

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung und allgemeine Grundbegriffe	25
1.1. Wesen der Elektrizität	25
1.2. Grundbegriffe der Elektrizität.....	28
1.2.1. Spannung, Strom	28
1.2.2. Ohmsches Gesetz	29
1.2.3. Elektrischer Stromkreis	30
1.2.3.1. Pole und Stromrichtung.....	31
1.2.3.2. Stromdichte	31
1.2.3.3. Parallel- und Reihenschaltung	32
1.2.3.4. Kurzschließen	32
1.2.4. Widerstände.....	33
1.2.4.1. Spezifischer elektrischer Widerstand	33
1.2.4.2. Berechnung von Widerständen	35
1.2.4.3. Widerstandswerkstoffe	36
1.2.4.4. Stellwiderstände.....	40
1.2.4.5. Flüssigkeitswiderstände	42
1.2.4.6. Eisen-Wasserstoff-Widerstände	43
1.2.4.7. Temperaturabhängige Widerstände, Heißeiter	43
1.2.4.8. Widerstand des menschlichen Körpers	45
1.2.5. Spannungsfall	46
1.2.6. Kurzschluß	48
1.2.7. Kirchhoffsche Gesetze	48
1.2.7.1. Erstes Kirchhoffsches Gesetz	49
1.2.7.2. Zweites Kirchhoffsches Gesetz	49
1.2.8. Gesamtwiderstand, Widerstandsmessung	50
1.2.8.1. Reihenschaltung von Widerständen	50
1.2.8.2. Parallelschaltung von Widerständen	50
1.2.8.3. Widerstandsmessung	52
1.2.9. Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad	53
1.2.9.1. Leistung	53
1.2.9.2. Arbeit	57
1.2.9.3. Wirkungsgrad	58

1.3. Magnetismus	60
1.3.1. Natürliche Magnete	60
1.3.2. Magnetisches Feld	61
1.3.3. Magnetische Feldlinien	62
1.3.4. Magnetische Influenz	63
1.4. Elektromagnetismus	63
1.4.1. Erzeugung von Magnetismus durch elektrischen Strom	63
1.4.2. Bestimmung der Richtung des magnetischen Feldes aus der Stromrichtung	66
1.4.3. Magnetische Feldstärke	66
1.4.4. Magnetischer Fluß, magnetischer Widerstand, magnetische Leitfähigkeit	67
1.4.5. Magnetische Flußdichte	70
1.4.6. Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	71
1.4.7. Magnetisierungskurven, magnetische Sättigung	73
1.4.8. Restmagnetismus und Hysteresisverluste	74
1.4.9. Tragkraft eines Elektromagneten	77
1.5. Elektrisches Feld	77
1.5.1. Statische Ladung eines Körpers	77
1.5.2. Kräfte im elektrischen Feld	77
1.5.3. Kondensator	78
1.5.3.1. Fassungsvermögen	78
1.5.3.2. Ausgleich der Ladungen	80
1.5.3.3. Arten von Kondensatoren	81
1.6. Umwandlung mechanischer Arbeit in elektrische Energie	82
1.6.1. Grundlagen der Induktion	82
1.6.1.1. Induktion in einer Spule	83
1.6.1.2. Induktion in einem geraden Leiter	84
1.6.1.3. Induktionsgesetz	85
1.6.2. Bestimmung der Induktionsrichtung	85
1.6.3. Größe der induzierten Spannung	87
1.6.4. Induktionsapparat	89
1.6.5. Wirbelströme	90
1.7. Wechselstrom	92
1.7.1. Erzeugung von Wechselstrom	92
1.7.2. Frequenz	95
1.7.3. Effektivwert	96
1.7.4. Ohmsches Gesetz bei Wechselstrom	97
1.7.4.1. Selbstinduktion – induktiver Widerstand	97
1.7.4.2. Kapazitiver Widerstand	103
1.7.4.3. Induktiver und kapazitiver Widerstand im Wechselstromkreis	105
1.7.5. Leistung bei Wechselstrom	106
1.7.6. Nachteile eines schlechten Leistungsfaktors	112

