

Taschenbuch der Messtechnik

Bearbeitet von
Jörg Hoffmann

7., neu bearbeitete Auflage 2015. Buch. 688 S. Kartoniert

ISBN 978 3 446 44271 9

Format (B x L): 12,5 x 19,3 cm

Gewicht: 756 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Technische Instrumentierung > Mess- und Automatisierungstechnik](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Leseprobe

Taschenbuch der Messtechnik

Herausgegeben von Jörg Hoffmann

ISBN (Buch): 978-3-446-44271-9

ISBN (E-Book): 978-3-446-44511-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44271-9>

sowie im Buchhandel.

Vorwort

Die Messtechnik ist interdisziplinär ausgerichtet wie kaum eine andere Wissenschaft. Sie zeichnet sich durch Anwendungen von der Produktionsautomatisierung bis zur Umweltanalytik aus und ist durch immer kürzere Innovationszyklen geprägt. Das betrifft vor allem die Sensorik und die rechnergestützte Messwertverarbeitung.

Solide Kenntnisse auf dem Gebiet der Messtechnik sind daher heute auf fast allen, insbesondere den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fachgebieten erforderlich. Das Taschenbuch der Messtechnik wendet sich an einen entsprechend großen Leserkreis: Studenten, Schüler, Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker, die in Studium, Beruf oder Weiterbildung mit messtechnischen Aufgabenstellungen konfrontiert werden.

Das Buch ist praxisnah gegliedert. Nach den Grundlagen der Messtechnik folgen die elektrische und die nichtelektrische Messtechnik, die Messelektronik, die Rechnerkopplung sowie die Messwertausgabe und -beurteilung. Die Abschnitte zur Messwertaufnahme sind dabei nach den zu messenden Größen gegliedert.

Die Forderung, das Gesamtgebiet der Messtechnik bei fest vorgegebenem Umfang in maximal möglicher fachlicher Breite abzudecken, führt notwendigerweise zu Einschränkungen. Es wurden daher die Grundprinzipien und typische, in der Praxis häufig anzutreffende Lösungen herauskristallisiert. Auf die Darstellung der nahezu unüberschaubaren Vielfalt an Variationen messtechnischer Lösungen, die oftmals Anpassungen an verschiedene konkrete Verhältnisse sind, wurde bewusst verzichtet. Ein umfangreiches, fachlich gegliedertes Literaturverzeichnis schlägt die Brücke zur zahlreich vorhandenen Spezialliteratur.

Verlag und Herausgeber möchten die Leser des Taschenbuches ermuntern, ihre Verbesserungsvorschläge und Wünsche zu formulieren. Sie werden dankbar entgegengenommen.

Abschließend ist es dem Herausgeber ein Bedürfnis, stellvertretend für alle beteiligten Autoren, Frau Dipl.-Ing. Erika Hotho vom Fachbuchverlag Leipzig und Herrn Dr. Steffen Naake, Chemnitz, für die stets hervorragende Zusammenarbeit sehr herzlich zu danken.

Vorwort zur 7. Auflage

Da auch die sechste Auflage des Taschenbuches wieder eine sehr gute Resonanz hatte, konnten wir die Gelegenheit für Aktualisierungen zur siebenten Auflage nutzen. In fast allen Beiträgen wurden kleinere Unebenheiten oder missverständliche Formulierungen überarbeitet, um die Qualität des Buches weiter zu erhöhen, sowie das Literaturverzeichnis aktualisiert. Aufgrund der technischen Entwicklung in der Beleuchtungstechnik (Stichwort LED-Leuchten) wurden größere Aktualisierungen im Abschnitt „Messung optischer Größen“ vorgenommen.

Stellvertretend für alle Autoren möchte ich mich bei unserer Lektorin, Frau Franziska Jacob, M. A., bedanken, sowie bei Herrn Dr.-Ing. Steffen Naake, Brand-Erbisdorf, für die in gewohnter Weise hohe Qualität bei der Erstellung von Layout und Satz.

Verbunden mit einem Dank für alle Hinweise und Anregungen zur sechsten Auflage möchten wir unsere Leser zur Artikulation derselben auch für die vorliegende siebente Auflage herzlich ermuntern.

Osnabrück, im Juli 2015

Jörg Hoffmann

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe (W. Richter, A. Hebestreit)	8
1.1	<i>Gegenstand der Messtechnik</i>	8
1.2	<i>Messtechnische Disziplinen, Aufgaben und Ziele</i>	9
1.2.1	Bezeichnungen	9
1.2.2	Strategische Ziele	11
1.2.3	Messtechnische Handlungen und Einrichtungen	13
1.3	<i>Größen und Einheiten</i>	15
1.3.1	Größen	16
1.3.2	Einheiten	16
1.4	<i>Messgrößenwandlung</i>	18
1.5	<i>Grundstrukturen</i>	21
1.6	<i>Weiterverarbeitung</i>	24
1.7	<i>Unifizierung und Schnittstellen</i>	26
1.7.1	Aufgabenunifizierung	26
1.7.2	Schnittstellen	26
1.8	<i>Signale</i>	27
1.8.1	Signalmerkmale	28
1.8.2	Signalwandlung	30
1.8.3	Abtastung und Analog/Digital-Umsetzung	32
1.8.4	Einheitssignale	33
1.9	<i>Kennfunktionen und Kennwerte</i>	35
1.9.1	Statische Kennfunktionen und Kennwerte	36
1.9.2	Dynamische Kennfunktionen und Kennwerte	37
1.9.3	Fehler	39
1.10	<i>Entwicklungstendenzen</i>	39
1.10.1	Historischer Rückblick	40
1.10.2	Ausblick	42
2	Messen elektrischer Größen (G. Gruhn, A. Hebestreit)	44
2.1	<i>Größen in Gleich- und Wechselspannungssystemen</i>	44
2.1.1	Gleichspannung und Gleichstrom	44
2.1.2	Wechselspannung und Wechselstrom	47
2.1.3	Grundschaltelemente	51
2.1.4	Wechselspannungen und Wechselströme im Dreiphasensystem	53
2.1.5	Impulsförmige und zufällige Spannungs- und Stromverläufe	56
2.1.6	Leistung	57
2.1.6.1	Wirkleistung	58
2.1.6.2	Blindleistung	60
2.1.6.3	Scheinleistung	61
2.1.6.4	Leistungsfaktor	62
2.1.7	Wirk- und Blindenergie	62
2.1.8	Größen des elektrischen und magnetischen Feldes	62
2.2	<i>Messwerke und Messgeräte</i>	64
2.2.1	Messung zeitlicher Verläufe	72
2.2.2	Messung von Gleichstrom und Gleichspannung	78
2.2.3	Messung des Quotienten zweier Gleichgrößen	80

2.2.4	Messung des Spitzenwertes	80
2.2.5	Messung des Gleichrichtwertes	81
2.2.6	Messung des Effektivwertes	82
2.2.7	Messung der Leistung	86
2.2.8	Messung der Energie	88
2.2.9	Messung der Frequenz	91
2.2.10	Messung des Phasenwinkels	92
2.2.11	Messung magnetischer Feldgrößen	94
2.2.12	Messung elektrischer Feldgrößen	95
2.2.13	Universalmeßgeräte und Meßplätze	95
2.2.14	Kenngrößen und Anwenderinformationen	97
2.3	<i>Messzubehör</i>	98
2.3.1	Normale	98
2.3.2	Messwiderstände	99
2.3.3	Spannungsteiler	99
2.3.4	Messwandler	101
2.3.5	Messumformer	103
2.4	<i>Messverfahren zur Messung elektrischer Größen</i>	105
2.4.1	Widerstand	106
2.4.2	Induktivität	108
2.4.3	Kapazität und Verlustfaktor	110
2.4.4	Spannung	112
2.4.5	Strom	114
2.4.6	Leistung	114
2.4.7	Energie	116
2.4.8	Phasenwinkel	117
2.4.9	Frequenz	117
2.4.10	Klirrfaktor	118
2.4.11	Formfaktor	118
2.4.12	Teilentladungen	118
2.5	<i>Analyse elektrischer Signale</i>	119
2.5.1	Harmonische Analyse	119
2.5.2	Fourier-Transformation	121
3	Messen nichtelektrischer Größen	125
3.1	<i>Temperatur (E. Schrüfer)</i>	125
3.1.1	Thermoelemente	125
3.1.2	Metall-Widerstandsthermometer	129
3.1.3	Heißleiter	131
3.1.4	Kaltleiter	133
3.1.5	Silizium-Widerstandstemperatursensor	134
3.1.6	Silizium-Sperrschicht-Temperatursensor	135
3.1.7	Quarztemperatursensor	136
3.1.8	Faseroptisches Lumineszenzthermometer	137
3.1.9	Störung des Temperaturfeldes durch Berührungsthermometer	138
3.1.10	Thermosäule	139
3.1.11	Bolometer	140
3.1.12	Pyroelektrischer Temperatursensor	140
3.1.13	Strahlungs-pyrometer	143
3.2	<i>Druck (K. W. Bonfig)</i>	144

3.2.1	Federelastische Druckmessgeräte	145
3.2.2	Flüssigkeitsmanometer	148
3.2.3	Druckmessumformer	149
3.2.3.1	Druckmessumformer nach dem Dehnungsmessstreifen- (DMS-)Prinzip	150
3.2.3.2	Druckmessumformer nach dem piezoresistiven Prinzip	150
3.2.3.3	Druckmessumformer nach dem induktiven Prinzip	153
3.2.3.4	Druckmessumformer nach dem kapazitiven Prinzip	154
3.2.3.5	Druckmessumformer nach dem Prinzip der Resonanz- frequenzmessung	156
3.2.3.6	Druckmessumformer nach dem piezoelektrischen Prin- zip	157
3.2.3.7	Druckmessumformer mit Schwingquarzen	158
3.2.3.8	Drucksensoren nach dem Prinzip der akustischen Oberflächenwellen	158
3.2.4	Vakuumdruckmessung	159
3.3	<i>Durchfluss (K. W. Bonfig)</i>	160
3.3.1	Durchflussmessung durch energetische Beziehungen einer Strö- mung	161
3.3.2	Volumenzähler	164
3.3.3	Schwebekörper-Durchflussmessung	166
3.3.4	Magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID)	168
3.3.5	Wirbelfrequenz-Durchflussmessung	169
3.3.6	Laufzeitverfahren (Korrelation)	172
3.3.7	Ultraschall-Durchflussmessung	173
3.3.8	Massendurchflussmessung nach dem Coriolis-Prinzip	176
3.3.9	Durchflussmessung auf thermischer Grundlage	178
3.3.10	Geschwindigkeitsmessung nach dem Laser-Doppler-Verfahren	180
3.4	<i>Füllstand und Grenzstand (K. W. Bonfig)</i>	181
3.4.1	Verfahren mit Schwimmern und Tastplatten	181
3.4.2	Kapazitive und konduktive Füllstandsmessung	183
3.4.3	Füllstandsmessung mit thermischen Verfahren	185
3.4.4	Füllstandsmessung mit radiometrischen Verfahren	186
3.4.5	Füllstandsmessung mit Schall und Ultraschall	187
3.4.6	Füllstandsmessung mit optischen Verfahren	188
3.4.7	Füllstandsmessung mit Mikrowellen nach dem Radar-Prinzip	189
3.4.8	Füllstandsmessung über Kraft- und Druckmessungen	190
3.4.9	Weitere Methoden zur Grenzstandsüberwachung und zur Füll- standsmessung	191
3.5	<i>Dichte (K. W. Bonfig)</i>	192
3.5.1	Dichtemessung fester Stoffe	193
3.5.1.1	Wägemethoden	193
3.5.1.2	Auftriebsmethoden	193
3.5.2	Dichtemessung von Flüssigkeiten	194
3.5.2.1	Wägemethoden, kontinuierlich und diskontinuierlich	194
3.5.2.2	Auftriebsmethoden, kontinuierlich und diskontinuier- lich	195
3.5.2.3	Hydrostatische Dichtemessmethoden	197
3.5.2.4	Radiometrische Dichtemessmethoden	198

	3.5.2.5	Resonanz- bzw. Schwingungsdichtemessmethoden	198
	3.5.2.6	Spezielle Verfahren für die Dichtemessung	199
3.5.3		Dichtemessung von Gasen	199
	3.5.3.1	Wäge- und Auftriebsmethoden zur Gasdichtemessung	199
	3.5.3.2	Ausström- und Schleuderverfahren für die Gasdichtemessung	200
	3.5.3.3	Schwingungsmethoden für die Gasdichtemessung	201
3.6		Viskosität (<i>K. W. Bonfig</i>)	202
	3.6.1	Abhängigkeit der Viskosität von verschiedenen Einflussgrößen	205
	3.6.2	Kapillarviskosimeter	206
	3.6.3	Rotationsviskosimeter	206
	3.6.4	Verschiebung zweier konzentrischer Zylinder	207
	3.6.5	Kugelfallviskosimeter	207
	3.6.6	Schwebekörperviskosimeter	207
	3.6.7	Schwingungviskosimeter	207
3.7		Oberflächenspannung (<i>J. Hoffmann</i>)	208
	3.7.1	Ringaufnehmer	208
	3.7.2	Plattenaufnehmer	209
3.8		Messen mechanischer und geometrischer Größen (<i>J. Hoffmann, W. Richter</i>)	209
	3.8.1	Messen von Längen und Winkeln	209
	3.8.1.1	Mechanische Verfahren	210
	3.8.1.2	Induktive und kapazitive Verfahren	211
	3.8.1.3	Optische Verfahren	213
	3.8.1.4	Ultraschallverfahren	217
	3.8.1.5	Winkelbestimmung	218
	3.8.2	Positionsbestimmung	219
	3.8.2.1	Optische Verfahren	219
	3.8.2.2	Nichtoptische Verfahren	220
	3.8.3	Messen von Dehnungen und daraus abgeleiteten Größen	223
	3.8.3.1	Metall-Dehnungsmessstreifen	225
	3.8.3.2	Halbleiter-Dehnungsmessstreifen	226
	3.8.3.3	Anordnungen von Dehnungsmessstreifen	227
	3.8.4	Messen von Kräften	228
	3.8.5	Beschleunigungs- und Schwingungsmessung	231
	3.8.6	Messung der Masse	234
	3.8.7	Drehmomentmessung	236
	3.8.8	Messen von Oberflächeneigenschaften fester Stoffe	238
	3.8.8.1	Bestimmung von Gestaltabweichungen	238
	3.8.8.2	Bestimmung der Härte	240
	3.8.8.3	Bestimmung der Schichtdicke	241
3.9		Zeitmessung (<i>H. Kopp</i>)	242
	3.9.1	Zeitskalen	242
	3.9.2	Zeitbasen	243
	3.9.2.1	RC-Schaltungen	243
	3.9.2.2	Kondensator-Konstantstromladung	244
	3.9.2.3	LC-Oszillatoren	244
	3.9.2.4	Quarzoszillatoren	245
	3.9.3	Zeitsignale von Funksendern	245

