

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrischer Strom	19
1.1	Der Aufbau der Materie	19
1.1.1	Stoffe	19
1.1.1.1	Stoffgemische	20
1.1.1.2	Reinstoffe	20
1.1.1.3	Verbindung	20
1.1.1.4	Molekül	20
1.1.1.5	Element	20
1.1.1.6	Atom	20
1.1.2	Zusammenfassung: Stoffe	21
1.1.3	Beispiel zur Zerlegung der Materie	21
1.1.4	Denkmodell für Atom und Molekül	22
1.1.5	Der Atombau	23
1.1.5.1	Das Bohr'sche Atommodell	23
1.1.5.2	Beispiele für Atome	24
1.1.6	Zusammenfassung: Der Atombau	25
1.2	Der elektrische Strom	26
1.2.1	Elektrische Ladung	26
1.2.2	Elektrischer Strom	27
1.2.3	Nichtleiter, Leiter und Halbleiter	28
1.2.4	Widerstand und Leitfähigkeit	28
1.2.5	Elektrische Spannung	29
1.2.6	Zusammenfassung: Der elektrische Strom	31
1.2.7	Halbleiter	32
1.2.7.1	Elektrizitätsleitung in festen Stoffen (Wiederholung)	32
1.2.7.2	Elektrizitätsleitung in reinen Halbleitern (Eigenleitung)	33
1.2.7.3	Elektrizitätsleitung in dotierten Halbleitern (Störstellenleitung)	35
1.2.8	Zusammenfassung: Halbleiter	36
2	Der unverzweigte Gleichstromkreis	37
2.1	Größen im Gleichstromkreis	37
2.1.1	Allgemeines zu physikalischen Größen und Einheiten	37
2.1.2	Die Größe für den elektrischen Strom	40
2.1.3	Die Größe für die elektrische Spannung	41
2.1.4	Die Größe für den elektrischen Widerstand	42
2.1.5	Zusammenfassung: Größen im Gleichstromkreis	43
2.2	Das ohmsche Gesetz	44
2.2.1	Aussage des ohmschen Gesetzes	44
2.2.2	Rechnen mit dem ohmschen Gesetz	45
2.2.3	Grafische Darstellung des ohmschen Gesetzes	46
2.2.4	Zusammenfassung: Das ohmsche Gesetz	46
2.3	Definitionen	47

2.3.1	Gleichstrom, Gleichspannung, Wechselstrom, Wechselspannung	47
2.3.2	Verbraucher.....	47
2.3.3	Reihenschaltung.....	48
2.3.4	Parallelschaltung.....	48
2.3.5	Unverzweigter und verzweigter Stromkreis.....	48
2.3.6	Schaltzeichen und Schaltbild	49
2.3.7	Werte von Strömen und Spannungen in Schaltbildern.....	51
2.3.7.1	Angabe der Spannungen unter Bezug auf Masse (als Potenzial).....	51
2.3.7.2	Angabe der Spannungen mit Zählpfeilen	52
2.3.7.3	Angabe von Strömen in Schaltbildern	53
2.3.7.4	Erzeuger- und Verbraucher-Zählpfeilsystem	53
2.3.8	Kurzschluss.....	53
2.3.9	Passive Bauelemente	55
2.3.10	Aktive Elemente.....	55
2.3.11	Zusammenfassung: Definitionen	55
2.4	Arbeit und Leistung	55
2.4.1	Elektrische Arbeit	56
2.4.2	Elektrische Leistung.....	56
2.5	Wirkungsgrad	58
2.6	Die Stromdichte.....	59
3	Lineare Bauelemente im Gleichstromkreis	63
3.1	Definition des Begriffes »linear«	63
3.2	Der ohmsche Widerstand.....	64
3.2.1	Wirkungsweise des Widerstandes.....	64
3.2.2	Spezifischer Widerstand	65
3.2.3	Verwendungszweck von Widerständen	69
3.2.3.1	Strombegrenzung durch einen Vorwiderstand.....	69
3.2.3.2	Aufteilung einer Spannung	70
3.2.3.3	Aufteilung des Stromes.....	70
3.2.4	Widerstand als Bauelement.....	70
3.2.4.1	Festwiderstände	71
3.2.4.2	Veränderbare Widerstände	76
3.2.4.3	Spezielle Widerstände.....	77
3.2.5	Zusammenfassung: Der ohmsche Widerstand	78
3.3	Der Kondensator.....	79
3.3.1	Wirkungsweise des Kondensators.....	79
3.3.2	Größe für die Kapazität	80
3.3.3	Plattenkondensator	81
3.3.4	Dielektrikum.....	82
3.3.5	Verwendungszweck von Kondensatoren	85
3.3.5.1	Stützen von Spannungen.....	85
3.3.5.2	Glättung von Spannungen	87
3.3.5.3	Trennen von Gleich- und Wechselspannung.....	88
3.3.5.4	Entstörung mittels Kondensatoren	88
3.3.6	Kondensator als Bauelement	89
3.3.6.1	Festkondensatoren.....	89
3.3.6.2	Veränderbare Kondensatoren	90