1.8. Drehstrom	113
1.8.1. Erzeugung von Drehstrom	113
1.8.2. Verkettung	114
1.8.3. Sternschaltung	116
1.8.4. Dreieckschaltung	117
1.8.5. Leistung bei Drehstrom	119
1.9. Berechnung von Leitungen	120
1.9.1. Leistungsverlust in einer Leitung	120
1.9.2. Querschnittsberechnung bei Gleichstrom	122
1.9.2.1. Nach dem Spannungsfall	122
1.9.2.2. Nach dem Leistungsverlust	124
1.9.3. Querschnittsberechnung bei Wechselstrom	126
1.9.4. Querschnittsberechnung bei Drehstrom	129
1.9.5. Energieübertragung mittels Gleich-, Wechsel- und Drehstroms	131
2. Elektrische Meßgeräte	133
2.1. Zweck der Meßgeräte	133
2.2. Anzeigende und schreibende elektrische Meßinstrumente	133
2.2.1. Meßinstrument, Meßwerk, bewegliches Organ	133
2.2.2. Aufschriften auf den Meßinstrumenten	133
2.2.3. Kennzeichnung der Meßgrößen	135
2.2.4. Genauigkeitsklassen der Meßinstrumente	135
2.2.5. Nennbedingungen und Einflußbereiche	137
2.2.6. Empfindlichkeit, Skalenkonstante	138
2.2.7. Skale, Meßbereich, Anzeigebereich	138
2.2.8. Lagerung	139
2.2.9. Richtmoment	141
2.2.10. Dämpfung, Beruhigungszeit, erste Überschwingung	141
2.2.11. Schutz gegen Fremdfelder	142
2.2.12. Zubehör	143
2.2.13. Meßwerke elektrischer Meßinstrumente	144
2.2.13.1. Drehspulmeßwerk	144
2.2.13.2. Drehspulmeßwerk mit Gleichrichter	146
2.2.13.3. Drehspulmeßwerk mit Thermoumformer	147
2.2.13.4. Kreuzspulmeßwerk (Quotientenmeßwerk)	147
2.2.13.5. Drehmagnetmeßwerk	149
2.2.13.6. Dreheisenmeßwerk	150
2.2.13.7. Eisengeschlossenes elektrodynamisches Meßwerk	151
2.2.13.8. Eisenloses elektrodynamisches Meßwerk	153
2.2.13.9. Hitzdrahtmeßwerk	154
2.2.13.10. Bimetallmeßwerk	154
2.2.13.11. Elektrostatisches Meßwerk	155
2.2.13.12. Vibrationsmeßwerk (Zungenfrequenzmesser)	156

2.2.14.	Strom- und Spannungsmessung	158
2.2.14.1.	Allgemeines	158
2.2.14.2.	Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung	158
2.2.14.3.	Wechselstrom- und Wechselspannungsmessung	161
2.2.15.	Leistungsmessung, Leistungsfaktormessung	163
2.2.15.1.	Allgemeines	163
2.2.15.2.	Wirkleistungsmessung	164
2.2.15.3.	Blindleistungsmessung	166
2.2.15.4.	Leistungsfaktormessung	166
2.2.16.	Meßinstrumente für andere Messungen	167
2.2.16.1.	Frequenzmesser	167
2.2.16.2.	Direkt anzeigende Widerstandsmesser	168
2.2.16.3.	Isolationsmesser	169
2.2.16.4.	Erdungsmesser	170
2.2.16.5.	Drehfeldrichtungsanzeiger	170
2.2.17.	Ausführungsformen elektrischer Meßinstrumente	170
2.2.17.1.	Schalttafelinstrumente	171
2.2.17.2.	Geräteeinbauinstrumente	172
2.2.17.3.	Tragbare Betriebsmeßinstrumente	173
2.2.17.4.	Feinmeßinstrumente, Labormeßinstrumente	175
2.2.17.5.	Schreibende Meßinstrumente	175
2.3.	Meßwandler	177
2.4.	Elektrizitätszähler	179
2.4.1.	Gleichstromzähler	180
2.4.2.	Wechselstromzähler	180
2.4.3.	Sonderzähler	182
2.5.	Galvanometer	183
2.6.	Kompensatoren, Kompensografen	185
2.7.	Meßbrücken	190
2.8.	Lichtstrahloszillografen	193
2.9.	Elektronische Meßgeräte	197
2.9.1.	Röhrenvoltmeter	197
2.9.1.1.	Universal-Röhrenvoltmeter	198
2.9.1.2.	Röhrenvoltmeter mit Gleichspannungs-Zerhackerverstärker	199
2.9.1.3.	Röhrenvoltmeter mit Breitband-Wechselspannungsverstärker	200
2.9.1.4.	Röhrenvoltmeter mit selektivem Verstärker	201
2.9.2.	Elektronenstrahloszillografen	202
2.9.2.1.	Serviceoszilloskop	205
2.9.2.2.	Labor- und Meßoszilloskope	205
2.9.2.3.	Spezialoszilloskope	206

2.9.3.	Meßgeräte mit digitaler Anzeige	208
2.9.3.1.	Impulszähler ohne Zeitbegrenzung	209
2.9.3.2.	Spannungsmesser mit digitaler Anzeige	210
3.	Transformatoren	212
3.1.	Arbeitsweise	212
3.2.	Bauformen	214
3.2.1.	Magnetgestell	214
3.2.2.	Einphasentransformator	214
3.2.3.	Drehstromtransformator	215
3.2.4.	Sondertransformatoren	215
3.3.	Eisenkern	216
3.4.	Wicklungen	217
3.5.	Schaltungen	218
3.5.1.	Standardisierung der Nennleistungen von Transformatoren	221
3.5.2.	Spartransformator	222
3.5.3.	Dreiwicklungstransformatoren	223
3.6.	Kühlung	223
3.6.1.	Verluste	223
3.6.2.	Öltransformatoren	223
3.6.3.	Trockentransformatoren	224
3.6.4.	Claphentransformatoren	225
3.6.5.	Kühlung durch geeignete Aufstellung	225
3.7.	Parallelbetrieb	227
3.8.	Kurzschlußspannung	229
3.9.	Wirkungsgrad	232
3.10.	Betriebsverhalten	233
3.11.	Leistungsschild	235
3.12.	Spannungseinstellung	235
3.13.	Schutzeinrichtungen	236
3.14.	Verwendung der Transformatoren	237
4.	Elektrische Maschinen	241
4.1.	Allgemeines	241
4.1.1.	Hinweise zur Gliederung	241
4.1.2.	Stromarten	241
4.1.3.	Spezielle Begriffe des Elektromaschinenbaus	242
4.1.3.1.	Arbeitsweise	242
4.1.3.2.	Drehsinn	243
4.1.3.3.	Nennbetrieb	243
4.1.3.4.	Einteilung der Motoren nach der Drehzahländerung	243