3.9.3.1	DCF77	245
3.9.3.2	GPS	246
3.9.3.3	Galileo	247
3.10	<i>Frequenzmessung (H. Kopp)</i>	247
3.10.1	Bestimmung der Frequenz	247
3.10.2	Rückführung der Frequenz- auf die Zeitmessungen	247
3.10.3	Frequenzteiler, Frequenzvervielfachung	248
3.11	<i>Drehzahl- und Winkellageerfassung (H. Kopp)</i>	249
3.11.1	Optische Signalgeber	249
3.11.2	Induktive Signalgeber	250
3.11.3	Feldplatten- und Hall-Geber	251
3.11.4	Tachogenerator	252
3.11.5	Stroboskop	252
3.12	<i>Konzentrations- und Analysenmesstechnik (J. Hoffmann)</i>	252
3.12.1	Wichtige Grundprinzipien	253
3.12.1.1	Prinzip der Absorption	254
3.12.1.2	Prinzip der Reflexion	255
3.12.1.3	Prinzip der Emission	255
3.12.1.4	Prinzip der Chromatographie	256
3.12.2	Gas- und Flüssigkeitschromatographie	257
3.12.3	Massenspektroskopie	259
3.12.4	NMR-Spektroskopie	261
3.12.5	Röntgenfluoreszenzanalyse	262
3.12.6	Optische Analyseverfahren	265
3.12.6.1	UV/VIS-Spektroskopie	265
3.12.6.2	Flammenspektroskopie / AAS, AES	266
3.12.6.3	Funken-/Bogenspektroskopie	267
3.12.6.4	Fluoreszenzspektroskopie	268
3.12.6.5	Infrarot- und Raman-Spektroskopie	269
3.12.6.6	Refraktometrie	273
3.12.6.7	Polarimetrie	276
3.12.7	Kalorimetrie	277
3.12.8	Wärmeleitfähigkeitsmessung zur Gaskonzentrationsbestimmung	279
3.12.9	Wärmetönungsmessung	280
3.12.10	Flammenionisationsmessung	281
3.12.11	Sauerstoffmessung	282
3.12.11.1	Ringkammersauerstoffsensor	282
3.12.11.2	Hitzdrahtsauerstoffsensor	283
3.12.11.3	Magnetomechanische Geräte	284
3.12.11.4	Magnetopneumatische Geräte	285
3.12.11.5	Festkörper-Sauerstoffsensor	286
3.12.12	Feuchtemessung	287
3.12.12.1	Aspirationshygrometer	288
3.12.12.2	LiCl-Hygrometer	289
3.12.12.3	Elektrolysehygrometer	290
3.12.12.4	Tauspiegelhygrometer	291
3.12.12.5	Kapazitive Feuchtesensoren	292
3.12.12.6	Haarhygrometer	292
3.12.12.7	Bistreifenhygrometer	293

3.12.12.8	Neutronen-Feuchtesensor	294
3.12.12.9	Weitere Feuchtesensoren	295
3.12.13	Konduktometrie	296
3.12.14	Potentiometrie	297
3.12.14.1	pH-Wert-Sensoren	297
3.12.14.2	Ionenselektive Sensoren	299
3.12.14.3	Redoxpotentialsensoren	300
3.12.15	Elektrodenkinetische Messverfahren	300
3.12.16	Partikelmessstechnik	301
3.12.16.1	Mechanische Verfahren	303
3.12.16.2	Optische Verfahren	304
3.12.16.3	Sedimentationsverfahren	309
3.12.16.4	Feldstörungsverfahren	313
3.12.16.5	Akustische Verfahren	314
3.12.16.6	Oberflächenbestimmungsverfahren	314
3.12.17	Probennahme und Probenteilung	315
3.13	Messung ionisierender Strahlung (E. Schrüfer)	316
3.13.1	Größen und Einheiten	316
3.13.2	Detektoren für γ -Strahlung	317
3.13.2.1	Ionisationskammer	318
3.13.2.2	Auslösezählrohr	318
3.13.2.3	Szintillationszähler	319
3.13.2.4	Halbleiter-Strahlungsdetektor	320
3.13.2.5	Impulshöhenanalyse	321
3.13.3	Detektoren für β -Strahlung	321
3.13.4	Detektoren für α -Strahlung	321
3.13.5	Neutronenflussmessung	322
3.13.5.1	BF_3 -Zählrohr	323
3.13.5.2	Borbelegte Ionisationskammer	323
3.13.5.3	Spaltkammer	323
3.13.5.4	Neutronen-Beta-Detektoren	324
3.13.6	Dosismessung	325
3.13.7	Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität	326
3.14	Messung optischer Größen (H. Kopp)	327
3.14.1	Strahlungsphysikalisches und lichttechnisches Maßsystem	327
3.14.2	Empfänger zur Messung optischer Strahlung	329
3.14.2.1	Fotowiderstände	330
3.14.2.2	Fotodioden	331
3.14.2.3	Fototransistoren	333
3.14.2.4	Sekundärelektronenvervielfacher (SEV) und Kanalelektronenvervielfacher (KEV)	334
3.14.2.5	Charge Coupled Device (CCD)	335
3.14.2.6	Lateraleffektdioden	336
3.14.2.7	Breitbandige Strahlungsempfänger	336
3.14.2.8	UV-Sensoren	337
3.14.3	Besonderheiten von Empfängern für Lichtmessungen	337
3.14.3.1	$V(\lambda)$ -Anpassung	337
3.14.3.2	Kosinusanpassung	338

3.14.4	Messung lichttechnischer Größen	339
3.14.4.1	Verfahren der Lichtschwächung	339
3.14.4.2	Beleuchtungsstärke	340
3.14.4.3	Leuchtdichte	342
3.14.4.4	Lichtstrom	343
3.14.4.5	Lichtstärke	345
3.14.4.6	Lichtstärkeverteilung	346
3.14.4.7	Farbmessungen	347
3.14.4.8	Lichttechnische Stoffkennzahlen	351
3.14.5	Fotometrische Normale	352
3.14.5.1	Fotometrische Strahlungsnormale	352
3.14.5.2	Fotometrische Empfängernormale	352
3.14.5.3	Fotometrische Reflexionsnormale	352
3.14.5.4	Normlichtarten	352
3.15	Messung akustischer Größen (G. Fuder)	353
3.15.1	Schalldruckpegel	353
3.15.1.1	Bewertete Schalldruckpegel	355
3.15.1.2	Addition von Schalldruckpegeln	357
3.15.1.3	Mittelwerte des Schalldruckpegels	358
3.15.2	Geräte zur Messung von Schalldruckpegeln	359
3.15.3	Beurteilung praktischer Schallsituationen	360
3.15.4	Lautstärkepegel und Lautheit	362
3.15.4.1	Ermittlung des Lautstärkepegels durch Hörvergleich	362
3.15.4.2	Lautheit	365
3.15.4.3	Berechnung von Lautstärkepegel und Lautheit	365
3.15.4.4	Vergleich der Kenngrößen Schalldruckpegel, Lautstärkepegel und Lautheit	367
3.15.5	Schallleistungspegel	367
3.15.6	Direkte Messung der Schallintensität	370
3.15.7	Akustische Nahfeld-Holografie	371
4	Messelektronik	374
4.1	Analoge Messelektronik (C. Lehmann)	374
4.1.1	Prinzipien der analogen Messwertverarbeitung	374
4.1.1.1	Strukturen und Komponenten von Messeinrichtungen	375
4.1.1.2	Prinzip der Rückkopplung	377
4.1.1.3	Varianten der elektrischen Anpassung	378
4.1.2	Systemkomponenten analoger Messgeräte	381
4.1.2.1	Tastköpfe	381
4.1.2.2	Sensoren in Brückenschaltungen	382
4.1.2.3	Messverstärker	387
4.1.2.4	Analoge Rechenschaltungen	402
4.1.2.5	Hilfsschaltungen für Messwandler	409
4.1.2.6	Analoge elektronische Schalter	415
4.1.2.7	Filter	419
4.2	Digitale Messelektronik (K. Urbanski)	424
4.2.1	Grundlagen der Digitaltechnik	424
4.2.1.1	Zuordnungssysteme	425
4.2.1.2	Boolesche Algebra	427
4.2.1.3	Logische Grundverknüpfungen	431

4.2.1.4	Minimieren von Schaltfunktionen	432
4.2.2	Kombinatorische Grundschaltungen	436
4.2.2.1	Code-Umsetzer	436
4.2.2.2	Zahlenkomparator	438
4.2.2.3	Multiplexer und Demultiplexer	439
4.2.2.4	Addierer	440
4.2.3	Sequentielle Grundschaltungen	442
4.2.3.1	Prinzipieller Aufbau einer sequentiellen Schaltung	442
4.2.3.2	Monostabile Kippstufen (Monoflops)	443
4.2.3.3	Bistabile Kippstufen (Flipflops)	443
4.2.3.4	Zähler	446
4.2.3.5	Register und Schieberegister	449
4.2.4	Eigenschaften digitaler integrierter Schaltkreise	451
4.2.5	Anwenderspezifische Bausteine (ASICs)	457
4.2.5.1	Fullcustom	458
4.2.5.2	Semicustom	458
4.2.5.3	Programmierbare Logik	459
4.2.6	Mikrocomputer-Schaltkreise	462
4.2.6.1	Struktur des Mikrocomputers	463
4.2.6.2	Mikroprozessoren	464
4.2.6.3	Schreib-/Lesespeicher (RAM)	465
4.2.6.4	Festwertspeicher (ROM)	469
4.2.6.5	Ein-/Ausgabe-Bausteine	470
4.2.6.6	Mikrocontroller	470
4.2.7	Messgeräte für die Logikanalyse	473
4.2.7.1	Logikprüfer	473
4.2.7.2	Logikanalysator	474
5	Rechnerkopplung	476
5.1	<i>Grundlagen und Begriffe (J. Hoffmann)</i>	476
5.1.1	A/D-Umsetzer	479
5.1.1.1	Parallel-A/D-Umsetzer	480
5.1.1.2	Sukzessive-Approximation-A/D-Umsetzer	481
5.1.1.3	Nachlauf-A/D-Umsetzer	482
5.1.1.4	Rampen-A/D-Umsetzer	483
5.1.1.5	Dual-Slope-A/D-Umsetzer	484
5.1.1.6	Charge-Balancing-A/D-Umsetzer	486
5.1.1.7	Delta-Sigma-Umsetzer	487
5.1.2	D/A-Umsetzer	489
5.1.2.1	Stromgewichtete D/A-Umsetzer	489
5.1.2.2	R-2R-D/A-Umsetzer	490
5.2	<i>Intelligente Sensorik (K. Urbanski)</i>	490
5.3	<i>Bussysteme in der Messtechnik (H. Kopp)</i>	494
5.3.1	Bus-Topologie	495
5.3.2	OSI-Schichtenmodell	496
5.3.3	Physikalische Schnittstellenstandards	497
5.3.3.1	RS232C	497
5.3.3.2	RS422	498
5.3.3.3	RS485	499
5.3.4	Datenübertragung	499

5.3.4.1	Busse für serielle Übertragung	499
5.3.4.2	Synchronisationsverfahren	500
5.3.4.3	Bus-Zugriffsverfahren	500
5.3.4.4	Bus-Protokolle	501
5.3.4.5	Sicherung gegen Übertragungsfehler	501
5.3.5	Messgerätebus IEEE488	502
5.3.5.1	IEEE STD 488.1	502
5.3.5.2	IEEE STD 488.2	503
5.3.6	Beispiele genormter Feldbussysteme	503
5.3.7	Kopplungen unterschiedlicher Bussysteme (Gateways)	503
5.3.8	Maßnahmen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)	505
6	Ausgabegeräte (C. Lehmann)	507
6.1	<i>Digitale Anzeigeelemente</i>	507
6.1.1	Optoelektronische Anzeigeelemente	507
6.1.1.1	Binärsignal-Anzeige mit LED	508
6.1.1.2	Quasi-analoge Anzeige	508
6.1.1.3	Numerische Anzeige mit LCD	509
6.1.1.4	Alphanumerische Anzeigen	510
6.2	<i>Bildsichtgeräte</i>	511
6.2.1	Farbbildröhren für Monitore	511
6.2.1.1	Prinzipieller Aufbau	512
6.2.1.2	Frequenzkennwerte	512
6.2.1.3	Grundfunktionen der Grafikkarte	514
6.2.2	LCD-Bildschirme	515
6.3	<i>Drucker</i>	516
6.3.1	Funktionsprinzipien im Überblick	516
6.3.2	Kommunikations-Schnittstellen	517
6.3.2.1	Centronics-Schnittstelle	518
6.3.2.2	IEC-Bus-Schnittstelle	519
6.3.2.3	Serielle Schnittstelle EIA-232	519
6.3.2.4	USB-Schnittstelle	520
6.3.2.5	Firewire-Schnittstelle	521
7	Das Konzept Messfehler (J. Hoffmann, J. Biermann)	522
7.1	<i>Fehlerdefinition</i>	522
7.2	<i>Fehlerarten</i>	523
7.2.1	Quantisierungsfehler und digitaler Restfehler	523
7.2.2	Statische Fehler	525
7.2.3	Dynamische Fehler	526
7.2.4	Systematische Fehler	529
7.2.5	Zufällige Fehler	530
7.3	<i>Trennung von systematischen und zufälligen Fehleranteilen</i>	530
7.4	<i>Kennlinienkorrektur</i>	531
7.4.1	Lineare Approximation	532
7.4.2	Geradenapproximation	533
7.4.3	Polynominterpolation	535
7.4.4	Spline-Interpolation	538
7.5	<i>Fehlerfortpflanzung</i>	540
7.6	<i>Messbereich, Auflösung und Messgenauigkeit</i>	541

7.7	<i>Auswertung von Messergebnissen</i>	542
7.7.1	Der Begriff der Messreihe	542
7.7.1.1	Schätzwerte und wahre Werte	543
7.7.1.2	Mittelwert und Erwartungswert	543
7.7.1.3	Stichprobenvarianz und Varianz	544
7.7.1.4	Mittlerer Fehler der Einzelmessung	544
7.7.1.5	Mittlerer Fehler des Mittelwertes	546
7.7.1.6	Mittlerer Fehler der Standardabweichung	548
7.7.1.7	Empirische Kovarianz und Korrelationskoeffizient	549
7.7.2	Grafische Darstellung von Messergebnissen	549
7.7.2.1	Histogramm und Verteilungsdichtefunktion	549
7.7.2.2	Summenhäufigkeit und Verteilungsfunktion	551
7.7.2.3	Weitere Darstellungsmöglichkeiten	552
7.7.3	Regressionsrechnung	552
7.7.3.1	Einfache lineare Regression	553
7.7.3.2	Vertrauensintervalle für Regressionskoeffizient und -konstante	555
7.7.3.3	Mehrfache lineare und nichtlineare Regression	555
7.7.4	Tests	556
7.7.4.1	Der t -Test als einseitiges Problem	558
7.7.4.2	Der t -Test als zweiseitiges Problem	558
7.7.4.3	Der χ^2 -Streutest	559
7.7.4.4	Der t -Zweistichprobentest	559
7.7.4.5	Der F -Test	560
7.7.5	Weitere Auswertungsmethoden	560
8	Das Konzept Messunsicherheit (F. Adunka)	562
8.1	Messwertverteilungen	567
8.2	Die Verteilungsfunktion der Ergebnisgröße	573
8.3	Korrelierte Eingangsdaten	574
8.4	Kritik an der Vorgehensweise nach dem GUM	579
8.5	Vorgehensweise bei der Berechnung von Messunsicherheiten	580
8.5.1	Schematische Vorgehensweise nach EA-4/02	580
8.5.2	Angabe der Messunsicherheit	581
8.5.3	Unsicherheitsangabe bei Digitalanzeigen	581
8.6	Weitere Beispiele	582
8.7	Ergänzende Bemerkungen	589
9	Einheiten und Umrechnungen (W. Richter, J. Hoffmann)	591
	Formelzeichenverzeichnis	611
	Verzeichnis englisch-deutscher Begriffe	614
	Literaturverzeichnis	622
	Sachwortverzeichnis	649

2 Messen elektrischer Größen

Das Messen elektrischer Größen beschränkt sich hier auf die quantitative Bestimmung der Größen von drahtgebundenen Stromkreisen, d. h., elektromagnetische Wellenvorgänge im freien Raum sind ausgeklammert. Historisch gesehen interessierten nur die Größen der Elektroenergieerzeugung, -verteilung und -nutzung, jedoch mit der Entwicklung der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie der Nachrichtentechnik dienen elektrische Größen wie Spannung und Strom als Träger von Informationen. Sie werden zu Signalen ($\rightarrow$ 1.8), ihre zeitlichen Verläufe sind je nach verwendetem Informationsparameter mannigfaltig.

2.1 Größen in Gleich- und Wechselspannungssystemen

Es werden die Grundgrößen und Grundgesetze des elektrischen Stromkreises bei Gleich- und Wechselspannung sowie wesentliche Zusammenhänge des Dreiphasenwechselspannungssystems dargestellt. Entsprechend der messtechnischen Vorgehensweise werden alle Zusammenhänge im Zeitbereich dargestellt. Auf die Analogien zwischen elektrischem Stromkreis und elektrischem bzw. magnetischem Feld wird eingegangen.