3.3.7	Kenngößen von Kondensatoren	90
3.3.7.1	Nennspannung	90
3.3.7.2	Kapazitätstoleranz	91
3.3.7.3	Kapazitätsänderung	91
3.3.7.4	Ersatzschaltbild	91
3.3.8	Elektrisches Feld	91
3.3.9	Zusammenfassung: Der Kondensator	94
3.4	Die Spule	94
3.4.1	Grundlagen des Magnetismus	94
3.4.2	Zusammenfassung: Grundlagen des Magnetismus	96
3.4.3	Elektromagnetismus	97
3.4.4	Wirkungsweise der Spule	98
3.4.4.1	Magnetwirkung des Stromes	98
3.4.4.2	Induktion	102
3.4.4.3	Kraft auf stromdurchflossene Leiter	104
3.4.4.4	Selbstinduktion	105
3.4.4.5	Induktivität	105
3.4.4.6	Induktive Kopplung	106
3.4.4.7	Induktiver Widerstand	107
3.4.5	Aufbau der Spule	108
3.4.5.1	Luftspule	108
3.4.5.2	Spule mit Kern	108
3.4.6	Verwendungszweck von Spulen	109
3.4.6.1	Verwendung von Spulen im Gleichstromkreis	109
3.4.6.2	Verwendung von Spulen im Wechselstromkreis	109
3.4.7	Spule als Bauelement	109
3.4.7.1	Feste Induktivität	109
3.4.7.2	Veränderliche Induktivität	110
3.4.8	Kenngößen von Spulen	110
3.4.9	Magnetische Kreise	111
3.5	Zusammenfassung: Die Spule	115
Gleichspannungsquellen		117
4.1	Primärelemente (galvanische Elemente, Batterien)	117
4.1.1	Wirkungsweise des galvanischen Elements	117
4.1.2	Batterien	118
4.2	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	119
4.2.1	Der Bleiakкумуляtor	119
4.2.2	Nickel-Cadmium-Akkumulatoren	119
4.2.3	Nickel-Metallhydrid- und Lithium-Ionen- Akkumulatoren	120
4.2.4	Technische Eigenschaften von Akkumulatoren	120
4.3	Netzgeräte	121
4.4	Störungsfreie Versorgung mit Gleichspannung	122
4.5	Die belastete Gleichspannungsquelle	123
4.5.1	Ersatzspannungsquelle	123
4.5.2	Ermittlung des Innenwiderstandes	124
4.5.3	Kurzschlussstrom	125
4.5.4	Leerlauf	126
4.5.5	Anpassungen	126
4.5.5.1	Spannungsanpassung	126
4.5.5.2	Stromanpassung	126