4.1.3.5.	Nennbetriebsarten	244
4.1.3.6.	Leistung und Drehmoment	247
4.1.4.	Wärmebeständigkeit und Grenzüber Temperatur	249
4.1.4.1.	Thermische Begriffe	249
4.1.4.2.	Klassen der Wärmebeständigkeit und der Grenzüber Temperatur	250
4.1.5.	Benennung der Bauteile	252
4.1.6.	Konstruktive Ausführungen	253
4.1.6.1.	Bauformen	253
4.1.6.2.	Schutzgrade	256
4.1.6.3.	Kühlungsarten	257
4.1.6.4.	Schlagwetter- und Explosionsschutz	258
4.1.7.	Leistungsschild und Wirkungsgrad	259
4.1.7.1.	Leistungsschild	259
4.1.7.2.	Verluste und Wirkungsgrad	260
4.1.8.	Schaltzeichen und Klemmenbezeichnungen	261
4.2.	Gleichstrommaschine	262
4.2.1.	Grundprinzip	262
4.2.1.1.	Umwandeln von Wechselstrom in gleichgerichteten Strom mit dem Kommutator	262
4.2.1.2.	Entstehen einer Gleichspannung in einer geschlossenen Wicklung	263
4.2.2.	Aufbau	265
4.2.2.1.	Ständer	266
4.2.2.2.	Hauptpole	267
4.2.2.3.	Wendepole	268
4.2.2.4.	Kompensationswicklung	268
4.2.2.5.	Läufer	269
4.2.2.6.	Kommutator und Bürstenstern	270
4.2.2.7.	Läuferwicklungen	273
4.2.3.	Wirkungsweise	277
4.2.3.1.	Innerer Spannungsfall und Läuferückwirkung	277
4.2.3.2.	Lamellenspannung	280
4.2.3.3.	Bürstenverstellung	281
4.2.3.4.	Kommutierung (Stromwendung)	283
4.2.3.5.	Wendepole	283
4.2.3.6.	Kompensationswicklung	284
4.2.3.7.	Gleichstrommaschine als Motor	285
4.2.4.	Schaltungen und Betriebseigenschaften der Gleichstromgeneratoren ...	289
4.2.4.1.	Schaltzeichen und Richtungsregeln	289
4.2.4.2.	Schaltungen der Gleichstromgeneratoren	291
4.2.4.3.	Reihen- und Parallelschaltung von Generatoren	297
4.2.4.4.	Gleichstromgenerator mit Pufferbatterie	300
4.2.5.	Sonderausführungen von Gleichstromgeneratoren	301
4.2.5.1.	Dreileitergenerator	301

4.2.5.2.	Krämer-Generator	303
4.2.5.3.	Querfeldmaschinen	304
4.2.6.	Schaltungen und Betriebseigenschaften der Gleichstrommotoren	312
4.2.6.1.	Schaltzeichen und Richtungsregeln	312
4.2.6.2.	Schaltungen der Gleichstrommotoren	312
4.2.7.	Drehzahlstellen und Bremsen beim Gleichstrommotor	320
4.2.7.1.	Begriffserklärung	320
4.2.7.2.	Stellen der Drehzahl durch Vorwiderstand im Läuferkreis und durch Ändern des Feldstroms	321
4.2.7.3.	Drehzahlstellen beim Reihenschluß- und Nebenschlußmotor	322
4.2.7.4.	Bremsschaltungen des Gleichstrommotors	324
4.2.7.5.	Leonardschaltung	325
4.2.8.	Anlasser-Bemessung	329
4.2.8.1.	Allgemeines	329
4.2.8.2.	Begriffe	330
4.2.8.3.	Berechnung eines Anlagers	330
4.2.8.4.	Grafische Bestimmung der Stufen eines Anlagers	334
4.2.9.	Bauarten der Anlaser	336
4.2.9.1.	Metall- und Flüssigkeitsanlaser	336
4.2.9.2.	Kontaktausführungen	338
4.2.9.3.	Nockensteuerschalter	339
4.2.9.4.	Schützensteuerungen	339
4.2.9.5.	Selbstanlaser	340
4.3.	Synchronmaschine	343
4.3.1.	Grundprinzip	343
4.3.1.1.	Einphasiger Generator	343
4.3.1.2.	Dreiphasiger Generator (Drehstromgenerator)	344
4.3.1.3.	Außenpol- und Innenpolmaschine	344
4.3.1.4.	Motorbetrieb	345
4.3.2.	Aufbau der Innenpolmaschine	345
4.3.2.1.	Ständer	345
4.3.2.2.	Läufer	347
4.3.2.3.	Kühlung	350
4.3.3.	Wirkungsweise	351
4.3.3.1.	Leerlaufkennlinie	351
4.3.3.2.	Ständerrückwirkung	352
4.3.3.3.	Synchronisation	353
4.3.3.4.	Wirkbelastung der am Netz liegenden Synchronmaschine (Polradaus- lenkwinkel)	356
4.3.3.5.	Blindleistung der am Netz liegenden Synchronmaschine (Verstellen der Läufererregung)	357
4.3.4.	Schaltungen und Betriebseigenschaften des Synchrongenerators	358
4.3.4.1.	Schaltzeichen	358
4.3.4.2.	Leistungsangaben und Antriebsarten	359
4.3.4.3.	Selbständiger Synchrongenerator	361

