

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.....	44
5.2.2.2 Analyse des Zeitverhaltens mit Differentialgleichungen	46

5.2.2.3	Analyse des Zeitverhaltens mit Testfunktionen	47
5.2.2.4	Untersuchung des Frequenzverhaltens von Messeinrichtungen	50
5.3	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	54
6	Bewertung von Messergebnissen	55
6.1	Grundbegriffe	55
6.2	Systematische Abweichung indirekter Messungen	60
6.3	Behandlung unbekannter systematischer Abweichungen	64
6.4	Behandlung zufälliger Abweichungen	64
6.4.1	Aufnahme und Analyse einer Messreihe	65
6.4.2	Analyse normalverteilter Messreihen	69
6.4.3	Auswertung von endlichen Messreihen	74
6.4.4	Unsicherheit indirekter Messungen	80
6.4.5	Bericht des Messergebnisses	83
6.5	Messgeräteabweichungen	84
6.5.1	Fehlergrenzen	85
6.5.2	Abweichung von Messgeräten bei indirekten Messungen	86
6.6	Kontrollfragen	88
7	Fehlertypen von Messeinrichtungen	89
7.1	Die Auswirkung des additiven und multiplikativen Fehlers	89
7.2	Abweichung infolge der Quantisierung	91
7.3	Angabe der Genauigkeit bei Messgeräten	94
7.4	Kontrollfragen und Übungsaufgaben	96
8	Messung elektrischer Größen	97
8.1	Erreichbare Messgenauigkeiten	97
8.2	Messung von Stromstärke und Spannung	98
8.3	Leistungsmessung	102
8.4	Messung von Wirkwiderständen (ohmsche Widerstände)	107
8.4.1	Messung mittels Strom-/Spannungsmessung	107
8.4.2	Messung mittels Brückenschaltung	110
8.5	Messung an Kondensator und Spule	112
8.5.1	Bestimmung der Kapazität eines Kondensators mittels Strom-/Spannungsmessung	113
8.5.2	Bestimmung der Induktivität einer Spule mittels Strom-Spannungsmessung	115
8.5.3	Bestimmung von Kapazität und Induktivität mittels einer Brückenschaltung	117
8.6	Frequenz- und Zeitmessung	119
8.6.1	Frequenzmessung	120
8.6.2	Zeitmessung	121

8.7 Kontrollfragen und Übungsaufgaben.....	122
9 Messung nichtelektrischer physikalischer Größen.....	123
9.1 Messkette	123
9.1.1 Messsignalaufnahme.....	124
9.1.2 Multiplexen.....	125
9.1.3 Verstärken.....	127
9.1.4 Abtasten und Halten.....	129
9.1.5 Analog-Digital-Wandlung	130
9.1.5.1 Kenngrößen von ADW.....	130
9.1.5.2 AD-Wandlung nach dem Prinzip der sukzessiven Approximation	131
9.1.5.3 Dual-Slope-Wandler.....	133
9.1.5.4 Parallel-AD-Wandler	135
9.1.5.5 Vergleich der vorgestellten ADW	136
9.2 Verarbeitung und Ausgeben	137
9.3 Sensoren.....	138
9.3.1 Klassifizierung und Grundstruktur von Sensoren	138
9.3.2 Sensoren zur Messung geometrischer Größen.....	141
9.3.2.1 Inkrementale Sensoren	141
9.3.2.2 Code-Lineale.....	145
9.3.2.3 Potentiometrische Sensoren	148
9.3.2.4 Induktive Sensoren.....	150
9.3.2.5 Transformatorische induktive Sensoren zur Winkelmessung	153
9.3.2.6 Kapazitive Sensoren.....	156
9.3.3 Sensoren zur Kraftmessung	161
9.3.3.1 Kraftmessung mit Dehnungsmessstreifen	162
9.3.3.2 Piezoelektrische Kraftsensoren (Piezosensoren).....	168
9.3.4 Messung mechanischer Schwingungen	172
9.3.5 Sensoren zur Temperaturmessung	175
9.3.5.1 Temperaturmessung mit Widerstandssensoren	175
9.3.5.2 Thermoelementsensoren.....	180
9.3.6 Feuchtemessung.....	185
9.3.6.1 Fadenhygrometer.....	186
9.3.6.2 Kapazitiver Feuchtemesser.....	186
9.3.6.3 Resistiver Feuchtesensor	187
9.3.7 Durchflussmessung.....	188
9.3.7.1 Durchflussmessung mit Drosselgeräten	189
9.3.7.2 Durchflussmessung mit Ultraschall.....	192
9.3.7.3 Weitere Durchflussmessverfahren	195

- 9.4 Kontrollfragen und Übungsaufgaben..... 196
- 10 Automatisierte Messsysteme..... 197**
 - 10.1 Hardwarekonfigurationen von automatisierten Messsystemen..... 197
 - 10.1.1 Instrumentierte Computer 197
 - 10.1.1.1 Add-in-Variante..... 198
 - 10.1.1.2 Add-on-Variante..... 200
 - 10.1.1.3 USB-basierte Messsysteme 201
 - 10.1.2 Messsysteme mit Busschnittstelle..... 204
 - 10.1.2.1 Messsystem mit seriellem Bus 205
 - 10.1.2.2 Messsystem mit parallelem Bus 209
 - 10.2 Software zur Steuerung und Visualisierung..... 215
 - 10.3 Kontrollfragen..... 221
- Antworten und Lösungen zu den Kontrollfragen und Übungsaufgaben 222**
- Literaturverzeichnis 232**
- Sachwortverzeichnis..... 235**