2.1.1 Gleichspannung und Gleichstrom /2.1/, /0.38/

Gleichspannung und **Gleichstrom** (direct voltage, direct current) sind elektrische Größen, deren Momentanwerte zu allen Zeitpunkten konstant sind ($\rightarrow$ Bild 2.1).

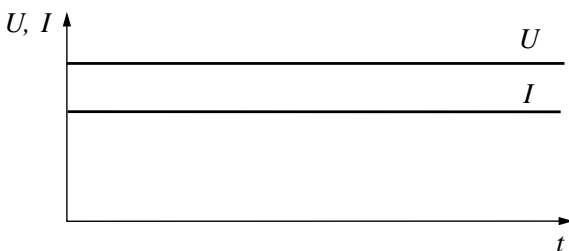


Bild 2.1 Verlauf von Gleichspannung und Gleichstrom

- **Beachte:** Die SI-Einheit der Spannung ist, unabhängig von ihrem Verlauf, $[U], [u] = \text{V}$ (Volt), die der Stromstärke $[I], [i] = \text{A}$ (Ampere).

Gleichspannungen treten in elektrischen Stromkreisen als *Quellenspannungen* und Spannungsabfälle auf. Bild 2.2 zeigt den Grundstromkreis, bestehend aus idealer Quellenspannung und Widerstand ($\rightarrow$ 2.1.3) als Verbraucher mit den zugeordneten Zählrichtungen.

Die **Quellenspannung** ist der messbare Spannungsabfall einer Spannungsquelle und ist vom Plus- zum Minuspol gerichtet. Sie ist dem angetriebenen Strom entgegengerichtet ($\rightarrow$ Bild 2.2).

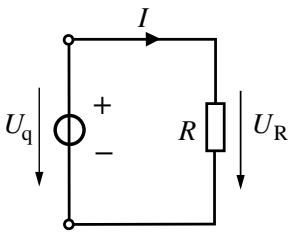


Bild 2.2 Grundstromkreis mit idealer Quellenspannung

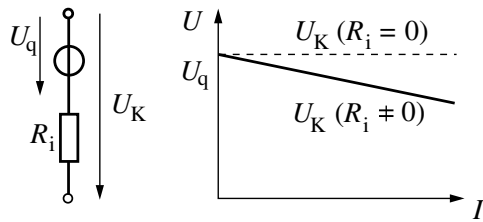


Bild 2.3 Reale Quellenspannung mit Spannungs-Stromkennlinien

Elektrische Quellenspannungen U_q entstehen, wenn Ladungen Q unterschiedlichen Vorzeichens durch äußere Energiezufuhr W getrennt werden.

$$U_q = \frac{W}{Q} \quad (2.1)$$

► *Beachte:* Die SI-Einheit der Ladung ist $[Q] = \text{C}$ (Coulomb) = $\text{A} \cdot \text{s}$ (Amperesekunde).

Für praktische Anwendungen steht ein breites Angebot von Spannungsquellen als *Batterien* oder elektronisch *stabilisierte Netzgeräte* zur Verfügung. Batterien haben einen Innenwiderstand R_i , wodurch die Klemmenspannung U_K mit zunehmendem Strom abnimmt ($\rightarrow$ Bild 2.3). Mit zunehmender Entladung steigt der Innenwiderstand. Elektronisch stabilisierte Netzgeräte regeln die Klemmenspannung bis zum Nennstrom auf einen konstanten Wert. Tabelle 2.1 zeigt eine Auswahl von Spannungsquellen.

Im geschlossenen Stromkreis ($\rightarrow$ Bild 2.2) treibt die Quellenspannung einen elektrischen Strom an. Elektrischer Strom bedeutet die Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen Leitern.

Die **elektrische Stromstärke** ist der Quotient aus der Ladungsmenge dQ , die während der Zeit dt durch einen elektrischen Leiter fließt. Ist diese konstant, so handelt es sich um Gleichstrom. Die technisch positive Stromrichtung in einem Stromkreis ist vom Plus- zum Minuspol der Quellenspannung gerichtet.

Tabelle 2.1 Auswahl von Spannungsquellen

Typ (Besonderheit) Werkstoffpaarung; Auswahl	Quellenspannungs- bereich Kapazitätsbereich	Auswahl möglicher Anwendungen
Knopfzelle als Batterie (einmalig entladbar) Zn-Luft, Zn-MnO ₂ , Li-MnO ₂	(1,4 ... 3) V (5 ... 1 000) mAh	Hörgeräte, Uhren, LED-Taschenlampen, elektronische Messgeräte
Knopfzelle als Akkumulator (ladbar, bis ca. 400 Ladezyklen) Nickel-Metallhydride, Lithium-Vanadiumpentoxid	(1,2 ... 7) V (7 ... 40) mAh	Fotoapparate, Kameras, Kommunikationsgeräte, elektronische Schaltungen, elektronische Messgeräte
Batterie (einmalig entladbar) Zink-Mangandioxid (Alkaline) Lithium-Magandioxid	(1,5 ... 9) V (3,5 ... 3 000) mAh	Uhren, Taschenrechner, Rundfunkgeräte, Fernbedienungen, Warnanlagen
Akkumulatoren Nickel-Metallhydrid (Ni MH) (ladbar, bis 1000 Zyklen) Lithium-Eisenphosphat (Li-Ion) (ladbar, 1 000 bis 5 000 Zyklen)	1,2 V (300 ... 2 850) mAh (3,6 ... 180) V (1,6 ... 30 000) Ah	Jegliche elektronische Geräte, Werkzeuge, Fahrräder, Hybrid- und Elektroautos, Seefahrt, große Elektroenergiespeicher
Bleibatterie (Akkumulator) (ladbar, bis ca. 2 000 Zyklen) Verdrängung durch Li-Ion-Akku	Zellenspannung 2 V, Reihenschaltung für höhere Spannungen (1 ... 12 000) Ah	Starter- und Pufferbatterie für Fahrzeuge, Werkselektroautos, Energiespeicher
Elektronische Netzgeräte (Wechselspannung gleichgerichtet und geglättet, auch als Konstantstromquelle möglich)	(0 ... 100) V (0 ... 20) A	Betreiben elektronischer Schaltungen

Augenblickswert der Stromstärke:

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

(2.2)

Gleichstrom:

$$I = \frac{Q}{t}$$

(2.3)

Beim Fließen des Stromes durch einen Widerstand (→ 2.1.3) wird in diesem die *Energie* W umgesetzt, die der Spannungsquelle entzogen wird. Diese Arbeit wird durch die Bewegung der elektrischen Ladung Q verrichtet. Es entsteht ein Spannungsabfall U .

Die **elektrische Spannung (Spannungsabfall)** ist der Quotient aus der zur Verschiebung der Ladung erforderlichen Arbeit W und der Ladung Q . Der Spannungsabfall hat die gleiche Richtung wie der fließende Strom.

$$U = \frac{W}{Q} \quad (2.4)$$

$$U = IR \quad (2.5)$$

Die Gl. (2.5) ist die Strom-Spannungs-Beziehung ($\rightarrow$ 2.1.3).

2.1.2 Wechselspannung und Wechselstrom /2.1/, /0.38/

Wechselspannung und Wechselstrom (alternating voltage, alternating current) sind elektrische Größen, deren Momentanwerte sich nach dem Zeitintervall T (Periode) wiederholen und deren arithmetische Mittelwerte ($\rightarrow$ Gl. (2.12)) gleich null sind.

In der Regel haben Wechselspannung und Wechselstrom einen zeitlich sinusförmigen Verlauf ($\rightarrow$ Bild 2.4). Die Momentanwerte von Wechselspannung und Wechselstrom werden durch die Gln. (2.6) und (2.7) beschrieben.

$$u(t) = \hat{u} \sin \omega t \quad (2.6)$$

$$i(t) = \hat{i} \sin(\omega t - \varphi) \quad (2.7)$$

Kennwerte dieser Gleichungen sind die *Spitzen-* oder *Scheitelwerte* $\hat{u}$ und $\hat{i}$, die *Kreisfrequenz* ω und der *Phasenwinkel* φ .

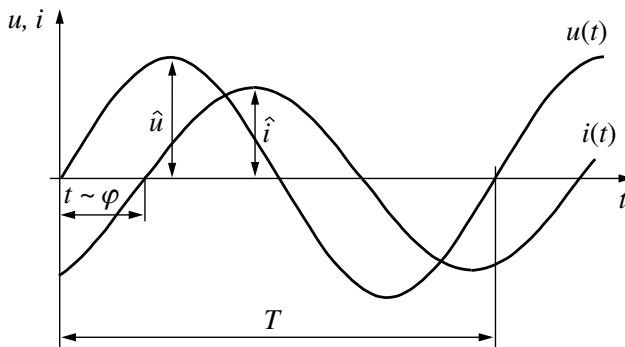


Bild 2.4 Wechselspannungs- und Wechselstromverlauf

Die **Kreisfrequenz** ist das 2π -fache der Frequenz.

$$\omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

Die **Frequenz** f ist der Kehrwert der *Periodendauer* T und gibt an, wie oft sich die Schwingung je Zeiteinheit wiederholt.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.9)$$

► **Beachte:** Die SI-Einheit der Frequenz ist

$$[f] = \text{Hz (Hertz)} = \frac{1}{\text{s}}.$$

□ **Beispiele** für technische Frequenzen sind 50 Hz in der Elektroenergieversorgung in Deutschland, 60 Hz in den USA und in Europa im Bereich der Traktion 16 2/3 Hz oder 50 Hz.

2

Der **Phasenwinkel** φ gibt die zeitliche Verschiebung zweier Wechselgrößen im Winkel- oder Bogenmaß an.

$$\varphi = \frac{360^\circ}{T}t, \quad \varphi = \frac{2\pi}{T}t \quad (2.10)$$

► **Beachte:** Im Bild 2.4 eilt der Strom der Spannung zeitlich nach. In Gl. (2.7) steht demzufolge $-\varphi$. In der Bezeichnung wird nicht zwischen Bogen- und Winkelmaß unterschieden.

Definitionsgemäß müssen die Wechselgrößen Spannung und Strom nicht unbedingt rein sinusförmig sein. In der Praxis verursachen nichtlineare Verbraucher unerwünschte Oberschwingungen (→ Bild 2.5).

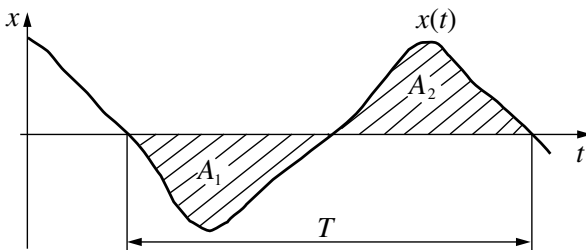


Bild 2.5 Periodische nichtsinusförmige Funktion

Periodische nichtsinusförmige Spannungen $u(t)$ und **Ströme** $i(t)$ lassen sich als Summe von Sinusschwingungen (Harmonischen) unterschiedlicher Frequenzen mit zugeordneten Amplituden und Phasenwinkeln darstellen (→ Gl. (2.11)).

$$x(t) = \sum_{i=1}^n \hat{x}_i \sin(\omega_i t - \varphi_i) \quad (2.11)$$

x steht für u oder i , die Größe n ist durch die Anzahl der Harmonischen gegeben.

□ **Beispiele** für nichtlineare Verbraucher sind z. B. geregelte Antriebe, Fernseher, Lichtbogenschmelzöfen.

Kenngrößen zur Bewertung von Wechselgrößen:

Arithmetischer Mittelwert (Gleichwert)

Der **Gleichwert** ist der arithmetische Mittelwert der Spannung oder des Stromes über eine Periode.

$$\bar{X} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} x(t) dt \quad (2.12)$$

Gl. (2.12) ist geeignet, festzustellen, ob die Funktion $x(t)$ eine reine Wechselgröße ist ($\rightarrow$ Bild 2.5), d. h. $A_1 + A_2 = 0$ und $\bar{X} = 0$ (A_1 geht in den Integralwert negativ ein).

Gleichrichtwert

Der **Gleichrichtwert** ist der arithmetische Mittelwert des Betrages von Spannung oder Strom einer Periode.

$$|\bar{X}| = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} |x(t)| dt \quad (2.13)$$

Die Betragsbildung bedeutet, dass die negativen Halbwellen der Wechselgrößen ($\rightarrow$ Bild 2.4, Bild 2.5) in den positiven Bereich geklappt werden und davon der arithmetische Mittelwert gebildet wird. Der Gleichrichtwert ist für die Messtechnik ($\rightarrow$ 2.2) interessant, da sich unabhängig von der Frequenz bei sinusförmigen Wechselgrößen nach den Gln. (2.6) und (2.7) einfache Zusammenhänge zwischen Effektivwert und Spitzenwert nach Gl. (2.15) bzw. Effektivwert und Gleichrichtwert nach Gl. (2.17) ergeben.

Effektivwert

Der **Effektivwert** ist der quadratische Mittelwert von Spannung oder Strom einer Periode.

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} x^2(t) dt} \quad (2.14)$$

Die Effektivwerte der Spannung U und des Stromes I bewirken in einem ohmschen Widerstand ($\rightarrow$ 2.1.3) den gleichen Energieumsatz ($\rightarrow$ 2.1.6.1) in Form von Wärmeenergie wie die äquivalente Gleichspannung U oder die Gleichstromstärke I .

Scheitelfaktor

Der **Scheitelfaktor** ist das Verhältnis von Spitzenwert (Scheitelwert) zum Effektivwert von Spannung oder Strom.

$$k_s = \frac{\hat{x}}{X} \quad (2.15)$$

Für reine Sinusgrößen gilt unabhängig von der Frequenz:

$$k_s = \sqrt{2} \approx 1,414 \quad (2.16)$$

Damit sind die Spitzenwerte von Spannung $\hat{u}$ und Strom $\hat{i}$ aus gemessenen Effektivwerten einfach bestimmbar.

Formfaktor

Der **Formfaktor** ist das Verhältnis von Effektivwert zum Gleichrichtwert einer Wechselgröße.

$$k_f = \frac{X}{|X|} \quad (2.17)$$

Für reine Sinusgrößen gilt unabhängig von der Frequenz:

$$k_f = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11 \quad (2.18)$$

Damit sind Effektivwerte von Spannung U und Strom I für sinusförmige Wechselgrößen durch einfach zu messende Gleichrichtwerte bestimmbar. Für periodisch nichtsinusförmige Verläufe kann der Formfaktor je nach Kurvenform größer oder kleiner als dieser Wert sein.

Klirrfaktor /0.55/

Der **Klirrfaktor** ist das Verhältnis des Effektivwertes aller Oberschwingungen zum Effektivwert aller Harmonischen der Oberschwingungsbehafteten Wechselgröße.

$$K = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n X_i^2}{\sum_{i=1}^n X_i^2}} \quad (2.19)$$

Bildet man nach Einsetzen von Gl. (2.11) in Gl. (2.14) den Effektivwert, so ergibt sich dieser aus der geometrischen Summe der Effektivwerte der einzelnen Harmonischen.

$$X = \sqrt{\sum_{i=1}^n X_i^2} = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2} \quad (2.20)$$

Der Klirrfaktor ist zugleich ein Maß für die Oberwellenleistung zur Gesamtleistung eines nichtlinearen Verbrauchers.

2.1.3 Grundschaltelemente /2.1/, /0.38/

Grundschaltelemente des elektrischen Stromkreises sind der ohmsche Widerstand R (resistance), die Induktivität L (inductivity) und die Kapazität C (capacity). Die Schaltzeichen sind im Bild 2.6 dargestellt.

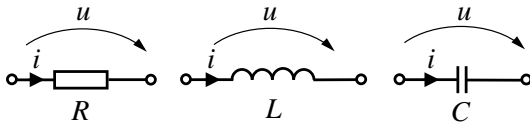


Bild 2.6 Schaltzeichen der Grundschaltelemente

Ohmscher Widerstand

Elektrische Leiter setzen dem Stromfluss einen Widerstand entgegen.

Der **ohmsche Widerstand** ist ein elektrischer Leiter, dessen Widerstand unabhängig von der Höhe des Stromes ist, Spannung und Strom sind proportional.

Das **ohmsche Gesetz** ist die Gleichung, die diesen Zusammenhang beschreibt.

$$R = \frac{u}{i} = \text{const.} \quad (2.21)$$

- *Beachte:* Die SI-Einheit des Widerstandes ist $[R] = \Omega$ (Ohm).