4.3.4.4.	Synchrongenerator am Netz mit fester Spannung	361
4.3.4.5.	Spannungsregelung	362
4.3.4.6.	Einhalten der Frequenz	365
4.3.5.	Pumpspeicherkraftwerk, Atomkraftwerk	365
4.3.5.1.	Belastungsschwankungen	365
4.3.5.2.	Pumpspeicherwerk	366
4.3.5.3.	Atomkraftwerk	366
4.3.6.	Ausführungen kleiner Einphasen-Synchronmaschinen	367
4.3.6.1.	Magnetzünder und Kleindynamos	367
4.3.6.2.	Synchronkleinstmotoren	368
4.3.7.	Schaltungen und Betriebseigenschaften des Synchronmotors	368
4.3.7.1.	Schaltzeichen und Klemmenbezeichnung	368
4.3.7.2.	Anlauf	369
4.3.7.3.	Betriebsverhalten	369
4.3.8.	Synchronmotor als Phasenschieber	370
4.4.	Asynchronmaschine	371
4.4.1.	Grundprinzip	371
4.4.1.1.	Entstehen eines Drehfelds bei Zweiphasenstrom	371
4.4.1.2.	Entstehen eines Drehfelds bei Drehstrom	373
4.4.1.3.	Entstehen eines Drehfelds bei Einphasenwechselstrom	375
4.4.2.	Aufbau	375
4.4.2.1.	Kleine Kurzschlußläufermotoren	375
4.4.2.2.	Große Motoren	377
4.4.2.3.	Wicklung und Schaltung des Ständers	378
4.4.3.	Wirkungsweise	379
4.4.4.	Schaltungen und Betriebseigenschaften des Drehstrom-Asynchronmotors	380
4.4.4.1.	Schaltzeichen	380
4.4.4.2.	Drehzahlkennlinie und Schlupf	380
4.4.4.3.	Drehstrommotor mit Schleifringläufer	382
4.4.4.4.	Stern-Dreieck-Anlauf	384
4.4.4.5.	Motoren mit Stromverdrängungsläufer	386
4.4.4.6.	Drehzahleinstellung	389
4.4.4.7.	Bremsen	390
4.4.4.8.	Wirkungsgrad und Leistungsfaktor	391
4.4.4.9.	Asynchronmotor als Generator	392
4.4.5.	Einphasen-Asynchronmotor	393
4.4.5.1.	Anwurfmotor	393
4.4.5.2.	Einphasen-Asynchronmotor mit Anlaufwicklung	393
4.5.	Einphasen- und Dreiphasen-Kommutatormotoren	394
4.5.1.	Einphasen-Reihenschlußmotor	394
4.5.2.	Wechselstrom-Bahnmotor	395
4.5.3.	Repulsionsmotor	396
4.5.4.	Drehstrom-Kommutatormotoren	397

