Timar - Dreger - Lampe	254
Lampe für indirekte Beleuchtung	255
Wechselstromlampen	255
Quecksilberdampflampen	256
Steinmetz - Lampe	258
Quarzlampe	258
Quecksilberlampen für Wechselstrom	259

	Seite
Wechselstromlampe von Pole	260
Lampe von Nernst	262
Künstliche Höhensonne	262
Wattverbrauch von Bogenlampen	263
Temperatur und Licht	263
Vorzüge des elektrischen Lichtes	263
Kaltes Licht in Geißlerschen Röhren	264
Röhrenlicht von Moore	265

XII. Elektrische Stromerzeugungs- und Verteilungs-Anlagen.

Zentralen zur Erzeugung von Elektrizität	267
Gleichstromanlage mit zwei Maschinen	267
Schalttafel	269
Eine Maschine mit Akkumulatoren	271
Zellenschalter	272
Anzahl der Akkumulatorzellen	273
Zentralen für Ortschaften	276
Speiseleitungen	276
Speisepunkte	276
Verteilungsleitungen	277
Dreileitersystem	277
Anschlüsse zum Umschalten bei Dreileiteranlagen	278
Nulleiter an die Mitte der Batterie	279
Nulleiter an Ausgleichsmaschinen	280
Wechselstromschaltungen	281
Phasenindikator	281
Glühlampen als Phasenindikatoren	282
Weston-Synchroskop	283
Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen mit selbsttatigen Apparaten	284
Phasenlampen bei Hochspannung	286
Elektrische Bahnen	287
Schaltwalzen	288
Vollbahnen mit Wechselstrom	290
Elektrische Lokomotive	290
Schützensteuerung für Lokomotive	292
Arbeitsübertragung auf größere Entfernung mit Gleichstrom	292
Schlußbemerkungen	295