Bei Wechselgrößen ist gemäß der Definition der Phasenwinkel $\varphi = 0$ ($\rightarrow$ Bild 2.4). Metallische Leiter verhalten sich bei konstanter Temperatur annähernd wie ohmsche Widerstände.

- *Beachte:* Viele halbleitende Widerstände (Dioden, Heißleiter, Kaltleiter) weisen diese Proportionalität nicht auf. Sie sind nur in einer Richtung leitend oder ändern ihren Widerstand in Abhängigkeit von der Stromstärke. Bei sinusförmigen Spannungsabfällen fließen überschwingungsbehaftete Ströme.

Sachwortverzeichnis

A

- AAS 275 f.
- Abbilden 34
- Abbildung zeitlicher Verläufe 81
- Abbildungsgröße 35
- Abbildungssignal 36
- Abfallzeit 65
- Abgleichen 107
- Ablaufsteuerung 473
- Ablehnungsbereich 566
- Ableitung, partielle 549 f.
- Ablenkssystem 521
- Ablösekraftsensor 250
- Abprodukt 19
- Abscheidespannung 309
- Absolutbewegungsaufnehmer 240
- Absolut-Drehgeber 258
- Absorption 263, 313
- Absorptionsgrad 361
- Absorptionsspektrofotometrie 274 f.
- Absorptionsspektroskopie 274
- Abstandsänderung 348
- Abstandsmessung 226
- Abtast- und Halteschaltung 422
- Abtastabstand 129, 131
- Abtastfrequenz 129, 133
- Abtastsatz 131
- Abtastschaltung 416
- Abtastsignal 384
- Abtasttheorem 42, 422, 431, 485
- Abtastung 41, 131, 422, 424
 - , diskrete 132
- Abweichung, des arithmetischen Mittelwertes 576
- Abweichungsanzeige 23
- Achsabschnitt 534, 541, 543
- Acquisition time 487
- Addierer 409, 412, 449
 - , 4-Bit- 450
- Addition, logarithmische 413
- Adressbit 427
- Adressbus 472
- Adressdecoder 472
- Adressensteuerung 426
- Adsorbenzien 266
- A/D-Umsetzer 272, 488, 532
- Advanced-LS-TTL 462
- Advanced-Schottky-TTL 462
- Aerosol 275
- AES 275 f.
- Akkumulator 474
- Aktivität 325
- Aktiv-Matrix-Display 524
- Aktor 502
- Aliasing 486
- Allpass 391
- alternierender Betrieb 83
- ALU 474
- Aluminiumoxid 301
- Amperometrie 309
- Amplituden-Frequenzgang 429
- Amplitudengang 537
- Amplitudenkennlinie 537
- Amplitudenspektrum 132
- Amplitudenstufe 38
- analog 37 f.
- Analog/Digital-Umsetzer 428, 488
- Analog/Digital-Umsetzung 41, 422
- Analog-Multiplexer 426 f.
- Analogrechenschaltung 411
- Analogschalter 417, 423 ff.
- Analogwertebereich 532
- Analogwertspeicher 422
- Analyse 21
 - elektrischer Signale 128
 - von zeitbegrenzten Signalen 130
- Analysenmesstechnik 20, 261
- Analysenprobe 325
- Analysensiebmaschine 312
- AND Array 468
- Andreasenpipette 319
- Angleichverfahren 372
- anisotroper magnetoresistiver Effekt 231
- Anlaufwert 45

Annahme 565
Annubar-Durchflussmesser 172
Anpassung 34, 387, 389
Anpassverstärker 82
Anschlussbezeichnung 111
Anschlussparameter 35
Anstiegsantwort 537
Anstiegsgeschwindigkeit 424
Anstiegszeit 65, 536
Anti-Blockier-System 259
Antifuse 471
Anti-Schlupf-System 260
Antivalenz 437
Antwortfunktion 46, 535
Anwenderinformation 106
Anzahlhäufigkeit 311
Anzeige 35
Anzeigebereich 45, 543
Aperture time 488
Aperture time jitter 488
Approximation, lineare 541
–, sukzessive 490
Äquivalentdosis 326
Äquivalenz 437
Aräometer 205, 320
Arbeitselektrode 309
Arbeitspunkt 535
Arbitrationslogik 477
Arithmetic Logic Unit 473
arithmetischer Mittelwert 58, 573, 576 f., 580, 583
Aronschtaltung 125
ASCII-Code 445
ASCII-Protokoll 510
ASCII-Sonderzeichen 529
ASCII-Zeichen 519
aselektives Verhalten 349
ASI 513
ASIC 466
Aspirationshygrometer 297 f.
assoziative Gesetze 438
ATE 503
Atmosphärendruck 153
Atomabsorptionsspektroskopie 275
Atomemissionsspektroskopie 275
ATR 280
Aufgabengröße 25
Aufheizverfahren 187
Auflösung 489, 522, 550, 590, 594 f.

Auflösungsvermögen 550
–, spektrales 131
Aufnehmer, piezoelektrischer 238
Auftrittswahrscheinlichkeit 580
Ausbreitungswiderstand 143
Ausgabegerät 516
Ausgabevektor 451
Ausgangsgröße 589
Ausgangsimpedanz 401
Ausgangslastfaktor 461
Ausgangssignal 535
–, binäres 491
Ausgangswiderstand 398, 400
Ausgleichsleitung 136
Auslösezählrohr 327
Ausschlagmethode 23, 114
Aussteuerbereich 397
Ausstrahlung, spezifische 337
Auswertung 20
Autofokusverfahren 248

B

Back-Lighted-CCD 346
Balgenfeder 155
Balgenzähler 174
Balkendiagramm 561
Bandbreite 403, 406, 408
Bandbreiten-Verstärkungs-Produkt 399, 402
Bandstrahlungspyrometer 152
Bargraph-Anzeige 517
Basiseinheit 26, 600
Batterie 54
Baud 529
Bauglied 30
Baum 504 f.
Baustein, anwenderspezifischer 466
–, programmierbarer logischer 443
Bauwerksüberwachung 239
BCD-Code 517 f.
BCD-Dualcode 446
Becquerel 325
Beeinflussung, elektromagnetische 514
Befehlsdecoder 473
Begrenzer 418
Begrenzung 419
Beleuchtungsstärke 337, 349
–, planare 350
–, zylindrische 348, 350

- Beleuchtungsstärkemesser 348, 350
Beleuchtungsstärkemessgerät 349
Berührungsthermometer 134, 147, 153
Beschleunigung 236, 240
Beschleunigungsmessung 240
Beschleunigungssensor, kapazitiver 242
–, monolithischer Si- 242
–, piezoelektrischer 242
Bestimmungsgleichung 545
Bestrahlungsstärke 337
BET-Methode 323
Betrieb, alternierender 83
Betriebsdichte 201
Betriebsmesstechnik 18
Betriebstechnik 19
Betriebsüberwachung 19
Beugungsring 316
Beugungsspektrometer 316
Beurteilungspegel 368
Bezugselektrode 307, 309
Bezugsgröße 25
Bezugslichtart 362
Bezugsschalldruck 363
BF₃-Zählrohr 332
Bildanalysensystem 313
Bildwiederholfrequenz 522
Bimetallmesswerk 91 f.
BIMOS-Technologie 423
binär 38
Binary Coded Decimal BCD 445
Binghamsche Substanz 212
Biquad-Struktur 433
Bistreifenhygrometer 302
Bitbus (A) 513
Bitstream 497
Bitzahl 488
Blende 172 f.
Blenden 349
Blindenergie 125
Blindenergiezähler 97 f.
Blindleistung 69, 95 ff.
Blindleistungsmessung 125
Blockdarstellung 31
Bode-Diagramm 398, 402
Bogenspektroskopie 276
Bolometer 149, 152, 345
Boltzmann-Konstante 389
Bombenkalorimeter 287
Boolesche Algebra 436
–, Rechenregeln 438
Boolescher Prozessor 480
Borbelegte Ionisationskammer 332
Bor-Ionisationskammer, γ -kompensierte 332
Bourdon-Manometer 156
Brandwarnung 19
Brechungsgesetz 282
Brechungsindex 267
Brechzahl 282
–, absolute 283
Brennwert, spezifischer 287
Brinell-Verfahren 249
Brownsche Molekularbewegung 321
Brückenschaltung 140, 391
Brückenverstimmung 411
Brückenzeig 91
Bubble-Jet 526
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen 26
Bürdenwiderstand 111 f.
Bus 504, 528
Bus-Protokoll 510
Bussystem 503, 528
Bus-Topologie 504
Byte 475
- C**
CAN 513
Candela 338
Carry Look Ahead 451
CCD-Sensor 225
CCD-Zeile 198, 223
cd 338
C-Ebene 355
Center-trigger 484
Centronics-Schnittstelle 527
Charge Coupled Device 344
Charge-Balancing-A/D-Umsetzer 495
 χ^2 -Streutest 568
Chopperbetrieb 83
Chopperstabilisierter Verstärker 407 f.
Chopperverstärker 407
Chromatographie 265
Clamping 418
Client/Server-Prinzip 512
CMOS 462
CMOS-Analogschalter 407

CMOS-Familie 460
CMOS-Schalter 409, 426
CMOS-Schalterzelle 425 f.
CMOS-Schaltkreis 463
Code 445
–, alphanumerischer 445
–, BCD- 456
–, Johnson- 460
–, numerischer 445
Codescheibe 258
Codetabelle 518
Code-Umsetzer 445
Codierung 40
Codierungsart 445
Compton-Effekt 326
Computer-Simulation 431
Coriolis-Kraft 185
Coriolis-Massendurchflussmessung 186
cos-getreue Bewertung 351
cos-Vorsatz 347
Coulter-Verfahren 322
CPLD (Complex Programmable Logic Design) 470
CPU 480
CRC-Code 510
Curie 325
Curie-Temperatur 142
CW-Verfahren 271
D
Dampfphase 268
Dämpfungsmaß 388
Datenbus 472
Datenquelle 504
Datenselektor, adressengesteuerter 448
Datensenke 504
Datenspeicher 481
Datenübertragung 508
–, massebezogene 506
–, serielle 459
Dauerschallpegel, äquivalenter 368
Dauerstrichradarverfahren, frequenzmoduliertes 198
D/A-Umsetzer 491, 498
–, stromgewichteter 498
dB 363, 371
DCF77 254
Deep-Deletion-CCD 346

Dehnung 233, 236, 239 f.
Dehnungsmessstreifen 159, 232, 234 f.
–, Anordnung 236
Dehnungssensor, kapazitiver 237
Delta-Sigma-Umsetzer 496
Demodulation 40
Demodulator 406, 411
De-Morgansche Gesetze 438
Demultiplexer 448
–, 1-zu-4- 448
Detektor, für α -Strahlung 330
– für β -Strahlung 330
– für γ -Strahlung 326
–, Neutronen-Beta- 333
determiniert 38
Dezibel 363
Dezimalzähler 457
D-Flipflop, flankengesteuertes 453
–, zustandsgesteuertes 453
Diaphragma 307
Dichte 170, 201, 218
–, relative 201
–, zustandsbezogene 201
Dichtefunktion 551, 577, 579
Dichtemesser 170
Dichtemessmethode, hydrostatische 206
–, radiometrische 207
Dichtemessung 202 f.
Dickschichttechnik 161
Differenzdruck 158, 294
Differenzdruckmessung 153
Differenzialanordnung 231
Differenzialdrossel 163
Differenzialgleichung 46, 538
Differenzial-Plattenkondensator 164
Differenzialprinzip 220, 222, 394
Differenzialquerankeraufnehmer 221
Differenzialtauchankeraufnehmer 220, 242, 246
Differenzialtransformator 163
Differenzierer 416
Differenzmethode 23, 114
Differenzprinzip 236
Differenzverstärker 385, 401, 410, 412
Differenzverstärkung 397, 402 f., 412
digital 38
Digital/Analog-Umsetzer 428, 488, 520, 523

- Digitaleinheit 85
- Digitalfilter 428
- Digitalisierung 485
- Digitalisierungsstufe 85
- Digitalmultimeter 87, 89
 - , mit echter Effektivwertbildung 91 f.
- Digitaltechnik 433
- Digitalwert 532
- dilatante Substanz 212
- Diode 414, 418 f., 421
 - , ideale 421
- Diodenschaltung 418
- Diodenschwellspannung 418
- DIR-Spektroskopie 279
- Disjunktion 437
- diskontinuierlich 38, 203 f.
- diskret 37 f.
- Diskretisierung, zeitliche 41
- disperses Stoffsystem 310
- Dispersitätszustand 310
- distributive Gesetze 438
- Dividierer 414
- DMS 232
- DMS-Wägezelle 244
- Doppelabtastung 223
- Doppelleitung 388
- Doppler-Verfahren 182, 184
- Doppler-Verschiebung 189
- Dosisleistung 326
- Dosismessung 334
- Draht-DMS 234
- Drahtmesswiderstand 139
- Drahtwendel 279
- DRAM-Controller 477
- Dreheisenmesswerk 91 f.
- Drehkolbengaszähler 174
- Drehmoment 236
- Drehmomentmessung 245
 - , induktive 246
 - , kapazitive 246
 - , magnetoelastische 246
 - mit Dehnungsmessstreifen 246
- Drehspiegel 356
- Drehspiegel-System 356
- Drehspulmesswerk, mit Gleichrichter-schaltung 90
- Drehstromsystem 62
- Drehzahlerfassung 258
- Dreibereichsverfahren 357 f.
- 3-D-Grafik 561
- Dreieckschaltung 64
- Dreieckspannung 416
- Dreieckverteilung 581 f., 596
- Dreiphasen-Wechselspannungssystem 62
- Drift 406
- DRIFT 280
- Drifteigenschaften 408
- Droop 488
- Druck 153, 159, 214, 239
 - in Fluiden 29
- Druckaufnehmer, induktiver 163
- Druckempfindlichkeit 393
- Druckgradient 379
- Druckmessgerät, federelastisches 154
- Druckmessumformer 158
 - , piezoelektrischer 166
- Druckmessung 153
- Druckpuffer 527
- Drucksensor 391
 - nach dem Prinzip der akustischen Oberflächenwellen 167
- Drucksensor-Brücke 391
- Dual Switch 426
- Dualcode 445
- Dual-Code 223
- Dual-Slope-A/D-Umsetzer 492 f.
- Dualzähler 456
 - , 4-Bit- 456
- Dunkelstrom 340
- Dünnschichttechnik 159, 524
- Dünnschichttechnologie 231
- Dünnschichtwiderstand 415
- Durchflussmesser, induktiver 178
- Durchflussmessung, magnetisch-induktive 177
- Durchlasswiderstand 424
- Durchlicht-Verfahren 259
- Durchmesserbestimmung 226
- Düse 172 f.
- D-Verhalten 416
- dynamisches Verhalten 535 f.
- E**
- Echolot 196
- Echomethode 226
- ECL 463
- ECL-Familie 460

- Edelmetallelektrode 309
EEPROM (Electrically Erasable PROM) 479
Effekt, pyroelektrischer 150
effektiver Freiheitsgrad 591
Effektivwert 58, 91
Effektivwertmessung 91
Eichen 17
Eichpflicht 26
Eichung, amtliche 540
Eidgenössisches Amt für Maß und Gewicht 26
Eigenerwärmung 140
Eigenleitungsbereich 144
Eigensicherheit 403
Eigenstrahlung 152
Ein-/Ausgabe, separate 479
–, Speicher- 479
Ein-/Ausgabebaustein 479
Ein-/Ausgabeblock 471
Einbaubedingung 147
Einfachmitkopplung 429
Einflussgröße 22, 562, 589
Eingabevektor 451
Eingangsdaten, korrelierte 583
Eingangsgroße 575, 583, 589, 598
Eingangsimpedanz 401
Eingangslastfaktor 461
Eingangs-Offsetspannung 408
Eingangs-Offsetstrom 408
Eingangs-Rauschspannung 408
Eingangsschaltung 82
Eingangsschaltung Triggerung 83
Eingangssignal 535
–, analoges 488
Eingangswiderstand 398, 400, 408, 412
Einheit 25
–, abgeleitete 26
–, abgeleitete, mit besonderem Namen 26
–, angelsächsische 615–618
–, für Energie und Leistung 619
–, gesetzliche, mit besonderem Namen 26, 601 ff.
–, nichtkohärente 27
Einheitengroße 18
Einheitssignal 42 f.
–, elektrisches 43
–, pneumatisches 42
Einlasssystem 268
Einperlmethode 199
Einperlverfahren 206
Einquadranten-Multiplizierer 413
Einschwingvorgang 424
Einschwingzeit 47, 106, 536 f.
Einstellzeit 424
Einweggleichrichter 421
Einweglichtschranke 228
Einzelbildverfahren 318
Einzelbitrechner 480
Elektretmikrofon 368
elektrische Ladung 237
elektrischer Strom 29
Elektrolysehygrometer 299
Elektrolysestrom 299
Elektrometerverstärker 405
Elektronenspinresonanz 271
Elektronenstoßfotoionisation 268
Elektronenstrahloszilloskop 109
Elektronenstrahlröhre 82
Elektrostriktion 238
Elementbetrieb 341
Embedded Controller 480, 499
Emission 264, 272
Emissionsspektralfotometrie 275
Emissionsspektrum 264
Emitter Coupled Logic (ECL) 462
Empfangsbauelement 228
Empfindlichkeit 45, 135, 406, 534 f.
Empfindlichkeitsabgleich 393
Empfindlichkeitskoeffizient 576, 584, 593
empirische Varianz 573, 578, 592
EMV 403
ENABLE 426
ENABLE-Eingang 426
Endlagenschalter 230
Endverstärker 83 f.
Energie 125, 619
–, elektrische 97
Energiedosis 326
Energieumwandlung 19
Energieverteilung 19
Energiezähler 125
Entfernungsgesetz, fotometrisches 348
Entladung, elektrostatische 514
Entnahmesonde 324
Entwicklungsgeschichte 25

EPROM (Erasable PROM) 478

Erdung 109

Ergebnisgröße 582, 598

Erkundungsmessung 21 f.