4.5.4.1.	Drehstrom-Reihenschlußmotor	398
4.5.4.2.	Läufergespeister Drehstrom-Nebenschlußmotor	399
4.5.4.3.	Ständergespeister Drehstrom-Nebenschlußmotor	400
4.6.	Maschinenumformer und Stromrichter	402
4.6.1.	Allgemeines	402
4.6.2.	Maschinenumformer	402
4.6.2.1.	Motorgenerator	402
4.6.2.2.	Einankerumformer (Einläuferumformer)	405
4.6.3.	Kontaktumformer	407
4.6.4.	Halbleitergleichrichter	408
4.6.4.1.	Allgemeines	408
4.6.4.2.	Physikalische Grundlagen der modernen Ge- und Si-Gleichrichter	409
4.6.4.3.	Anwendung und Betrieb der Halbleitergleichrichter	413
4.6.4.4.	Betrieb und Anwendung des Thyristors	419
4.6.5.	Gasentladungsventile	420
4.6.5.1.	Elektronenemission und Ionisation	420
4.6.5.2.	Glühkatodengleichrichter	422
4.6.5.3.	Thyratron (Stromtor)	423
4.6.5.4.	Ignitron	424
4.6.5.5.	Quecksilberdampfstromrichter	425
5.	Elektrochemie	433
5.1.	Historischer Überblick	433
5.2.	Elektrolyse	436
5.2.1.	Elektrolyte	436
5.2.1.1.	Stromleitung in Metallen	437
5.2.1.2.	Stromleitung in Lösungen	437
5.2.2.	Gesetze von Faraday	440
5.2.2.1.	Erstes Faradaysches Gesetz	440
5.2.2.2.	Zweites Faradaysches Gesetz	441
5.2.3.	Elektrochemische Korrosion	442
5.2.3.1.	Elektrolytischer Lösungsdruck	442
5.2.3.2.	Elektrolytische Korrosion – Lokalelemente	443
5.3.	Technische Großverfahren der Elektrolyse	444
5.3.1.	Elektrolytische Raffination von Rohkupfer	444
5.3.1.1.	Elektrochemischer Vorgang	444
5.3.1.2.	Technische Realisierung	445
5.3.2.	Aluminiumerzeugung durch Schmelzflußelektrolyse	446
5.3.2.1.	Elektrochemischer Vorgang	446
5.3.2.2.	Technische Realisierung	447
5.3.3.	Natronlaugenerzeugung durch Natriumchloridelektrolyse	448
5.3.3.1.	Elektrochemischer Vorgang	448
5.3.3.2.	Technische Realisierung	448

5.4.	Galvanotechnik	450
5.4.1.	Galvanostegie	450
5.4.2.	Galvanoplastik	453
5.5.	Primärelemente	455
5.5.1.	Polarisation – Depolarisation	455
5.5.2.	Zusammenstellung häufiger Primärelemente	455
5.5.2.1.	Zink-Braunstein-Elemente mit Ammoniumchloridelektrolyten	455
5.5.2.2.	Zink-Braunstein-Elemente mit alkalischen Elektrolyten	456
5.5.2.3.	Zink-Quecksilberoxid-Elemente	456
5.5.2.4.	Brennstoffelemente	456
5.5.3.	Handelsübliche Primärelemente	457
5.5.4.	Schaltung von Primärelementen	458
5.5.4.1.	Reihenschaltung	458
5.5.4.2.	Parallelschaltung	460
5.6.	Sekundärelemente (Sammler)	460
5.6.1.	Bleisammler	461
5.6.1.1.	Aufbau und Ausführungen	461
5.6.1.2.	Lade- und Entladevorgänge	462
5.6.1.3.	Handelsübliche Bleisammler	463
5.6.2.	Alkalische Sammler	464
5.6.2.1.	Nickel-Eisen-Sammler	464
5.6.2.2.	Nickel-Kadmium-Sammler	465
5.6.2.3.	Handelsübliche NK-Sammler	466
5.6.2.4.	Vergleichende Betrachtung Bleisammler – alkalische Sammler	468
5.6.3.	Ladeeinrichtungen für Sammler	468
5.6.3.1.	Ladebedingungen	468
5.6.3.2.	Laden über ein Gleichstromnetz	470
5.6.3.3.	Laden über ein Wechselstromnetz	471
5.6.4.	Hinweise zur Wartung von Sammlern	473
6.	Umwandlung von Elektroenergie in Wärme	475
6.1.	Allgemeines	475
6.2.	Rechnerische Grundlagen	475
6.2.1.	Unterschied zwischen Wärme und Temperatur	475
6.2.2.	Joulesche Wärme	476
6.2.3.	Wirtschaftlichkeit der Elektrowärme	478
6.2.4.	Heizleiter	479
6.2.4.1.	Auswahl des Werkstoffs	479
6.2.4.2.	Berechnung der Heizleiter	479
6.3.	Elektrowärmegeräte	481
6.3.1.	Kochgeräte	481
6.3.1.1.	Tauchsieder	481

6.3.1.2.	Kochtöpfe	481
6.3.1.3.	Kochplatten und Kochherde	481
6.3.2.	Heißwasserspeicher	486
6.3.3.	Bügeleisen	488
6.3.4.	Heizkissen	488
6.3.5.	Raumheizung	489
6.3.6.	Lötkolben	491
6.3.7.	Heizung von Dampfkesseln	491
6.4.	Elektrische Kälteerzeuger	491
6.4.1.	Verdichtungsverfahren	492
6.4.2.	Absorptionsverfahren	493
6.5.	Elektrisches Schweißen	494
6.5.1.	Widerstandsschweißen	494
6.5.1.1.	Stumpfschweißen	495
6.5.1.2.	Punktschweißen	497
6.5.1.3.	Nahtschweißen	499
6.5.1.4.	Elektrische Niet erwärmung	502
6.5.2.	Lichtbogenschweißen	503
6.5.2.1.	Benardos-Verfahren	504
6.5.2.2.	Slavianoff-Verfahren	504
6.5.2.3.	Elin-Hafergut-Verfahren	504
6.5.2.4.	Kaell-Verfahren	505
6.5.2.5.	Ellira-Verfahren	505
6.5.2.6.	Fesa-Verfahren (von <i>Weibel</i>)	505
6.5.3.	Schweißmaschinen	506
6.5.3.1.	Gleichstromschweißung	506
6.5.3.2.	Wechselstromschweißung	508
6.5.3.3.	Schutzgasschweißung	510
6.6.	Elektrisch beheizte Industrieöfen	511
6.6.1.	Widerstandsöfen	512
6.6.2.	Lichtbogenöfen	513
6.6.3.	Induktionsöfen	514
6.7.	Infrarottechnik	517
6.8.	Umwandlung von Wärme in Elektrizität	518
6.8.1.	Thermoelemente	518
6.8.2.	Thermoelektrische Meßgeräte	519
7.	Lichttechnik	521
7.1.	Lichttechnische Grundbegriffe	522
7.1.1.	Einheiten und Größen	522
7.1.1.1.	Allgemeines	522
7.1.1.2.	Lichtstrom	523
7.1.1.3.	Lichtmenge	523