4.5.5.3	Leistungsanpassung.....	127
4.6	Ersatzstromquelle.....	128
4.7	Zusammenfassung: Gleichspannungsquellen.....	129
5	Berechnungen im unverzweigten Gleichstromkreis	131
5.1	Reihen- und Parallelschaltung von Zweipolen	131
5.2	Reihenschaltung von ohmschen Widerständen	132
5.3	Reihenschaltung von Kondensatoren	136
5.4	Reihenschaltung von Spulen	137
5.5	Reihenschaltung von Gleichspannungsquellen	138
5.6	Reihenschaltung von Widerständen, Kondensatoren und Spulen.....	138
5.6.1	Zusammenfassung von Bauelementen	138
5.6.2	Reihenschaltung von Kondensator und R oder L	139
5.6.3	Reihenschaltung einer Spule mit R oder C	139
5.7	Reihenschaltung in der Praxis.....	139
5.7.1	Ersatz von Bauteilen	139
5.7.2	Vorwiderstand	140
5.7.3	Spannungsabfall an Leitungen	141
5.7.4	Spannungsteiler.....	141
5.8	Zusammenfassung: Berechnungen im unverzweigten Gleichstromkreis	141
6	Messung von Spannung und Strom.....	143
6.1	Voltmeter und Amperemeter	143
6.2	Erweiterung des Messbereiches eines Voltmeters	146
6.3	Indirekte Messung von Widerstand und Leistung	147
7	Schaltvorgänge im unverzweigten Gleichstromkreis	149
7.1	Schaltvorgang beim ohmschen Widerstand	149
7.1.1	Widerstand einschalten	149
7.1.2	Widerstand ausschalten	149
7.2	Schaltvorgang beim Kondensator	150
7.2.1	Kondensator laden (einschalten)	150
7.2.2	Kondensator ausschalten	152
7.2.3	Kondensator entladen	152
7.2.4	Exponentialfunktion von Spannung und Strom	153
7.3	Schaltvorgang bei der Spule	157
7.3.1	Spule einschalten.....	157
7.3.2	Spule ausschalten (mit Abschalt-Induktionsstromkreis).....	158
7.3.3	Spule ausschalten (ohne Abschalt-Induktionsstromkreis).....	159
7.3.4	Zeitverlauf von Spannung und Strom	161
7.4	Zusammenfassung: Schaltvorgänge im unverzweigten Gleichstromkreis	162
8	Der verzweigte Gleichstromkreis.....	163
8.1	Die Kirchhoff'schen Gesetze	163
8.1.1	Die Knotenregel (1. Kirchhoff'sches Gesetz)	163
8.1.2	Die Maschenregel (2. Kirchhoff'sches Gesetz).....	164
8.2	Berechnung von Parallelschaltungen	165
8.2.1	Parallelschaltung von ohmschen Widerständen	165

8.2.2	Die Stromteilerregel.....	167
8.2.3	Parallelschaltung von Kondensatoren.....	168
8.2.4	Parallelschaltung von Spulen.....	168
8.2.5	Parallelschaltung von Gleichspannungsquellen.....	169
8.3	Parallelschaltung in der Praxis.....	170
8.3.1	Ersatz von Bauteilen.....	170
8.3.2	Erweiterung des Messbereiches eines Amperemeters.....	170
8.3.3	Der belastete Spannungsteiler.....	172
8.3.4	Berechnung des belasteten Spannungsteilers.....	172
8.4	Gemischte Schaltungen.....	174
8.5	Stern-Dreieck- und Dreieck-Stern-Umwandlung.....	175
8.6	Umwandlung von Quellen.....	178
8.7	Analyse von Netzwerken.....	179
8.7.1	Die Maschenanalyse.....	180
8.7.2	Die Knotenanalyse.....	185
8.7.3	Der Überlagerungssatz.....	187
8.7.4	Der Satz von der Ersatzspannungsquelle.....	189
8.7.5	Bestimmung des Innenwiderstandes eines Netzwerkes.....	194
8.8	Vierpole.....	196
8.9	Zusammenfassung: Der verzweigte Gleichstromkreis.....	197
9	Wechselspannung und Wechselstrom.....	199
9.1	Grundlegende Betrachtungen.....	199
9.2	Entstehung der Sinuskurve.....	202
9.3	Kennwerte von Wechselgrößen.....	203
9.3.1	Periodendauer.....	203
9.3.2	Frequenz.....	203
9.3.3	Kreisfrequenz.....	204
9.3.4	Wellenlänge.....	204
9.3.5	Amplitude.....	204
9.3.6	Spitze-Spitze-Wert.....	205
9.3.7	Effektivwert.....	205
9.3.8	Gleichrichtwert ^(M)	208
9.3.9	Phase.....	210
9.3.10	Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung.....	211
9.4	Zusammenfassung: Kennwerte von Wechselgrößen.....	213
9.5	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen.....	214
9.6	Zusammensetzung von Wechselspannungen.....	216
9.7	Oberschwingungen.....	218
9.7.1	Fourierreihen ^(M)	219
9.7.2	Beispiel zur Fourier-Analyse ^(M)	221
9.7.3	Bedeutung der Fourier-Analyse.....	223
9.7.3.1	Störungen.....	223
9.7.3.2	Nicht sinusförmige Vorgänge in linearen Schaltungen.....	224
9.7.4	Klirrfaktor.....	224
10	Komplexe Darstellung von Sinusgrößen.....	225
10.1	Grundbegriffe der komplexen Rechnung.....	225
10.1.1	Rechenregeln für imaginäre Zahlen.....	227
10.1.2	Rechenregeln für komplexe Zahlen.....	227
10.1.3	Vorteil komplexer Zahlen.....	229