Erscheinungsform 37

Erwartungswert 540, 552, 555, 565,
577 f., 580, 582, 584, 589

–, empirischer 552, 558

erweiterte Messunsicherheit 582 f.,
589, 593, 595, 597

erweiterte Unsicherheit 589

Erweiterungsfaktor 582, 590, 595

Expertensystem 569

Expositionspegel 368

Extinktion 263, 313

Extinktionskoeffizient 313, 316

Extinktionsmessung 313

E_0 -Vorsatz 347 f.

E_z -Vorsatz 348

F

FAMOS-Transistor 478

Fan-In 461

Fan-Out 461

Faraday-Effekt 286

Farbabstand 359

Farbkorrekturfilter, integrierter 342

Farbmessung 356

Farbmodi 523

Farbsehen 356

Farbtemperatur 357

–, ähnlichste 357

Farbtiefe 523

Farbtripel 521

Farbvalenz 356

Farbwiedergabeindex 359

Federbalgmanometer 155

Federhygrometer 302

Federkörper 239

Federrohrmanometer 156

Federwaage 243

Fehler 48, 531

–, absoluter 531

–, dynamischer 535

–, grober 532

–, maximaler 549

–, mittlerer der Einzelmessung 553

–, mittlerer der Standardabweichung
557

–, mittlerer zu erwartender des Gesamt-
ergebnisses 549

–, reduzierter 532

–, relativer 531

–, statischer 534

–, systematischer 538, 550 f., 571

–, systematischer des Gesamtergebnis-
ses 550

–, zufälliger 539, 549, 551, 571

Fehleranteil, zufälliger 540

Fehlerart 532

Fehlerdefinition 531

Fehlerdiagnose 21

Fehlerfortpflanzung 549

Fehlerfortpflanzungsgesetz 584, 588

–, Gauß'sches 571, 574, 583 f.

Fehlergrenze 592

Fehlerklasse 106, 555

Fehlerkurve 533

Fehlerreduktion 21

Fehlverteilungsfunktion, Gauß'sche
576

Fehlwinkel 111 f.

Feinmessskala 226

Feinstruktur 30

Feinwaage 243

Feld, elektrisches 71

–, magnetisches 71

Feldbus 504

Feldeffekttransistor 423

Feldgerät 503

Feldgröße, elektrische 104

–, magnetische 103

Feldionisation 268

Feldplatte 230, 260

Feldplatten-Geber 260

Feldstärke, elektrische 104

Feldstärkemesser 104

Feldstörungsverfahren 322

Feldsweep 271

Fensterfunktion 131

–, Dreieck- 131

–, Hamming 131

– von Hann 131

Fernbus 504

Fernfeldbedingung 377

Fernfeldrichtcharakteristik 382

Fertigungsmesstechnik 18, 20

Fertigungstechnik 19

- Festkörper-Sauerstoffsensor 295
Festwertspeicher 478
FET-Zerhacker 407
Feuchte, absolute 296, 299
–, maximale 296
–, relative 296, 299
Feuchtemessung 296
Feuchtesensor 304
–, kapazitiver 301
FIFO-Speicher 478
Filmdosimeter 334
Filter 428
–, aktive RC- 428 f.
–, Bessel- 429 f.
–, Butterworth- 429 f.
–, FIR- 428
–, IIR- 428
–, SC- 428, 431 ff.
–, Tschebyscheff- 429 f.
Filterart 433
Filterkoeffizient 429
Filtertyp 429 f.
Filterverhalten 433
Firewire-Schnittstelle 530
Fizeau-Interferometer 249
Flagregister 474
Flammenfotometer 275
Flammenionisationsdetektor 290, 327
Flammenionisationsmessung 290
Flammenspektroskopie 275
Flash-Wandler 489
Fließkurve 212
Fließverhalten 310
Flipflop 452
–, getaktetes 453
–, zustandsgesteuertes 453
Floating-Gate 478
Flügelrad 174
Fluoreszenz 265, 277, 346
–, totale 277
Fluoreszenzspektroskopie 277
Fluoreszenzspektrum 277
Fluorimeter 277
Flussdichtemesser 103
Flüssigkeit, dilatante 214
–, newtonsche 214
–, pseudoplastische, strukturviskose 214
Flüssigkeitschromatograph 266
Flüssigkeits-Chromatographie 268
Flüssigkeitskalorimeter 287
Flüssigkeitsmanometer 157
Flüssigkeitsoberfläche 218
Flüssigkeitsspiegel 217
Flüssigkeitsvolumen 217
Flüssigkristall-Anzeigeelement 518
Flussspannung 418 f.
Flussstrom 414
Flussverdrängung 250
Folgezustandsvektor 451
Folien-DMS 234
Formfaktor 59, 127
Fortpflanzungsgesetz, für zufällige
Messabweichungen 574
Fotodiode 340
–, Avalanche- 342
–, monolithische 341
–, PIN- 342
Fotodiodenzeile 341 f.
Fotoeffekt 326
–, innerer 339 f.
Fotoelement 341
Fotolumineszenz-Dosimeter 335
Fotometerkugel 353
Fotometrie 338
fotometrische Empfängernormale 361
fotometrische Normale 361
fotometrische Reflexionsnormale 361
fotometrische Strahlungsnormale 361
Fototransistor 342 f.
Fotovervielfacher 328
Fotowiderstand 339
Fourier-Analyse 127
–, räumliche 382
Fourier-Integral 130
Fourier-Transformation 130
–, diskrete 130
–, schnelle (FFT) 133
FPGA (Field Programmable Gate Array) 471
Fraunhofer-Beugung 316
Freifeldverfahren 377
Freigabeverzögerung 427
Freiheitsgrad 553, 583
–, effektiver 591
–, Methode der effektiven 590
Fremdkörpereinfluss 354

- Frequenz 56, 97, 100, 126, 132, 256, 495
–, diskrete 132
Frequenzbestimmung 127
Frequenzbewertung 364 f.
Frequenzdifferenzverfahren 184
Frequenzgang 46
Frequenzgangkompensation 390, 397, 401
Frequenzkompensation 400
Frequenzmesser, digitaler 100
Frequenzmessung 100, 256
Frequenzsweep 271
Frequenzteiler 257, 455
–, 1 : 2- 455
Frequenzteiler, asynchron 257
Frequenzvervielfachung 257
F-Test 569
FTIR-Spektroskop 279 f.
FT-Raman-Spektrometer 278
Fullcustom 467
Füllstandsmessung 190
–, kapazitive 192
–, konduktive 192
– mit Flügelrad 200
– mit interferometrischer Abstandsmessung 197
– mit Mikrowellen 198
– mit optischen Verfahren 197
– mit radiometrischen Verfahren 195
– mit Schall und Ultraschall 196
– mit thermischen Verfahren 194
– mit Verdrängermethoden 199
–, optische, nach dem Triangulationsprinzip 197
– über eine Druckmessung 199
– über eine Wägung 199
Funken-/Bogenspektroskopie 276
Funkenspektroskopie 276
Funksender 254
Funktionalmatrix 598
Fuzzy-Logik 197, 570
- G**
Galileo 256
 γ -Strahlung 207
Garantiefehlergrenze 555
Gas, ideales 202
–, reales 202
Gasadsorptionsmethode 323
Gaschromatograph 266
Gaskonzentrationsbestimmung 289
Gasreibungs-Vakuummeter 168
Gate Array 468
Gateway 512
Gatterdurchlaufzeit 462
Gauß'sche Fehlerverteilungsfunktion 576
Gauß'sche Normalverteilung 577
Gauß'sches Eliminationsverfahren 545, 548
Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz 549, 571, 574, 583 f.
Gebäudeleitetchnik 19
Gegenelektrode 309
Gegenfeld 293
Gegenkopplung 386, 397, 401, 423
Gegenkopplungsgrad 386
Geiger-Müller-Zählrohr 327
geometrischer Effekt 234
Geradenapproximation 542, 544
Geradrohranordnung 186
Gesamtschallleistung 382
Gesamtstrahlungspyrometer 152
Gesamtübertragungsfaktor 31
geschätzte Kovarianz 586
geschätzte Varianz 585
Geschwindigkeit 29, 240
Geschwindigkeitsaufnehmer 242
Gesichtsempfindung 336
Gestaltabweichung 247
Gewährleistung 19
Gewicht, spezifisches 201
Gewichtsfunktion 537
Gewichtskraft 243, 245
Gitter 274
Glaselektrode 307
Glasfaser 146
Gleichheitsverfahren 359
Gleichrichter 407
Gleichrichterkennlinie 421
Gleichrichtung 406
–, phasenempfindliche 410
Gleichrichtwert 58, 90 f.
Gleichspannung 53
–, Messung 87
Gleichspannungs-Mittelwert 410
Gleichspannungsverstärkung 431

Gleichstrom 53
–, Messung 87
–, Quotient zweier 89
Gleichtakt-Eingangsspannung 419
Gleichtaktsignal 397
Gleichtaktunterdrückung 397, 401 f., 408
Gleichtaktverstärkung 397, 402
Gleichung von Bernoulli 170
Gleichungssystem, lineares 545
Gleichwert 58
Global Positioning System 255
Goniofotometer 353, 356
GPIO 511
GPS 255
Graduieren 17
Grafikadapter 523
Grafikauflösung 522 f.
grafische Darstellung 551
Grafitrohrtechnik 276
Graufilter 349
Gray 326
Gray-Code 223, 445
Grenzdaten 21
Grenzentfernung, fotometrische 356
Grenzfläche 217, 226
Grenzflächenspannung 217
Grenzfrequenz 48, 399, 402, 431, 433
Grenzstandsüberwachung 190, 194
– mit Lichtschranken und Glasfasern 197
– mit vibrierendem Aufnehmer 200
Grenzverfahren 372
Grenzwinkel 283
Grobwaage 243
Größe 24
–, lichttechnische 337
–, strahlungsphysikalische 336 f.
Größenart 37
Größenkriterium 311
Größenspektrum 321
Großsignalbandbreite 403
Grundfunktion 35
Grundgesamtheit 324 f., 552, 582
Grundgesetz, fotometrisches 348
Grundschaltelement 60
Grundschialtung, sequentielle 451
Grundschwingung 411
Grundstromkreis 54

Grundstruktur 30
Grundverknüpfung 438, 440
Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) 571
GUM 571, 573, 588 f.
Güte 553 ff., 557, 564

H

Haar 301
Haarhygrometer 301
Halbbrücke 236
Halbleiter-Dehnungsmessstreifen 235
Halbleiterdetektor 152
Halbleiter-Dosimeter 334
Halbleiter-Strahlungsdetektor 329
Halbleitertechnik 161
Hall-Element 229, 261
Hall-Geber 260
Hallraumverfahren 377 f.
Hall-Spannung 229
Haltedrift 424
Haltekapazität 423
Handelswaage 243
Handshake 528
Hardwaresicherung 471
Harmonische 57, 128
harmonische Analyse 128
Härtemessung 249
Häufigkeit, absolute 559
–, relative 559
–, relative, normiert auf die Klassenbreite 559
Häufigkeitsmerkmal 311
Heißeiter 140, 394
Heizwert, spezifischer 287
–, spezifischer, bei festen oder flüssigen Brennstoffen 286
–, spezifischer, bei gasförmigen Brennstoffen 286
Hellempfindlichkeitsgrad, spektraler 337 f.
Helmholtz-Gleichung 381
Helmholtzsche Integralgleichung 381
Herstellungsverfahren 372
Hexadezimalziffer 518
Hilfsfunktion 35
Hilfsregister 474
Histogramm 311, 558 f.
Hitzdrahtanemometer 187

- Hitzdrahtmesswerk 31
Hitzdrahtsauerstoffsensor 292
Hochfrequenzfeld 270
Hochspannungsmesstechnik 109
Höhenstandsmesssystem 190
Hologrammebene 381
Hornantenne 198
Horner-Schema 544, 546
Hörvergleich 371
H-Pegel 420, 423, 426, 434
HP-IB 511
Hubgewichtswaage 243
Hybride Technik 501
Hypothese 565
Hysterese 157, 420 f.
- I**
Identifizierung 330
IEC-Bus-Schnittstelle 528
IEEE-488 511, 513
Impedanzwandler 398 f., 402, 405
Implikation 437
Impulsdauer 65
Impulsfunktion 537
Impulsgeber, induktiver 259
Impulshöhenanalyse 272, 330
Impulshöhenspektrometer 313, 322
Impulsrate 495
Impulsscheibe 258
Induktionsmesswerk 97
Induktivität 60 f., 96, 107, 117, 220
Induktivitätsbestimmung 118
Induktivitätsmessbrücke 118
Induktivitätsmessgerät, digitales 118
Induktivitätsmessung, mit phasenempfindlichem Gleichrichter 118
Induktivitätsnormal 107, 118
Informationskette 34
Informationsparameter 38
Informationsverarbeitung 38
Informationsverlust 532
Infrarot 336
Infrarot-Absorptionsspektroskopie 278
Infrarothygrometer 304
Infrarot-Spektroskopie 278
InGaAs-Sensor 344
Injektionslogik, integrierte (I²L) 462
Inkrement 24, 222
Innenwiderstand, des Messgerätes 109
Instrumentationsverstärker 401
Integrationsfehler 417
Integrationskapazität 405
Integrationskondensator 494
Integrationszeit 494
Integrator 492
Integratorausgangsspannung 492
Integrierer 404 f., 416 f., 423, 432
–, SC- 432
Integrierglied 409
Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltra-dioaktivität 335
Intelligente Sensorik 499
Intensität 326
Interbus 513
Interface-Baustein 528
Interferenzrefraktometer 284
Interferenzrefraktometrie 284
Interferenzstreifen 224, 249
Interferenzstreifenmuster 284
Interferogramm 279
Interferometer 224
interferometrische Ebenheits- und Formprüfung 248
Internationale Meterkonvention 26
Internationales Einheitensystem 26, 49
Interrupt 482
Interruptanforderung 474
Interrupteingang 482
Interrupt-Serviceroutine 474
Intervall 556, 559
Inverter 405, 409, 414, 432
I/O-Mapping 479
Ionenquelle 268
ionensensitive Schicht 308
Ionisationskammer 327
Ionisationskammer-Dosimeter 334
Ionisations-Rauchmelder 327
I/O-Port 481
IR, fernes 336
–, mittleres 336
–, nahes 336
IR-Gitterspektroskop 279
IRRAS 280
ISA-Bus 523
ISFET 308
Isophone 364, 373
Istdaten 21

Iteration 393

I-U-Wandlung 405

I-Verhalten 416 f.