7.1.1.4.	Raumwinkel	524
7.1.1.5.	Lichtstärke	524
7.1.1.6.	Leuchtdichte	525
7.1.1.7.	Beleuchtungsstärke	526
7.1.1.8.	Lichtausbeute	526
7.1.2.	Bewertung und Messung der elektrischen Lichtquellen	527
7.1.2.1.	Entfernungsgesetz	527
7.1.2.2.	Lichtstärkeverteilungskurve	527
7.1.2.3.	Fotometrische Messung	528
7.2.	Elektrische Lichtquellen	530
7.2.1.	Wesen des Lichtes und Lichterzeugung	530
7.2.2.	Glühlampe	531
7.2.2.1.	Entwicklung und Wirkungsweise	531
7.2.2.2.	Eigenschaften	534
7.2.2.3.	Gütemerkmale	535
7.2.2.4.	Ausführungsformen	535
7.2.3.	Gasentladungslampen	537
7.2.3.1.	Gasentladung	537
7.2.3.2.	Hochspannungs-Leuchtröhren und -Leuchtstoffröhren	540
7.2.3.3.	Niederspannungs-Leuchtstofflampen	542
7.2.3.4.	Quecksilber-Hochdrucklampen	546
7.2.4.5.	Quecksilber-Höchstdrucklampen	549
7.2.4.6.	Xenonlampen	550
7.2.4.7.	Natriumdampflampen	551
7.2.4.8.	Glimmlampen	552
7.2.3.9.	Bogenlampen	552
7.2.4.	Kondensatorlampen	553
7.2.5.	Wirtschaftlichkeit der Lichtquellen	554
7.3.	Beleuchtungstechnik	554
7.3.1.	Beleuchtungsgüte	554
7.3.2.	Leuchten und Beleuchtungsarten	556
7.3.3.	Planung und Berechnung von Beleuchtungsanlagen	557
8.	Weitere Anwendung der elektrischen Energie	562
8.1.	Elektrowerkzeuge	562
8.1.1.	Allgemeines	562
8.1.2.	Universal-Elektrowerkzeuge	562
8.1.3.	Elektroscheren	563
8.1.4.	Elektrosägen	564
8.1.5.	Elektroschleifer	565
8.1.6.	Elektroschrauber und -gewindeschneider	565
8.1.7.	Schnellfrequenzwerkzeug	566
8.1.8.	Elektrohammer	567
8.2.	Elektrische Haushaltgeräte	569

8.3.	Elektrofilter und -scheider	570
8.3.1.	Elektrische Gasreinigung	570
8.3.1.1.	Verfahren	570
8.3.1.2.	Bauarten der Elektrofilter	572
8.3.1.3.	Anwendung der elektrischen Gasreinigung	573
8.3.2.	Elektrische Scheidung von Gemengen	573
8.4.	Beseitigung der durch elektrische Maschinen und Geräte hervorgerufenen Funkstörungen	574
8.4.1.	Funkstörvorgänge	574
8.4.2.	Maßnahmen zur Erzielung eines günstigen Funkstörgrades	577
8.4.3.	Funk-Entstörmittel	577
8.4.4.	Arten der Funk-Entstörung	578
8.4.4.1.	Beseitigung von Fehlern an den Funkstörquellen	578
8.4.4.2.	Verwenden der Magnetspulen als Drosselspulen	578
8.4.4.3.	Beschalten mit Funk-Entstörkondensatoren	578
8.4.4.4.	Beschalten mit Kondensatoren und Drosselspulen	580
8.4.4.5.	Funk-Entstörung von Kontakten	581
8.4.4.6.	Perspektive auf dem Gebiet der Funk-Entstörung	582
8.5.	Elektrische Bahnen	583
8.5.1.	Allgemeines	583
8.5.2.	Deckung des Energiebedarfs	583
8.5.3.	Stromsysteme	583
8.5.4.	Stromzuführung	584
8.5.4.1.	Oberirdische Stromzuführung	584
8.5.4.2.	Stromzuführung durch eine dritte Schiene	588
8.5.5.	Elektrische Lokomotiven	588
8.5.5.1.	Elektrischer Antrieb	588
8.5.5.2.	Motoren	589
8.5.5.3.	Elektrische Zugkraftanpassung	590
8.5.5.4.	Elektrische Bremsen	591
8.5.5.5.	Lokomotivbauarten	592
8.5.6.	Triebwagen	597
8.5.7.	Straßenbahnen	599
8.5.8.	Elektrohängebahnen	601
8.5.9.	Oberleitungsomnibusse	601
9.	Nachrichtentechnik	603
9.1.	Signal-, Telegrafie- und Fernsprechtechnik	603
9.1.1.	Bauelemente	603
9.1.1.1.	Gleichstromwecker	603
9.1.2.1.	Wechselstromwecker	603
9.1.1.3.	Kurbelinduktor	604
9.1.1.4.	Polwechsler	604
9.1.1.5.	Relais	604