14 Inhaltsverzeichnis

10.1.4	Sinusförmige Wechselspannung in komplexer Darstellung	232
10.1.5	Der komplexe Widerstand.....	236
10.2	Zusammenfassung: Komplexe Darstellung von Sinusgrößen.....	237
11	Einfache Wechselstromkreise	239
11.1	Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis	239
11.2	Spule im Wechselstromkreis.....	241
11.3	Kondensator im Wechselstromkreis.....	244
11.4	Reihenschaltung aus ohmschem Widerstand und Spule	247
11.4.1	Komplexe Frequenz »s«	247
11.4.2	Anwendung von s bei der RL-Reihenschaltung	248
11.5	Reihenschaltung aus ohmschem Widerstand und Kondensator	252
11.6	RC-Reihenschaltung in der Praxis.....	255
11.6.1	Die Übertragungsfunktion.....	255
11.6.2	Verstärkungsmaß, Dezibel.....	259
11.6.3	Bodediagramm.....	260
11.6.4	Dämpfung	261
11.6.5	Grenzfrequenz	261
11.6.6	Normierte Übertragungsfunktion.....	261
11.6.7	Der RC-Tiefpass	262
11.6.8	Bodediagramme mit Mathcad.....	266
11.6.9	Filterung eines gestörten Sinussignals.....	270
11.6.10	Der RC-Hochpass.....	271
11.7	Reihenschaltung aus Spule, Widerstand und Kondensator.....	273
11.8	Parallelschaltung aus Widerstand und Spule	275
11.9	Parallelschaltung aus Widerstand und Kondensator	276
11.10	Zusammenfassung: Einfache Wechselstromkreise	276
12	Ersatzschaltungen für Bauelemente.....	279
12.1	Die elektrische Leitung	279
12.2	Widerstand mit Eigenkapazität und Eigeninduktivität	280
12.3	Verluste in Spulen	281
12.3.1	Wicklungsverluste	281
12.3.2	Verluste durch den Skineffekt.....	282
12.3.3	Hystereseverluste.....	282
12.3.4	Wirbelstromverluste	283
12.4	Verluste im Kondensator.....	283
12.5	Zusammenfassung: Ersatzschaltungen für Bauelemente.....	284
13	Leistung im Wechselstromkreis.....	285
13.1	Reine Wirkleistung.....	285
13.2	Reine Blindleistung	286
13.3	Wirk- und Blindleistung	287
13.4	Scheinleistung	288
13.5	Blindleistungskompensation	289
13.6	Zusammenfassung: Leistung im Wechselstromkreis	292
14	Transformatoren (Übertrager).....	293
14.1	Grundprinzip	293
14.2	Transformator mit Eisenkern	294
14.3	Der verlustlose streufreie Transformator	295