J

Jacobimatrix 598

JK-Flipflop, flankengesteuertes 454

–, zweiflankengesteuertes 455

–, zweizustandsgesteuertes 455

Justieren 17, 107

K

Kalibrator 369

Kalibrieren 17

Kalibrierfehlergrenze 598

Kalibriernormal 532, 539, 545

Kalibrierschein 589

Kalibrierung 369, 393, 540, 593 f.

Kalorimeter, kontinuierliches 288

–, nasses 288

–, trockenes 288

Kalorimetrie 286

Kaltleiter 142

Kanalelektronenvervielfacher 343

Kanalwiderstand 425

Kapazität 60 f., 107, 119, 221, 431

Kapazitätsdiode 408

Kapazitätsmessgerät, digitales 119

Kapazitätsmessung 119

Kapazitätsnormal 107

Kapillarviskosimeter 215

Kapselfedermanometer 155

Karmansche Wirbelstraße 178

Karnaugh-Veitch-Diagramm 444

Keimtötung 309

Kennfunktion 44

Kenngröße 106

Kennlinie 561

–, statische 45

Kennlinienkorrektur 235, 273, 540

Kennwert 44

Keramikstab, indirekt geheizter 279

Kettenschaltung 31

Kettenstruktur 384

k-Faktor 233, 235

Kippstufe, astabile 252

–, bistabile 452

–, monostabile 252, 452

Kippzähler 174

Klasse 559 f.

Klassenbreite 559

Klassengenauigkeit 555

Klassenzahl 559

Klirrfaktor 59, 127, 387

koaxialer Vertikaleingang 82

Koaxialkabel 388

Koaxialshunt 108

Kohlenwasserstoff 290

Koinzidenz 314

–, primäre 314

–, sekundäre 314

Kolbenmanometer 154

Kolorimetrie 275

kolorimetrische Methode 308

kombinierte Messunsicherheit 574

kombinierte Standardunsicherheit 575,
584, 593, 595

kombinierte Varianz 574, 583, 587,
590, 593, 597 f.

kommutative Gesetze 438

Kommutierung 410

Komparator 419, 489, 491 f., 495

Kompensation 121, 391, 400

–, doppelte 121 f.

Kompensationsdose 136

Kompensationsmethode 23, 114

Kompensationsverfahren 158

Kondensator-Konstantstromladung 253

Kondensatormikrofon 368

Konduktometrie 305

Konjunktion 437

Konstante, additive 534

–, multiplikative 534

Konstantstromquelle 253

Konstanttemperaturverfahren 187

Konstanzverfahren 372 f.

Kontaktübergangswiderstand 594

kontinuierlich 38, 203, 205

Kontinuitätsgleichung 170

Kontrollvariable 562

Konzentration 19, 309, 314

Konzentrationsmessergebnis 261

Konzentrationsmesstechnik 261

Konzentrationsmessung 312

Koordinatenmesstechnik 219

Koppelstelle 35

Kopplung, kapazitive 404

–, optoelektronische 403

Korrektion 589

- Korrekturfunktion 541 f.
- Korrekturkonstante 542
- Korrekturnetzwerk 446
- Korrekturrechnung 35
- Korrekturwert 589
- Korrelation 585
- Korrelationskoeffizient 584
- , empirischer 558
- Korrelationsverfahren 182
- korrelierte Eingangsdaten 583
- Kosinusanpassung 347
- Kovarianz 584 ff., 598
- , empirische 558
- , geschätzte 586
- Kovarianzmatrix 598
- Kraft 29, 159, 236, 239 f.
- Kraftaufnehmer, piezoelektrischer 237
- Kraftkompensationswägezelle, elektro-
dynamische 243
- Kraftmessaufnehmer, DMS- 239
- , induktiver 239
- , kapazitiver 239
- , magnetoelastischer 238 f.
- Kreisfrequenz 56
- , diskrete 132
- Kreisstruktur 33, 385
- Kreuzspulmesswerk, mit Permanentma-
gnet 89
- Kreuztisch 226
- Kugelfallviskosimeter 216
- Kugelfotometer 353
- Kühlgrenztemperatur 298
- Künstliche Intelligenz 569
- künstliches neuronales Netz 570
- Kurzschlussstrombetrieb 341
- KV-Diagramm 444
- kybernetische Betrachtungsweise 32
- kybernetisches System 32
- L**
- Labormesstechnik 18
- Laborprobe 325
- Laborteiler 324 f.
- Ladung 405 f.
- Ladungsbilanzverfahren 495
- Ladungsmengenkompensation 496
- Ladungsmessung 404
- Ladungsverstärker 150, 404
- Lagedetektor 223
- Lambda-Sonde 295
- Lambert-Beersches Gesetz 263
- Länge 218
- Längenmesssystem, codiertes 223
- , inkrementales 222
- Längenmesstechnik 20, 219
- Längenmessung 226
- Längseffekt 237
- Langwellensender DCF77 254
- Langzeitstabilität 596
- Laserbeugungsspektrometrie 317
- Laserdoppleranemometrie 318
- Laser-Doppler-Verfahren 189
- Laserdrucker 526
- Laserinterferometer 197, 224
- Laser-Laufzeitverfahren für die Füll-
standsmessung 198
- Laserstrahl 316
- Last, schwimmende 403
- Lastfaktor 460
- Lateraleffektdiode 228, 345
- Laufgewichtswaage 243
- Laufzeit 536
- Laufzeitverfahren 181, 196
- Lautheit 371, 374, 376
- Lautstärkepegel 371, 374, 376
- , interpolierter 373
- , Kurve gleichen 364, 373
- LCD-Anzeige 518
- LCD-Technik 524
- LC-Oszillator 253
- LED 520
- LED-Anzeige 516
- LED-Drucker 526
- LED-Punktmatrix 519
- Lehren 17
- Leistung 66, 95, 123, 619
- Leistungsanpassung 387
- Leistungsfaktor 71, 126
- Leistungsfaktormesser, elektromechani-
scher 126
- , elektronischer 126
- Leistungsmesser, elektronischer 95, 97,
123
- Leistungsmessung 123
- Leistungsmesszange 123
- Leistungsverstärkung 389
- Leitfähigkeit, elektrische 194
- , spezifische 305

Leitfähigkeitssensor, kontaktbehafteter 305
–, kontaktloser 305
Leitsystem 35
Leitwerthygrometer 304
Leuchtbild-Anzeige 517
Leuchtdichte 337, 351
Leuchtdichtemesser 352
Leuchtdichtestoffkennzahl 361
Leuchtenwender 356
Licht 336
Lichtausstrahlung, spezifische 337
Lichtfalle 316
Lichtmenge 337
Lichtschnittverfahren 224, 249
Lichtschranke 228
Lichtschwächung 313, 348
Lichtstärke 337, 354
Lichtstärkemessung 355
Lichtstärkeverteilung 352, 355
Lichtstärkeverteilungskörper 355
Lichtstärkeverteilungskurven 355
Lichtstrom 337 f., 352
Lichtwellenleiterverbindung 514
LiCl-Hygrometer 298
Linearisierung 33, 543
Linearität 406, 594 f.
Linearitätseigenschaft 495
Linearitätsfehler 351
Linie 504 f.
Liniendiagramm 561
Lithiumchlorid 298
Lochmaske 521
Lochmaskenröhre 521
Logarithmierer 414
Logik, BICMOS- 462
–, GaAs-MESFET- 462
–, gemischte 435
–, Interrupt 474
–, negative 434
–, positive 434
–, programmierbare 468
–, Transistor-Transistor- 462
–, zweistufige 442
Logikanalysator 483
Logikanalyse 482
Logikblock 471
Logikimpulsgeber 482
Logikpegel 433, 529

Logikprüfer 482
Logikvereinbarung 434
–, einheitliche 435
Logikzustand 433
Logische Verknüpfung 437
Logistik 19
Lorentz-Kraft 229
Lotverfahren, elektromechanisches 191
Low-Power-Schottky-TTL 462
L-Pegel 419 f., 423, 426, 434
LSB 488
Luftstrahlsieb 312
Luftzahl 296
Luftzahl λ 295
Lumen 338
Lumineszenzdiode 517
Lumineszenzthermometer 146
Lux 337
Luxmeter 349, 354
Lux'sche Gaswaage 209

M

Magnetfeld 293
Magnetfeld-Massenspektrometer 268
magnetoelastischer Effekt 238, 246
magnetomechanisches, Gerät 293
magnetopneumatisches, Gerät 294
Makrocell Array 467
Makrozelle 469
MAK-Werte 19
Mantelthermoelement 136
Maschenweite 312
Maßeinheit, angelsächsische 27
Masse 236, 239, 243, 245
Massendurchfluss 169
Massendurchflussmessung, nach dem Coriolis-Prinzip 185
Massenfluss 169
Massenhäufigkeit 311
Massenspektroskopie 268
Massenstrom 169
Maßsystem, lichttechnisches 336
–, strahlungsphysikalisches 336
Master 503
Maßverkörperung 27, 540
Maßzahl 18
Material, ferroelektrische 142
Materialfehler 226
Matrixdrucker 525

- Maximalfehler, des Gesamtergebnisses 550
- Maxterm 439
- Maxwell-Brücke 118
- Maxwell-Wien-Brücke 119 f.
- Mealy-Verhalten 451
- Mehrbereichsverfahren 358
- Mehrfachmessung 324
- Membrankondensator 281
- Memory Mapping 479
- Merkmal 25, 37
- Messabweichung 572
 - bei analogen Messwerken 106
 - bei digitalen Messgeräten 106
 - , systematische 588
 - , zufällige 588
- Messaufgabe 22
- Messbehälter 174
- Messbereich 45, 106, 543, 550, 592
- Messbereichsendwert 555
- Messbereichsumfang 224, 555
- Messbrücke 115, 119 f.
 - nach Maxwell-Wien 118
- Messdynamik 46
- Messeinrichtung 540
 - , analoge 383
 - , Ultraschall- 51
- Messelektronik, digitale 433
- Messen 17 f.
- Messergebnis 23, 531, 593
 - , korrigiertes 540
 - , unkorrigiertes 540
- Messergebnisse 551
- Messfehler 106, 531, 572
- Messfläche 381
- Messgegenstand 22
- Messgenauigkeit 550
- Messgerät 73, 503
- Messgerätebus 511
- Messgleichrichter 421
- Messgröße 22, 531, 574, 592
- Messgrößenwandlung 27, 30
- Messhülse 219
- Messkabel 388
- Messkette 516
- Messmethode 23
- Messmikrofon 368
- Messmikroskop 226
- Messmittel 23
- Messnormal 18
- Messobjekt 22, 551, 554
- Messpersonal 22
- Messplatz 104
- Messprinzip 24
- Messreihe 24, 551, 553
- Messschieber 219
- Messschwelle 45
- Messsignal, analoges 532
- Messspindel 219
- Messstellenumschalter 594
- Messsystem, ideales 531
- Messtechnik, angewandte 18
 - , elektrische 20
 - , industrielle 20
- Messtrommel 219
- Messumformer 112
- Messung, direkte 24
 - elektrischer Größen 30
- , indirekte 24
- , inkrementale 24
- , in-line- 38
- , Resultat der 589
- Messunsicherheit 556, 571, 573, 589
 - , erweiterte 582 f., 589, 593, 595, 597
 - , kombinierte 574
 - , relative 592
- Messunsicherheitsabschätzung 595
- Messverfahren 24
- Messverstärker 391, 393, 396
- Messvorgang 28
- Messwandler, konventioneller 110
- Messwerk 73, 106
 - , elektrodynamisches 93, 95
 - , elektrostatisches 94
- Messwert 540, 545, 553 f., 592
 - , unkorrigierter 545
- Messwertverteilung 576
- Messwesen 24
- Messwiderstand 108
- Messzeit 406
- Messzubehör 107
- Metall-Dehnungsmessstreifen 234
- Metallkalorimeter 288
- Meter 218
- Methode der effektiven Freiheitsgrade 590
- Methode der kleinsten Quadrate (MKQ) 563

Michelson-Interferometer 279
Mikrocomputer 471
–, Einchip- 479
Mikrocontroller 479, 499
–, 8-Bit- 480
Mikrofonarray 381
Mikrointerferometer 249
Mikrometerschraube 219
Mikroprozessor 473
–, 8-Bit- 473
Mikroskopanalyse 313
Mikrostreufeldkondensator 300
Mikroströmungsfühler 281
Mikrosystem 503
Mikrosystemtechnik 51
Mikrowellenhygrometer 304
Miller-Integrator 416
Minimalform, disjunktive (DMF) 442, 469
–, konjunktive (KMF) 442
Minimierungsverfahren 444
Minterm 439
Mitkopplung 386 f., 401, 420
Mitteleuropäische Sommerzeit MESZ 251
Mitteleuropäische Zeit MEZ 251
Mittelungspegel 368
Mittelwert 96, 552, 555, 572, 575, 582, 592
–, arithmetischer 573, 576 f., 580, 583
– Einzelmessung 540
–, mittlere Fehler 555
Mittenrauhwert 247
MKQ-Schätzungen 563
Modellfunktion 598
Modellgleichung 574, 589, 591
Modellierung 19
Modulation 40, 409
Modulationsart 37
Modulationsverstärker 407 f.
Modulator 406
Modulo-*m*-Zähler 456
Modulo-10-Zähler 456
Moiréstreifentechnik 222
Moment 29, 240
Momentbegrenzer 219
Monitor-Bildröhre 520
Monochromatisierung 279
Monochromator 274 f., 279

Monoflop 452
Monolithische Technik 501
Moore-Verhalten 451
MOSFET 425, 432
MOS-Logik 462
Motorkompensator 121 f.
Motorzähler 97, 99
MSB 488
Multifrequenzmonitor 522
Multi-Master-/Multi-Slave-System 510
Multiplexer 448
–, 4-zu-1- 448
Multiplikation 410
Multiplizierer 409, 411, 413 f.