9.1.1.6.	Fotoelektronische Bauelemente	607
9.1.1.7.	Mikrofon	610
9.1.1.8.	Fernhörer	610
9.1.1.9.	Nummernschalter	611
9.1.1.10.	Wähler	612
9.1.1.11.	Koordinatenschalter	615
9.1.2.	Signalanlagen	618
9.1.2.1.	Raumschutzanlagen	618
9.1.2.2.	Lichtschrankenanlagen	619
9.1.2.3.	Feuermeldeanlagen	620
9.1.2.4.	Fernmeßanlagen	623
9.1.2.5.	Uhrenanlagen	628
9.1.2.6.	Rufanlagen	630
9.1.3.	Telegrafiegeräte und Anlagen	631
9.1.3.1.	Morsetelegrafie	631
9.1.3.2.	Fernschreiber und Zubehör	633
9.1.3.3.	Telexnetz	639
9.1.3.4.	Telegrafennetz	640
9.1.3.5.	Bildtelegrafie	640
9.1.3.6.	Faksimileschreiber	642
9.1.3.7.	Hellschreiber	643
9.1.3.8.	Wechselstromtelegrafie	644
9.1.4.	Fernsprechgeräte und Anlagen	647
9.1.4.1.	Fernsprechschaltungen	647
9.1.4.2.	Fernsprechapparat	648
9.1.4.3.	Ortsnetz mit Wählbetrieb	650
9.1.4.4.	Selbstwählfernverkehr (SWFV)	652
9.1.4.5.	Fernsprechleitungen, allgemein	655
9.1.4.6.	Fernsprechleitungen, Mehrfachausnutzung	658
9.1.4.7.	Kabel	659
9.1.4.8.	Verstärkertechnik, allgemein	660
9.1.4.9.	Trägerfrequenztechnik	663
9.2.	Funktechnik	669
9.2.1.	Bauelemente	669
9.2.1.1.	Widerstände	669
9.2.1.2.	Kondensatoren	671
9.2.1.3.	Spulen	671
9.2.1.4.	Übertrager	672
9.2.1.5.	Elektroakustische Wandler	673
9.2.1.6.	Halbleiterdioden	673
9.2.1.7.	Gleichrichterröhren	677
9.2.1.8.	Verstärkerröhren (Triode)	679
9.2.1.9.	Mehrgitterröhren	683
9.2.1.10.	Transistoren	685
9.2.1.11.	Gedruckte Schaltungen	688
9.2.1.12.	Mikromodultechnik	688
9.2.2.	Niederfrequenzverstärker	689
9.2.2.1.	Aufgabe der Niederfrequenzverstärker	689

9.2.2.2.	Übertragerkopplung (Transformatorkopplung)	689
9.2.2.3.	Widerstandskopplung	690
9.2.2.4.	Gegentaktschaltung	690
9.2.3.	Elektrischer Schwingkreis	691
9.2.3.1.	Wirkungsweise	691
9.2.3.2.	Kennwerte	693
9.2.4.	Sender	694
9.2.4.1.	Elektronenröhren als Schwingungserzeuger	694
9.2.4.2.	Offener Schwingkreis	695
9.2.4.3.	Elektrische Wellen	696
9.2.4.4.	Modulation	697
9.2.5.	Erzeugung und Ausbreitung ultrakurzer Schwingungen	699
9.2.5.1.	Allgemeines	699
9.2.5.2.	Bremsfeldröhre	699
9.2.5.3.	Magnetron	700
9.2.5.4.	Triffröhre und Klystron	701
9.2.5.5.	Ausbreitung und Antennen	702
9.2.5.6.	UKW-Rundfunk	703
9.2.6.	Empfänger	703
9.2.6.1.	Abstimmung	703
9.2.6.2.	Hochfrequenzverstärker	704
9.2.6.3.	Empfangsgleichrichter	705
9.2.6.4.	Niederfrequenzverstärker	707
9.2.6.5.	Geradeausempfänger	708
9.2.6.6.	Superheterodynempfänger	710
9.2.7.	Stereofonie	711
9.2.8.	Besondere Funkdienste (kommerzieller Funk)	713
9.2.8.1.	Weitverkehr (Punkt-zu-Punkt-Dienst)	713
9.2.8.2.	Seefunkdienst	713
9.2.8.3.	Besondere Funknachrichtendienste	713
9.2.8.4.	Landfunkdienst	713
9.2.8.5.	Amateurfunk	714
9.3.	Fernsehtechnik	714
9.3.1.	Fernsehsender	714
9.3.1.1.	Bildzerlegung	714
9.3.1.2.	Bildaufnahmeröhren (Fernsehkameras)	715
9.3.1.3.	Fernsehausbreitung	717
9.3.1.4.	Das BAS-Signal	719
9.3.2.	Fernsehempfänger	720
9.3.2.1.	Bildröhre	720
9.3.2.2.	Wirkungsweise eines Fernsehempfängers	722
9.3.2.3.	Fernseh-Empfangsantennen	723
9.3.3.	Weitere Entwicklungen	725
9.3.4.	Industrielles Fernsehen	727
9.4.	Funkmeßtechnik	728