14.3.1	Transformation der Spannungen.....	296
14.3.2	Transformation der Stromstärken.....	296
14.3.3	Transformation des Widerstandes.....	297
14.4	Der verlustlose Übertrager mit Streuung.....	298
14.5	Der reale Transformator	299
14.6	Übertrager zwischen ohmschen Widerständen.....	300
14.7	Spezielle Ausführungen von Transformatoren	304
14.8	Zusammenfassung: Transformatoren (Übertrager)	305
15	Schwingkreise	307
15.1	Reihenschwingkreis ohne Verluste	307
15.2	Reihenschwingkreis mit Verlusten	310
15.3	Parallelschwingkreis ohne Verluste.....	320
15.4	Parallelschwingkreis mit Verlusten	322
15.5	Zeitverhalten elektrischer Schwingkreise	329
15.6	Grundsätzliche Kopplungsarten	330
15.6.1	Galvanische Kopplung	330
15.6.2	Induktive Kopplung	330
15.6.3	Kapazitive Kopplung.....	330
15.6.4	Fußpunkt kopplung	331
15.7	Bandfilter	331
15.8	Kopplungsarten bei Bandfiltern	332
15.8.1	Transformatorische Kopplung	332
15.8.2	Induktive Kopplung mit Koppelspule	333
15.8.3	Kapazitive Kopplung	333
15.8.4	Kapazitive Fußpunkt kopplung	334
15.9	Zusammenschaltung von Schwingkreisen.....	334
15.9.1	LC-Bandpass	334
15.9.2	LC-Bandsperre.....	335
15.10	Zusammenfassung: Schwingkreise.....	336
16	Mehrphasensysteme.....	337
16.1	Erzeugung von Drehstrom	337
16.1.1	Sternschaltung des Generators.....	338
16.1.2	Dreieckschaltung des Generators	339
16.2	Verbraucher im Drehstromsystem	340
16.2.1	Sternschaltung des Verbrauchers mit Mittelleiter.....	340
16.2.2	Sternschaltung des Verbrauchers ohne Mittelleiter	340
16.2.3	Dreieckschaltung des Verbrauchers	344
16.3	Leistung bei Drehstrom.....	346
16.4	Zusammenfassung: Mehrphasensysteme	347
17	Analyse allgemeiner Wechselstromnetze	349
18	Halbleiterdioden	361
18.1	Der pn-Übergang ohne äußere Spannung.....	361
18.2	Der pn-Übergang mit äußerer Spannung	363
18.2.1	Äußere Spannung in Durchlassrichtung	363
18.2.2	Äußere Spannung in Sperrrichtung	365
18.2.3	Vollständige Kennlinie eines pn-Übergangs	367
18.3	Eigenschaften von Dioden	369

18.3.1	Die ideale Diode	369
18.3.2	Die reale Diode	369
18.3.2.1	Ersatzschaltungen der Diode	369
18.3.2.2	Kennwerte von Dioden	371
18.3.2.3	Temperaturabhängigkeit der Diodenkennlinie.....	374
18.4	Diode und Verlustleistung	375
18.5	Arten von Dioden	379
18.5.1	Universaldioden	379
18.5.2	Spezialdioden	380
18.5.2.1	Schottkydiode (hot carrier-Diode)	380
18.5.2.2	Gunndiode	380
18.5.2.3	PIN-Diode	381
18.5.2.4	Kapazitätsvariationsdiode	381
18.5.2.5	Tunneldiode	382
18.5.2.6	Fotodiode	383
18.5.2.7	Lumineszenzdiode	383
18.5.2.8	Z-Diode (Zener-Diode).....	384
18.5.2.9	Suppressor-Dioden.....	390
18.6	Arbeitspunkt und Widerstandsgerade.....	390
18.7	Anwendungen von Dioden	395
18.7.1	Gleichrichtung von Wechselspannungen	396
18.7.2	Schutzdiode	399
18.7.3	Eingangsschutzschaltung	400
18.7.4	Dioden in der Digitaltechnik	400
18.7.5	Begrenzung einer Wechselspannung	402
18.7.6	Stabilisierung kleiner Gleichspannungen.....	403
18.8	Zusammenfassung: Halbleiterdioden	404
19	Bipolare Transistoren	405
19.1	Definition und Klassifizierung von Transistoren.....	405
19.2	Aufbau des Transistors	406
19.3	Richtung von Strömen und Spannungen beim Transistor.....	407
19.4	Wirkungsweise	408
19.5	Die drei Grundsaltungen des Transistors	412
19.6	Betriebsarten.....	413
19.7	Kennlinien des Transistors.....	416
19.7.1	Eingangskennlinie	416
19.7.2	Ausgangskennlinie	417
19.7.3	Steuerkennlinie	418
19.7.4	Vierquadranten-Kennlinienfeld, Arbeitspunkt, Lastgerade.....	421
19.8	Die Stromverstärkung α , β und γ	422
19.9	Abhängigkeiten der Stromverstärkung	424
19.10	Wahl des Arbeitspunktes.....	425
19.11	Die Grundsaltungen im Detail.....	428
19.11.1	Die Emitterschaltung	428
19.11.1.1	Eingangsimpedanz	428
19.11.1.2	Ausgangsimpedanz	429
19.11.1.3	Wechselspannungsverstärkung	430
19.11.1.4	Leistungsverstärkung	431
19.11.1.5	Verhalten bei hohen Frequenzen	433
19.11.2	Die Basisschaltung.....	433