N

Nachhallzeit 378
Nachlauf-A/D-Umsetzer 491
Nadeldrucker 525
Nahbus 504
Nahfeld-Holografie, akustische 377, 380
NAND 437
Naßsiebanalyse 312
Naturkonstante 575
NDIR-Absorptionsmessgerät 280
NDIR-Spektroskopie 279 f.
Negation 434, 437
Negationskreis 434, 436
negierte DMF 443
Neigungswaage 243
Nenndaten 21
Nennleistung 111
Nennübersetzungsverhältnis 111 f.
Nernst'sche Gleichung 295
Nernst-Strahler 279
Netz 504
–, offenes 506
Netzgerät, stabilisiertes 54
Netzspannung 494
Netzwerk 505
Neutron 303
Neutronen-Feuchtesensor 303
Neutronenflussmessung 331
newtonsche Flüssigkeit 212
Newtonsches Interpolationsverfahren 545
Nichtinverter 409
nichtoptische Verfahren 229

Niederschlagsmessung 312
NIRS 280
NMOS 462
NMR 270
NMR-Spektroskopie 270
Nonius 219
NOR 437
Normal 107, 585
Normalform, disjunktive (DNF) 439
– einer logischen Gleichung 439
–, konjunktive (KNF) 439 f.
Normalverteilung 551, 554, 576 f., 579, 582, 590
–, Gauß'sche 577
Normblende 172
Normdruck 201
Normierung 47
Normlichtart 362
Normlichtart A, C 362
Normlichtart D 65 362
Normtemperatur 201
npn-Transistor 414
Nullindikator 115, 119
Nullpunkt 43, 534
–, lebender 43
–, toter 43
Nullpunktfehler 392 f., 397, 406
Nullpunktunterdrückung 140
Nutzsignal 36

O

Oberfläche 217
Oberflächenbestimmung, aufgrund des Strömungswiderstandes 323
– durch Adsorption gelöster Stoffe 323
– durch Gasadsorption 323
– mit Hilfe der Benetzungswärme 323
Oberflächenbestimmungsverfahren 323
Oberflächeneigenschaft 247
Oberflächenhäufigkeit 311
Oberflächenspannung 217
Oberflächentemperatur 147
Oberflächentopografie 249
Oberflächenwelle 167
Oberflächenwellensensor 247
Oberschwingung 411
Oberwellenquarz 254
Objektschall 371
ODER 437

ODER-Array 469
ODER-Feld 468
Offset 392 f., 406, 488, 534
Offsetabgleich 393, 400
Offsetfehler 423
Offsetkompensation 397, 400
Offsetkorrektur 393
Offsetspannung 424
ohmscher Teiler 109
ohmsches Gesetz 60
ohmsch-kapazitiver Teiler 108
Open-Collektor-Ausgang 465
Operandenregister 474
Operationsverstärker 390, 393, 396, 403, 405, 409, 428
Optik, physikalische 338
Optokoppler 404
Optosensor 341
OR Array 468
Originalraum 40
OSI-Schichtenmodell 505 f.
Oszillator 387, 404
Oszilloskop 82, 89, 100, 109
–, digitales 84
Ovalradzähler 174
Oxidationsmittel 309
Oxidationsvermögen 309

P

Paarbildung 326
PAL 468
Parallel-A/D-Umsetzer 489
Parallelfeldkondensator 301
Parallelstruktur 33, 385
Parameter, dynamischer 539
–, statischer 539
Parameterwandlung 21
Paritätsbit 510
Partialdruck 295
Partialfilterung 347
Particle Image Velocimetry 318
Partikelgeschwindigkeit 310
Partikelgrößenspektrum 311
Partikelgrößenverteilung 310
Partikelkonzentration 310
Partikelmesstechnik 310
Passiv-Matrix-Display 524
PCI-Bus 523
Peakdetektor 272

- Pegeladdition 366
Pegelbereich 434
Pegelmittelwert 368
Pegelwandler 423, 425
Pellistor 290
Peltierelement 300
Periodendauer 56, 97
Periodendauermessung 101
Permittivitätszahl 192, 301
PFT-Verfahren 271
Phasendrehung 399, 401
Phasenempfindliche Gleichrichtung 409
Phasengang 537 f.
Phasenindikator 411
Phasenkennlinie 538
Phasenspektrum 132
Phasenverschiebung 97, 409 f.
Phasenwinkel 56 f., 101, 126, 411
phon 371, 374
Phosphatglas-Dosimeter 335
Phosphoreszenz 346
Phosphorpentoxid 299
Photonenkorrelationsspektroskop 318
pH-Wert-Sensor 306
physikalischer Effekt 28 f.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) 26
piezoelektrischer Effekt 226, 237 f.
–, reziproker 238
piezoresistiver Effekt 235
Pipette-Verfahren 319
Pirani-Manometer 168
Pistonfon 369
PIV 318
–, 3D- 318
–, Hochgeschwindigkeits- 318
–, Mehrebenen- 318
–, Stereo- 318
Pixel 225, 520
Pixelfrequenz 522
Planckscher Strahler 357
Platin-Dünnschichtwiderstand 189
Plattenaufnehmer 218
Plattenfedermanometer 156
Plattenkondensator 163
PLD 469
pn-Übergang 144
Poissonsche Zahl 233 f.
Poisson-Verteilung 552
Polarimeter 285
Polarimetrie 285
Polarisation 149
Polarisationsebene 285
Polarisationsfilter 285, 349
Polaritätsindikator 435 f.
Polarographie 309
Poldi-Hammer 249
Polyamidfolie 301
Polynom 544
Polynominterpolation 544
Population 552
Positionsbestimmung 228
Positionsmessung, induktive 191
Post-trigger 484
Potentiometrie 306
Prandtl-Staurohr 172
Präzessionsbewegung 270
Präzisionsflüssigkeitsstandmessung 190
Präzisions-Frequenzmesser 126
Präzisionsgleichrichter 409
Präzisionswaage 243
Pre-trigger 484
Primärnormal 107
Primärstrahlung 272
Prisma 274
Probe 41
Probengeber 267
Probennahme 324 f.
Probensatz 42
Probenteilung 324 f.
Produktanalyse 19
Produkthaftung 19
Produktmessung 21 f.
Profibus DP 513
Profibus PA 513
PROFIBUS-Protokoll 510
Profilometer 248
Programmspeicher 481
Programmzähler 473
PROM (Programmable ROM) 478
Proportionalzählrohr 272, 331
Prozessanalyse 19
Prozessmesstechnik 20
Prozessmessung 21 f.
Prozessrechner 528
Prozessrefraktometer 283 f.

Prozesssteuerung 19
Prüfen 17
–, maßliches 17
–, nichtmaßliches 17
Prüfgröße 566
Prüfung 21
pseudoplastische Flüssigkeit 212
Psychrometer 297
psychometrische Differenz 297
PTB 251
Pufferlösung 307
Puls-Amplituden-Modulation 406
Pulsmodulationsverfahren 422
Pulsträger 406
Pyrometer 152

Q

Quad Switch 426
Quadrantenanordnung 341
Quadrantensensor 229
Quadrierer 414
Quadrupol-Massenspektrometer 268, 270
Quadrupolstab 270
Qualität 551
Qualitätssicherung 19
Qualitätsüberwachung 19 f.
Quantifizierung 21
Quantisierung 40, 488
Quantisierungsfehler 488, 532 f.
Quantisierungsschritt 488
Quarz 245
Quarzkeilpolarimeter 286
Quarzoszillator 254
Quarztemperatursensor 145
Quelle 34
Quellenspannung 54, 107
Quellschicht 302
Querankeraufnehmer 220
Quereffekt 237
Quotientenpyrometer 153

R

Rad 326
Radizierer 414
RAM 442
–, dynamisches (DRAM) 477
–, statisches (SRAM) 476
RAM (Random Access Memory) 474
Raman-Effekt 278

Raman-Spektroskopie 278
Rampen-A/D-Umsetzer 492
Rampenfunktion 537
Rampenverfahren 492
Rampenverteilung 596
Rasterbildschirm 520
Rauheit 247
Rauhtiefe 247
Raumbeleuchtungsstärke 347, 351
Rauschanpassung 389 f.
Rauschbandbreite 389
Rauschen 433
Rauschleistung 389
Rauschzahl 389, 396
RBW-Faktor 326
RC-Schaltung 252
Reaktionswärme 289
Recheneinheit 413
Rechenglied 385
Rechner 35
Rechnerbus 504
Rechnerkopplung 485
Rechteckfenster 131
Rechteckgenerator 109
Rechteckverteilung 580 f., 589, 592
Redoxpotential 309
Redoxpotentialsensor 309
Reduktionsmittel 309
Reduktionsvermögen 309
Redundanz 510
Referenzdiode 404
Referenz-DMS 237
Referenzdruck 153
Referenznormal 107
Referenzoszillator 256
Referenzsignal 409
Referenzspannung 394, 404, 411, 493, 495
Referenzstrom 415
Reflexion 264, 389
–, diffuse 264
Reflexionsgesetz 264
Reflexionsgrad 361
–, diffuser 361
Reflexlichtschranke 228
Reflexlicht-Verfahren 259
Refraktometer 283
Refraktometrie 282
Refresh-Zyklus 477

- Regelkreis 385 f.
Regenerieren 302
Register 458
–, 8-Bit-D- 458
Registerfeld 474
Registriereinrichtung 269
Regler 35
Regression, einfache lineare 562
–, mehrfache lineare 564
Regressionsgerade, empirische 563
Regressionskoeffizient 562, 564
Regressionskonstante 562, 564
Regressionsmodell, polynomiales 565
Regressionsrechnung 561
Reihenstruktur 32
Relativbewegungsaufnehmer 240
relative Messunsicherheit 592
relative Unsicherheit 593
relative Varianz 595 f.
Rem 326
Repräsentativitätsfehler 324
Reset 456
Residuum 562
Resolver 260
Resonanz 263
Resonanzfrequenzdruckaufnehmer 166
Resonanzmessmethode 207
Resonanzmethode 226
Restfehler, absoluter digitaler 534
–, absoluter relativer digitaler 534
–, digitaler 532 f.
Restfehlerwahrscheinlichkeit 510
Richtspannung 409, 411
Ring 504 f.
Ringaufnehmer 217
Ringkammersauerstoffsensor 291
Ringkolbenzähler 174
Ringmodulator 409
Ringrohrmanometer 158
Ringrohrwinkelaufnehmer 227
Ringsensor 317
Ringtorsionswägezelle für Höchstlasten 245
Ringzähler 460
–, 5-Bit- 459
Rockwell-Verfahren 249
ROM (Read Only Memory) 442, 478
Röntgenfluoreszenz 250
Röntgenfluoreszenzanalyse 271
Röntgenstrahlen 274
Röntgenstrahlung, charakteristische 273
Rosemount 164
Rotationsviskosimeter 215
Routing-Kanal 471
RS232C 506
RS422 507
RS485 508
RS-Flipflop 452
–, flankengesteuertes 453
–, ungetaktetes 452
–, zustandsgesteuertes 453
Rückkopplung 385 f.
Rückkopplungsfaktor 386
Rückkopplungsmethode, quantifizierte 495
Rücksetzart 456
Ruhestromkompensation 418
Rütteltisch 312
- S**
Sägezahngenerator 83
Sägezahnspannung 492
Salz 305
sample 41
Sample&Hold 422, 486
Sample&Hold-Schaltung 428
Samplingtheorem 42
Sättigung 419 f.
Sättigungsdicke 274
Sättigungskonzentration 296
Sauerstoff 291, 294
Sauerstoffion 295
Scanning-Sedimentograf 320 f.
Schadstoffemission 295
Schallabsorptionsfläche, äquivalente 378
Schalldruck 362, 377, 379, 382
Schalldruckpegel 362, 366, 376 f.
–, Addition 366
–, bewerteter 364, 366
–, Mittelwert 367
Schalldruck-Zeit-Funktion 362
Schallintensität 377, 382
–, direkte Messung 377, 379
Schallleistung 376 ff.
Schallleistungspegel 363, 376 f.
Schallpegelmesser 368

- Schallschnelle 379 f., 382
Schaltalgebra 436
Schalter-Kapazitäts-Filter 431
Schaltfrequenz 431
Schaltfunktion 441
–, Minimieren 441
Schaltkreisfamilie 460
Schaltnetz 445
Schaltschwelle 420
Schaltung, kombinatorische 445
–, sequentielle 451
Schaltwerk 451
–, asynchrones 452
–, synchrones 452
Schaltzeit 424, 427
Schätzen 17
Schätzung 552, 576
Schätzwert 552, 555, 563, 565, 583, 585
Scheinleistung 70, 95, 97
Scheitelfaktor 59
Scheitelwert 56
Schereffekt 237
Schergefälle 214
Schering-Brücke 120
scherzeitabhängig 214
Schicht, ionensensitive 308
Schichtdicke 250, 313
Schichtdickenmessung 273
Schichtwiderstand 139
Schieberegister 458
Schleifenverstärkung 403, 420
Schleppmedium 266, 268
Schleusenspannung 418
Schlitzmaskenröhre 521
Schmitt-Trigger 420
Schnittstelle 34 f., 527
–, serielle 481, 528
Schnittstellenstandards, physikalische 506
Schottky-TTL 462
Schottky-Unterfamilie 460
Schraubrad 174
Schraubradzähler 174
Schreib-/Lesespeicher 474
Schwankungsbreite 554
Schwebekörper-Durchflussmesser 176
Schwebekörper-Durchflussmessung 175
Schwebekörperviskosimeter 216
Schwellspannung 418, 423
Schwellwertschalter 420
Schwimmer 190
Schwingbeschleunigung 241
Schwingfrequenz 239
Schwinggabel-Betriebsdichteaufnehmer 211
Schwinggeschwindigkeit 241
Schwingkondensator 407 f.
Schwingneigung 415 f.
Schwingquarz 167, 254
Schwingquarzdruckmessumformer 167
Schwingquarzhygrometer 304
Schwingsaitenaufnehmer 239
Schwingsaiten-Drehmomentmessung 247
Schwingsaitendruckaufnehmer 166
Schwingsaitenwägezelle 245
Schwingungsdichtemessmethode 207
Schwingungsmessung 240
Schwingungsviskosimeter 216
Schwingweg 241
Schwingwegmessung 241
Sea of Gates 468
16-Segment-Anzeige 519
Sedimentation 319
Sedimentationsverfahren 318
Sedimentationswaage 320
Sedimentationszentrifuge 321
Sekundärelektronenvervielfacher 269, 343
Sekundärstrahlung 272
Selbsterregung 387
selbsttemperaturkompensierende DMS 237
Selektionsverhalten 429
Selektivität 50
Semicustom 467
Sendebauelement 228
Senke 34
Sensitivität 50
Sensor 22, 34, 391
–, intelligenter 499
–, ionenselektiver 308
–, magnetoresistiver 231
–, pyroelektrischer 152
Sensorarray 500
Sensortechnik 20

- Settling time 488
SEV 344
Shannonsches Gesetz 439
Shunt 108
SI-Basiseinheit 600
SI-Einheit 609–614
–, abgeleitete 601
–, für physikalische Größen 609–614
–, gesetzliche 603–608
Sicherheit 552
Sicherheitstechnik 19
Siebanalyse 312
7-Segment-Anzeige 516, 519
7-Segment-LCD-Anzeige 519
Siebung 406, 409
Sievert 326
Signal 36, 383
–, analoges 383
–, binäres 433
–, determiniertes 37
–, diskretes 433
–, frequenzanaloges 40
–, unbegrenzt periodisches 131
–, zeitbegrenztes 131
Signalart 396
Signalfrequenz 432
Signalgeber, optischer 258
Signalgröße 383 f.
Signalleistung 389
Signalleitung 36
Signalmerkmal 37 f.
Signalname 436
Signalraum 40
Signal-Rausch-Leistungsverhältnis 389
Speicherspeicherung 37
Signal-Störabstand 433
Signalträger 36
Signalverarbeitung 428
Signalverstärkung 34
Signalwandlung 39
Signifikanzniveau 566
Signum 410
Signum-Funktion 411
Siliziumplanartechnologie 161
Silizium-Sperrschicht-
Temperatursensor 144
Silizium-Widerstandstemperatursensor 143
Sing-Around-Verfahren 184
Single Switch 426
Sinusantwort 537
Sinusfunktion 537
Skalenmaß 251
Slave 503
Slew Rate 403, 422, 424, 488
smart sensor 499
Solarzelle 341
Sollwert 23
sone 374
Spaltendecoder 476
Spaltenleitung 476
Spaltkammer 332
Spaltsensor 228
Spannung 96, 109, 121
–, eingeprägte 44
Spannungsabfall 54
Spannungsausgleicher 136
Spannungsfehler 111
Spannungs-Frequenz-Wandlung 495
Spannungsmessung 121
Spannungsnormal 107
–, elektronisches 107
Spannungspfad 124
spannungsrichtige Schaltung 115
Spannungsteiler 108, 121
Spannungsverlauf, impulsförmiger 65
–, zufälliger 65
Spannungsverstärkung 384, 386, 398 f., 408
Spannungswandler 110 f., 121
–, induktive 110
Speicher, mit wahlfreiem Zugriff 442
Speicherzelle 475
Speicherzellenmatrix 475
Spektralanalyse 270
Spektralfotometer 152
Spektralmaskenverfahren 347
Spektralmessverfahren 358
Spektralradiometer 358
Spektrometer 358
Spektrum 130, 272
–, komplexes 130
Sperrbetrieb 340 f.
Sperrflüssigkeit 158
Sperrschicht-FET 423
Sperrwiderstand 424
Spiegel, halbdurchlässiger 279
Spitzenwert 56, 65, 89