9.5. Industrielle Elektronik	729
9.5.1. Bauelemente	729
9.5.1.1. Thyratronröhren	729
9.5.1.2. Senditronröhren	729
9.5.1.3. Ignitron- und Excitronröhren	730
9.5.1.4. Stabilisatorröhren	730
9.5.1.5. Relaisröhren	730
9.5.2. Aufgaben der industriellen Elektronik	731
9.5.3. Elektronische Schaltungen	731
9.5.3.1. Elektronische Relais	731
9.5.3.2. Elektronische Zähschaltungen	732
9.5.3.3. Elektronische Zeitgeberschaltungen	732
10. Elektroenergie-Verteilungsanlagen	733
10.1. Leitungsnetz	733
10.2. Leiterwerkstoffe	735
10.2.1. Blanke Leitungen (nichtisolierte Leitungen)	735
10.2.2. Isolierte Leitungen	736
10.2.3. Kabel	742
10.3. Verlegen von nichtisolierten Leitungen	744
10.3.1. Isolatoren	744
10.3.2. Mast (Mastsetzen)	748
10.3.3. Errichten von Freileitungen	752
10.3.4. Hausanschluß	756
10.4. Legen von Kabeln	757
10.5. Legen von isolierten Leitungen	763
10.5.1. Legungsarten	763
10.5.1.1. Isolierrohre	763
10.5.1.2. Schutzrohre	764
10.5.1.3. Fabrikfertige Installation	766
10.5.1.4. Schwachstrom-Starkstrom-Fernschaltssystem	766
10.6. Schaltanlagen für Niederspannung	767
10.6.1. Schalter	767
10.6.2. Selbstschalter	769
10.6.3. Lampenschaltungen	773
10.6.4. Steckvorrichtungen	774
10.6.5. Sicherungen	776
10.6.6. Schutz gegen atmosphärische Überspannungen	781
10.6.7. Schutz gegen zu hohe Berührungsspannungen	783
10.6.7.1. Schutzisolierung	784
10.6.7.2. Schutztrennung	784
10.6.7.3. Schutzkleinspannung	784
10.6.7.4. Schutzerdung	785

10.6.7.5.	Nullung	785
10.6.7.6.	Schutzleitungssystem	786
10.6.7.7.	Schutzschaltungen	786
10.6.7.8.	Trenn-Fehlerstromschutzschaltung	787
10.7.	Schaltanlagen für Hochspannung	788
10.8.	Höchstspannungsanlagen	802
10.8.1.	Probleme der Drehstromübertragung (Koronaentladung)	803
10.8.2.	Koronaverluste bei Gleichstromübertragung	805
10.8.3.	Stabilität des Parallelbetriebes	805
10.8.4.	Natürliche Leistung	805
10.8.5.	Grenzen der Drehstromübertragung	806
10.8.6.	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)	806
11.	Elektrisches Steuern und Regeln	809
11.1.	Einführung	809
11.1.1.	Steuerkette – Regelkreis	809
11.1.1.1.	Steuern	810
11.1.1.2.	Regeln	811
11.1.2.	Beispiele für Steuerketten und Regelkreise	811
11.1.3.	Typen von Steuerungen	813
11.1.3.1.	Führungssteuerung	813
11.1.3.2.	Zeitplansteuerung	813
11.1.3.3.	Ablaufsteuerung	815
11.1.4.	Typen von Regelungen	816
11.2.	Wirkungsmäßige Behandlung elektrischer Steuerungen und Regelungen	817
11.2.1.	Schaltsteuerungen	818
11.2.1.1.	Verknüpfungsschaltungen	818
11.2.1.2.	Speicherung binärer Signale	820
11.2.2.	Elektrische Regelungen	822
11.2.2.1.	Zeitverhalten von Gliedern	823
11.2.2.2.	Untersuchung von Gliedern mit der Sprungübergangsfunktion	824
11.2.2.3.	Unstetige Regelungen	825
11.3.	Gerätetechnik	827
11.3.1.	Spezielle Anforderungen	827
11.3.2.	Bausteinsysteme der Steuerungs- und Regelungstechnik	827
11.3.3.	Elektrische Rechentechnik	830
11.3.3.1.	Analogrechner	831
11.3.3.2.	Digitalrechner	832
11.3.4.	Hinweise für die Projektierung elektrischer Steuer- und Regelanlagen	835
12.	Sachwörterverzeichnis	837