19.11.2.1	Eingangsimpedanz	433
19.11.2.2	Ausgangsimpedanz	434
19.11.2.3	Wechselspannungsverstärkung	434
19.11.2.4	Leistungsverstärkung	434
19.11.2.5	Verhalten bei hohen Frequenzen	434
19.11.3	Die Kollektorschaltung.....	435
19.11.3.1	Eingangsimpedanz	435
19.11.3.2	Ausgangsimpedanz	435
19.11.3.3	Wechselspannungsverstärkung	436
19.11.3.4	Leistungsverstärkung	437
19.11.3.5	Verhalten bei hohen Frequenzen	437
19.12	Rückkopplung	437
19.13	Emitterstufe mit Gegenkopplung.....	443
19.14	Ersatzschaltungen des Transistors.....	446
19.14.1	Die formale Ersatzschaltung	446
19.14.2	Die physikalische Ersatzschaltung	450
19.15	Spezielle Schaltungen mit Bipolartransistoren.....	457
19.15.1	Darlington-Schaltung.....	457
19.15.2	Bootstrap-Schaltung.....	457
19.15.3	Kaskodeschaltung	458
19.15.4	Konstantstromquelle	458
19.15.5	Differenzverstärker	460
19.15.6	Selektivverstärker.....	463
19.15.7	Oszillatoren.....	463
19.16	Der Transistor als Schalter.....	464
19.16.1	Schalttransistor im Sperrzustand.....	465
19.16.2	Schalttransistor im Durchlasszustand.....	466
19.16.3	Dynamisches Schaltverhalten.....	466
19.16.4	Verkürzung der Schaltzeiten	467
19.16.5	Beispiele für die Anwendung von Schalttransistoren.....	468
19.16.5.1	Schalten einer Last	469
19.16.5.2	Astabile Kippschaltung (Multivibrator)	470
19.16.5.3	Monostabile Kippschaltung (Univibrator, Monoflop)	471
19.16.5.4	Bistabile Kippschaltung (Flipflop)	472
19.16.5.5	Schmitt-Trigger	473
19.17	Transistoren in der Digitaltechnik	474
19.17.1	Kodes, Logische Funktionen, Schaltalgebra	474
19.17.2	Schaltungstechnische Realisierung der logischen Grundfunktionen	479
19.18	Zusammenfassung: Bipolare Transistoren	485
20	Feldeffekt-Transistoren	489
20.1	Bezeichnungen und Klassifizierung	489
20.2	Sperrschicht-FET mit n-Kanal	492
20.2.1	Aufbau und Arbeitsweise	492
20.2.2	Kennlinien und Arbeitsbereiche	493
20.3	Schaltungstechnik mit FETs (Beispiele).....	496
20.3.1	Verstärkerbetrieb.....	496
20.3.1.1	Sourceschaltung.....	496
20.3.1.2	Gateschaltung	497
20.3.1.3	Drainschaltung	497

20.3.1.4	Verstärkung mit Gegenkopplung.....	497
20.3.2	Betrieb als steuerbarer Widerstand.....	498
20.3.3	Konstantstromquelle mit FET	498
20.3.4	Der FET als Schalter	499
20.4	Zusammenfassung: Feldeffekt-Transistoren.....	502
21	Operationsverstärker	503
21.1	Interner Aufbau von Operationsverstärkern.....	503
21.2	Eigenschaften des Operationsverstärkers	504
21.2.1	Leerlaufverstärkung.....	504
21.2.2	Übertragungskennlinie	505
21.2.3	Gleichtaktaussteuerung.....	506
21.2.4	Offsetspannung.....	506
21.2.5	Frequenzverhalten	507
21.2.6	Sprungverhalten	507
21.3	Betriebsarten.....	508
21.4	Grundsaltungen, Anwendungsbeispiele	509
21.4.1	Nicht invertierender Verstärker	509
21.4.2	Invertierender Verstärker	510
21.4.3	Impedanzwandler (Spannungsfolger)	511
21.4.4	Differenzverstärker (Subtrahierer)	511
21.4.5	Addierer (Summierer)	512
21.4.6	Differenzierer.....	512
21.4.7	Integrierer.....	513
21.4.8	Spannungskomparator	514
21.4.9	Aktive Filter	514
21.5	Zusammenfassung: Operationsverstärker.....	515
	Literaturverzeichnis	517
	Stichwortverzeichnis.....	519