- Spitzenwerterfassung 97
- Spitzenwertmesser 89
- Spline-Interpolation 547
- Splines, natürliche kubische 547
- spreading resistance sensor 143
- Sprungantwort 47, 536 f.
- Sprungfunktion 46, 537
- SRAM-Zelle 471
- Stabantenne 198
- Stabilisierung 387
- Standardabweichung 549, 552–557, 571, 577 f., 595
 - , empirische 553 f., 558
 - , mittlerer Fehler 557
- Standardschall 371
- Standard-TTL 462
- Standardunsicherheit 573, 578, 583, 589 f.
 - , kombinierte 575, 583 f., 593, 595
- statisches Verhalten 534
- Staubmessgerät 312
- Steilheit 393 f., 534, 541, 543
- Steilheitsmodulation 413
- Steilheitsmodulator 413
- Stern 504 f.
- Sternschaltung 63 f., 121
- stetige Verteilung 579
- Steuerbus 472
- Steuereinheit 83
- Steuerung 19 f.
- Stichprobe 552, 579 f., 582
- Stichprobenkontrolle 19
- Stichprobenvarianz 553, 563
- Stimmgabelschwinger 210
- Stirnzeit 65
- stochastisch 37 f.
- Stoff, dilatant 214
 - , nichtnewtonscher 214
 - , pseudoplastischer 214
 - , rheopexer 214
 - , strukturviskoser 214
 - , thixotroper 214
- Stoffkennzahl, lichttechnische 360
- Stoffsystem, disperses 310
- Stokesscher Bereich 319
- Stoppuhr 458
- Störabstand 396
- Störbeeinflussung 31
- Störeinfluss 392
- Störglied 562
- Störgröße 391, 562
- Störgrößenunterdrückung 493
- Störmöglichkeit 38
- Störsicherheit 50
- Störsignal 36
- Störspannungsabstand 461
 - , dynamischer 462
 - , statischer 462
- Störstellenerschöpfung 143
- Störunterdrückung 495
- Stoßantwort 537
- Strahldichte 337
- Strahlendosis 326
- Strahlenschutz 327
- Strahlstärke 337
- Strahlung 262
 - , absorbierte 275
 - , emittierte 275
 - , ionisierende 315
- Strahlungsdetektor 325
- Strahlungsemission 276
- Strahlungsempfänger 345
 - , breitbandiger 345
 - , pyroelektrischer 345
 - , thermoelektrischer 345
- Strahlungsfluss 337
- Strahlungsleistung 336 f.
- Strahlungsmenge 337
- Strahlungspyrometer 152
- Strahlungsthermometer 134, 152 f.
- Streifeldkondensator 301
- Streulicht 189, 315
- Streulichtspektrometer 315, 317
- Streulichtverfahren 248
- Streuung 313, 540, 553
- Stroboskop 261
- Strom 55, 96, 123
 - , eingepprägter 44
- Strommessung 123
- Strommesszange 94
- Strompfad 124
- Stromquelle 498
- stromrichtige Schaltung 115
- Strom-Spannungswandlung 404
- Stromstärke, elektrische 54
- Strömungsgeschwindigkeit 29
- Strömungswiderstandsgesetz 175
- Stromverdrängung 108

Stromverlauf, impulsförmiger 65
–, zufälliger 65
Stromwandler 111, 123
–, induktive 110
Stromzange 123
Strouhal-Zahl 179 f.
Struktur 30
Strukturanalyse 265
Strukturuntersuchung 261
Strukturzerlegung 31
Studentfaktor 580, 591, 595
Studentverteilung 579
Stützstelle 540, 544 f.
Subtrahierer 412
Suchproblem 22
Sukzessive-Approximation-A/D-
Umsetzer 490
Summenhäufigkeit 311, 560
Summenterm 442
Suspensionsverfahren 319
Sychrongleichrichter 409
Synchron-Demodulation 406
Synchronisation 527 f.
Synchronisationsverfahren 509
Synchronzähler 456
System, kybernetisches 32
–, metrisches 26
– mit Rückführung 32
–, nichtmetrisches 25
systematischer Fehler 571
Szintillationsmesskopf 328
Szintillationszähler 328

T

Tachogenerator 261
Takt 491
Taktgenerator 491 f., 494
Taktsteuerung 433
Tastkopf 109, 390
Tastplatte 190
Tastschnittgerät, mechanisches 248
Tastteiler 390
Tauchankeraufnehmer 220
Tauchkörper 199
Tauchspule 244
Tauchspulsystem 242
Taupunkt 297
Tauspiegelhygrometer 300
Teilchenfluss 326

Teilentladung 127
Teilentladungsmesser 104
Teilentladungsmessgerät 104
Teilstrahlungsipyrometer 152
Temperatur 29, 214, 239
Temperaturabhängigkeit 392, 394, 415
Temperaturdrift 396, 424
Temperaturfeld, Störung 147
Temperaturkoeffizient 307, 392, 394,
416, 594, 596
Temperaturkompensation 167, 394
Temperaturmesstechnik 20
Temperatursensor, pyroelektrischer 149
Temperaturspannung 414 f.
TEM-Welle 388
Teslameter 103
Test 565
Testfunktion 535, 537
Testgerät, automatisches 503
Testproblem, einseitiges 566
–, zweiseitiges 566
 t -Faktor 556
 T -Flipflop, flankengesteuertes 455
Thermistor 141, 149
Thermodrucker 526
Thermoelement 134
Thermokette 148, 152
Thermolumineszenz-Dosimeter 335
Thermosäule 148, 152
Thermostat 136
Thermosublimationsverfahren 526
Thermotransferverfahren 526
Thermoumformer, mit Drehspulmess-
werk 93
Thomson-Messbrücke 115 f.
Three-State-Ausgang 465
Tiefpass 48, 406
–, idealer 48
Timer 480
–, 16-Bit- 481
Tintenstrahldrucker 526
Toleranzband 47, 536
Toleranzklasse 580
Toner 526
Tor 533
Torsion 246
Tortengrafik 561
totales Differenzial 233
Totalreflexion 283

- Totzeit 536
- Tracer 182
- Track&Hold-Schaltung 487
- Träger 409
- Trägerfrequenzbrücke 409
- Trägermedium 266 f.
- Trägheit 535
- Transimpedanzverstärker 403
- Transistor 390
- Transistor-Transistor-Logik 462
- Transitfrequenz 398, 400, 408
- Transkonduktanzverstärker 403
- Transmission 262
- Transmissionsgrad 361
- Trapezverteilung 581
- Trennsäule 266
- Trennsystem 269
- Trennverstärker 403
- Triangulationsverfahren 223
- Triggereingang 83
- Triggereinheit 83, 85
- Triggerung 483
- Trockengehalt 297
- Trockensiebanalyse 312
- Trommelzähler 174
- Trübungsmessung 314
- t*-Test 567
 - als einseitiges Problem 567
 - als zweiseitiges Problem 567
- TTL-Familie 460
- TTL-kompatibel 460
- TTL-Kompatibilität 423
- TTL-Pegel 425
- TTL-Schaltkreis 420
- TTL-Technik 462
- Turbinenzähler 174
- t*-Verteilung 556, 579
- Twyman-Green-Interferometer 248
- Tyndallometer 316
- t*-Zweistichprobentest 568
- U**
- Überdruck 154
- Übergangsfunktion, dimensionslose 536
- Überschichtungsverfahren 319
- Überschwingen 416
- Überschwingungen 544
- Übersprechdämpfung 427
- Übersteuerung 421, 423
- Übertragung, serielle 508
- Übertragungsfaktor 31, 45, 534
- Übertragungsfehler 510
- Übertragungsfunktion 46, 429, 432, 531, 538, 541
 - , korrigierte 541
 - , lineare 534
 - , nichtlineare 535
 - , unkorrigierte 541 f.
- Übertragungskanal 34
- Übertragungsrate 529
- Überwachung 19
- Ulbricht-Kugel 353
- Ultraschall 226
- Ultraschall-Durchflussmessung 182
- Ultraschallmessverfahren 226
- Ultraschallspektroskopie 323
- Ultraschallwandler 226
- Ultraschallwelle 323
- Ultraschall-Werkstoffprüfung 227
- Ultraviolett 336
- Umkehraddierer 412
- Umrechnung 615–618
- Umsetzgeschwindigkeit 489, 491
- Umweltschutz 19
- UND 437
- UND-Array 469
- UND-Feld 468
- Unifizierung 34
- Universalfilter 433
- Universalkompensation 401
- Universalmessgerät 104
- Universalzähler 126
- Unsicherheit 556, 596
 - , erweiterte 589
 - , relative 593
- Unsicherheitsmatrix 598
- Unsicherheitsquelle 589, 594
- Unterbrechung 474
- Unterdruck 154
- U-Rohrmanometer 158
- USB-Schnittstelle 529
- UV, fernes 336
 - , mittleres 336
 - , nahes 336
 - , Vakuum- 336
- UV-Absorption 267
- UV-Sensor 346

V

- Vakuumdruckmessung 168
Varianz 553, 565, 572, 576 ff., 582, 584 f., 591 ff., 595, 598
– der Grundgesamtheit 578
– des Mittelwertes 576
–, empirische 553, 573, 578, 592
–, geschätzte 585
–, kombinierte 574, 583, 587, 590, 593, 597 f.
–, relative 595 f.
Varicap 407 f.
Venn-Diagramm 444
Venturidüse 172 f.
Verbraucher, dreiphasiger 63
–, einphasiger 63
Verdopplung 33
Verfahren, algorithmisches 444
Verformungskörper 235 f., 239, 244
Verfügbarkeit, zeitliche 37
Vergleich 35
Vergleichsgas 288
Vergleichsgröße 23
Vergleichsquellenverfahren 377, 379
Vergleichsspannung 490, 495
Vergleichsstelle 136
Vergleichszelle 292
Verhältnispyrometer 153
Verknüpfung, logische 474
–, „Wired“- 465
Verknüpfungszeichen 437
Verlässlichkeit 555
Verlaufslinienfilter 342
Verlustfaktor 119 f.
Verlustfaktormessbrücke 120
Verlustfaktormessung 119
Verlustwinkel 120
Verschiebespannung 420
Verstärker 384, 419, 423
Verstärkung 386, 399, 404, 534
Verstärkungsfaktor 384, 386, 397, 418
Versuchsfehler 562
Verteilung, Dreieck- 581
–, Rechteck- 580
–, stetige 579
–, Student- 579
–, t - 579
–, Trapez- 581
Verteilungsdichtefunktion 558 f.
Verteilungsfunktion 560, 580
Verteilungsnetze 19
Verteilungstemperatur 357
Verträglichkeit, elektromagnetische 388, 514
Vertrauensbereich 571 f., 580, 583
Vertrauensgrenze 556
Vertrauensintervall 564
Vertrauensniveau 555 ff.
Verweilzeit 267
Verzugszeit 536
VESA-Local-Bus 523
VGA 522
VHDL 467
VHSIC 467
Vibrationsmesswerk 100, 126
Vickers-Verfahren 249
Videoausgangskontroller 523
Videobandbreite 522
Vielfachmesser 87
Vierquadranten-Multiplizierer 413 f.
Viskosimeter, auf Basis der Verschiebung zweier konzentrischer Zylinder 216
Viskosität 205, 211 f.
–, scheinbare 214
VIS-Spektroskopie 274
V-Konus 172
 $V(\lambda)$ -Anpassung 346 f.
 $V(\lambda)$ -Empfänger 346
Volladdierer 449
Vollbrücke 236
Vollfilterung 347
Voltammetrie 309
Volumendurchfluss 169, 180
Volumenfluss 169
Volumenstrom 169
Volumenzähler 173
– mit beweglichen Messkammerwänden 174
– mit festen Messkammerwänden 174
– mit Messflügeln 174
Vorrangregel 437
Vorsatz 26, 600
Vorsatzzeichen 600
Vorwärts-Dezimalzähler 457
Vorwiderstand 96
Vorzeichenfunktion 410

W

- Wärmeleitfähigkeit 267
Waage, mechanische 243
Wägeverfahren-A/D-Umsetzer 490
Wägezelle, hydraulische 245
–, induktive 245
–, interferenzoptische 245
–, magnetoelastische 245
wahrer Wert 572, 574, 576, 578 f., 583
Wahrheitstabelle 440
Wahrscheinlichkeit 552, 554, 557, 559, 565
Wahrscheinlichkeitsverteilung 577, 579, 589
wahrscheinlichster Wert 572
Wandler, einpolig isolierter 111
–, zweipolig isolierter 111
Wandlungsprinzip 30
Warenverkehr 19
Wärmeausdehnungskoeffizient 237
Wärmekapazität, spezifische 287
Wärmeleitfähigkeitsmessung, zur Gas-konzentrationsbestimmung 288
Wärmeleitverfahren 289
Wärmestrahlung 148 f., 151
Wärmetönung 289
Wärmetönungsmessung 290
Wasserdampf 301
Wasserstoffionenaktivität 306
Wasserstoffionenkonzentration 306
Wasserzähler 174
Wechselgröße 90
–, sinusförmige 97
Wechselspannung 56, 62
Wechselspannungsmessung 121
Wechselspannungsverstärker 406
Wechselstrom 56, 62
Wechselstrommessung 123
Weg 28, 240
Wegaufnehmer 232
–, kapazitiver 222
Wegmessverfahren 237
Wehnelt-Zylinder 521
Weißstandard 361
Weiterverarbeitung 33
Wellenanpassung 387 f.
Wellenausbreitung 388
Wellenlängenbereich 336
Wellenwiderstand 388
Wellenzahlspektrum 382
Wellrohrfeder 155
Weltzeit UTC, koordinierte 251
Werkstoffprüfung, zerstörungsfreie 226
Wert, wahrer 552, 572, 574, 576, 578 f., 583
–, wahrscheinlichster 572
Wertebereich 35
Wertevorrat 37, 40
Weston-Element 122
Wheatstone-Messbrücke 115
Wichte 201
Widerstand 60, 115
–, induktiver 61
–, kapazitiver 61
–, NTC- 141
–, ohmscher 60
–, PTC- 142
Widerstandsbahn, piezoresistive 161
Widerstandsbestimmung, mit analogem Vielfachmesser 116
– mit digitalem Vielfachmesser 117
Widerstandsnetzwerk 499
Widerstandsnormal 107
Widerstandsthermometer 138
Wiederholfrequenz 132
Wiederholmessung 571 f., 576, 579 f., 582, 590, 594 f.
Wiederholproblem 22
Wien-Brücke 119
Wien-Robinson-Brücke 127
Winkel 28, 218
Winkelaufnehmer, codierter 227
–, inkrementaler 227
–, kapazitiver 227
–, resistiver 227
Winkellageerfassung 258
Winkelmessung 226
Wirbelfrequenz-Durchflussmessung 178
Wirbelstromverfahren 250
Wirkdruckverfahren 171
Wirkenergie 71, 125
Wirkenergiezähler 97
Wirkleistung 67, 95, 97
Wirkleistungsmesser 125
Wirkleistungsmessung 128

Wort 475

Wortcode 445

X

x -Eingang, asymmetrischer 84

Xerox-Trommel 526

Z

Zähigkeit 212

–, dynamische 213

–, kinematische 213

Zählen 17

Zahlenkomparator 447

Zähler 455, 481, 491

–, asynchroner 455

–, synchroner 456

Zählrichtung 456

Z-Diode 418

Zeichengenerator 520

Zeigerfrequenzmesser 100, 126

Zeilendecoder 476

Zeilenfrequenz 522

Zeilenleitung 476

Zeit 492

Zeitanalysator 483

Zeitbewertung 365

Zeitfunktion 36

Zeitgeber 457, 481

Zeitintervall 251

Zeitkonstante 406, 416, 424

Zeitmessung 251

Zeitmultiplex 528

Zeitskala 251

Zentraleinheit (CPU) 480

Zerhacker 407

Zerhackerverstärker 406, 411

Zersetzungsspannung 309

Zielfunktion 19

Zielgröße 562

Zifferncode 445

Zirkondioxid 295

Z-Spannung 418

zufälliger Fehler 571

Zugriffszeit 427

Zuordnungssystem 434

– mit direkter Logikpolarität 435

– mit einheitlicher Logikvereinbarung
434

Zustandsanalysator 483

Zustandsflag 474

Zustandsvektor 451

Zuverlässigkeit 551, 553 ff., 557, 564

Zweibildverfahren 318

2-Bit-Komparator 447

Zweifachgegenkopplung 429

Zweimikrofontechnik 379

Zwei-Rampen-A/D-Umsetzer 493

Zweiter 389

Zweiweggleichrichter 421

Zwicker-Verfahren 375

Zwischenabbildungssignal 36

Zwischenspeicher 458