

Inhaltsverzeichnis

Symbole und Abkürzungen	XI
1 Messen; Voraussetzungen und Durchführung.....	1
1.1 Messgröße, Maßeinheit.....	1
1.2 SI-Einheitensystem	2
1.3 Normale	5
1.4 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	6
2 Messsignale.....	7
2.1 Klassifizierung von Messsignalen	7
2.2 Wandlung von Messsignalen	9
2.3 Analog-Digital-Wandlung	12
2.4 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	15
3 Charakterisierung von Messsignalen.....	16
3.1 Signalformen von Messsignalen	16
3.2 Kenngrößen von Einzelimpulsen und periodischen sinusförmigen Signalverläufen ..	18
3.3 Mittelwerte periodischer Signale	20
3.3.1 Linearer Mittelwert und Gleichrichtwert	20
3.3.2 Quadratischer Mittelwert und Effektivwert	22
3.3.3 Weitere Parameter periodischer Signale	26
3.4 Kenngrößen von nichtsinusförmigen periodischen Signalen.....	27
3.5 Logarithmische Übertragungsverhältnisse.....	33
3.6 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	37
4 Messmethoden	38
4.1 Ausschlagmethode	38
4.2 Differenzmethode (Methode der unvollständigen Kompensation)	39
4.3 Kompensationsmethode	39
4.4 Kontrollfragen.....	40
5 Messeinrichtung.....	41
5.1 Wechselwirkung zwischen Grundfunktion und Grundstruktur einer Messeinrichtung.....	41
5.2 Statische und dynamische Kenngrößen von Messeinrichtungen	42
5.2.1 Statische Kenngrößen von Messeinrichtungen	42
5.2.2 Dynamische Kenngrößen von Messeinrichtungen.....	44
5.2.2.1 Zeitverhalten linearer Übertragungsglieder.....	45
5.2.2.2 Analyse des Zeitverhaltens mit Differentialgleichungen	48

5.2.2.3	Analyse des Zeitverhaltens mit Testfunktionen	49
5.2.2.4	Untersuchung des Frequenzverhaltens von Messeinrichtungen	52
5.3	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	57
6	Bewertung von Messergebnissen	58
6.1	Grundbegriffe	58
6.2	Systematische Abweichung indirekter Messungen	63
6.3	Behandlung unbekannter systematischer Abweichungen	67
6.4	Behandlung zufälliger Abweichungen	67
6.4.1	Aufnahme und Analyse einer Messreihe	68
6.4.2	Analyse normalverteilter Messreihen	73
6.4.3	Auswertung von endlichen Messreihen	77
6.4.4	Unsicherheit indirekter Messungen	83
6.4.5	Bericht des Messergebnisses	86
6.5	Messgeräteabweichungen	87
6.5.1	Fehlergrenzen	88
6.5.2	Abweichung von Messgeräten bei indirekten Messungen	89
6.6	Kontrollfragen	91
7	Fehlertypen von Messeinrichtungen	92
7.1	Die Auswirkung des additiven und multiplikativen Fehlers	92
7.2	Abweichung infolge der Quantisierung	94
7.3	Angabe der Genauigkeit bei Messgeräten	98
7.4	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	100
8	Messung elektrischer Größen	101
8.1	Erreichbare Messgenauigkeiten	101
8.2	Messung von Stromstärke und Spannung	102
8.3	Leistungsmessung	106
8.4	Messung von Wirkwiderständen (ohmsche Widerstände)	111
8.4.1	Messung mittels Strom-/Spannungsmessung	111
8.4.2	Messung mittels Brückenschaltung	114
8.5	Messung an Kondensator und Spule	116
8.5.1	Bestimmung der Kapazität eines Kondensators mittels Strom-Spannungsmessung	117
8.5.2	Bestimmung der Induktivität einer Spule mittels Strom-Spannungsmessung	119
8.5.3	Bestimmung von Kapazität und Induktivität mittels einer Brückenschaltung	121
8.6	Frequenz- und Zeitmessung	123
8.6.1	Frequenzmessung	124

8.6.2 Zeitmessung	125
8.7 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	126
9 Messung nichtelektrischer physikalischer Größen.....	127
9.1 Die Messkette	127
9.1.1 Messsignalaufnahme.....	128
9.1.2 Multiplexen.....	129
9.1.3 Verstärken.....	131
9.1.4 Abtasten und Halten.....	133
9.1.5 Analog-Digital-Wandlung	134
9.1.5.1 Kenngrößen von ADW.....	134
9.1.5.2 AD-Wandlung nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation	135
9.1.5.3 Dual-Slope-Wandler.....	137
9.1.5.4 Parallel-AD-Wandler	139
9.1.5.5 Vergleich der vorgestellten ADW	140
9.2 Verarbeitung und Ausgeben	141
9.3 Sensoren.....	142
9.3.1 Klassifizierung und Grundstruktur von Sensoren	143
9.3.2 Sensoren zur Messung geometrischer Größen	145
9.3.2.1 Inkrementale Sensoren	146
9.3.2.2 Code-Lineale	150
9.3.2.3 Potentiometrische Sensoren	153
9.3.2.4 Induktive Sensoren.....	154
9.3.2.5 Transformatorische induktive Sensoren zur Winkelmessung	157
9.3.2.6 Kapazitive Sensoren.....	160
9.3.3 Sensoren zur Kraftmessung	166
9.3.3.1 Kraftmessung mit Dehnungsmessstreifen	166
9.3.3.2 Piezoelektrische Kraftsensoren (Piezosensoren).....	173
9.3.4 Messung mechanischer Schwingungen.....	178
9.3.5 Sensoren zur Temperaturmessung	181
9.3.5.1 Temperaturmessung mit Widerstandssensoren	181
9.3.5.2 Thermoelementsensoren.....	186
9.3.6 Feuchtemessung.....	191
9.3.6.1 Fadenhygrometer.....	192
9.3.6.2 Kapazitiver Feuchtemesser.....	192
9.3.6.3 Resistiver Feuchtesensor	193
9.3.7 Durchflussmessung.....	194
9.3.7.1 Durchflussmessung mit Drosselgeräten	195
9.3.7.2 Durchflussmessung mit Ultraschall.....	198

9.3.7.3 Weitere Durchflussmessverfahren.....	201
9.4 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	202
10 Automatisierte Messsysteme.....	203
10.1 Hardwarekonfigurationen von automatisierten Messsystemen.....	203
10.1.1 Instrumentierte Computer	203
10.1.1.1 Add-in-Variante.....	204
10.1.1.2 Add-on-Variante.....	207
10.1.1.3 USB-basierte Messsysteme	209
10.1.2 Messsysteme mit Busschnittstelle.....	212
10.1.2.1 Messsystem mit seriellem Bus	213
10.1.2.2 Messsystem mit parallelem Bus	216
10.2 Software zur Steuerung und Visualisierung.....	223
10.3 Kontrollfragen.....	228
Antworten und Lösungen zu den Kontrollfragen und Übungsaufgaben	229
Literaturverzeichnis	241
Sachwortverzeichnis.....	244