

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung und Überblick	1
2.	Sensoren – Begriffe und grundlegende Betrachtungen	5
2.1.	Sensor – Definition und Signalwandlung	5
2.2.	Sensor – Sensorsystem – Sensornetzwerk	9
2.3.	Sensorsignale und Signalverarbeitung	10
2.3.1.	Art der Sensorausgangssignale	10
2.3.2.	Analoge und digitale Verarbeitung der Sensorsignale	11
2.3.3.	Komplexe Verarbeitungsfunktionen	12
2.4.	Sensoren und Aktoren in einem System	13
2.5.	Spezifische Anforderungsaspekte	14
3.	Kennwerte, Grenzwerte und Auswertung von Messungen	15
3.1.	Vorgaben für Lagerung und Verarbeitung	15
3.2.	Messprozess und Kennwerte	15
3.2.1.	Statische Kennwerte und Kennlinien	16
3.2.2.	Dynamische Kennwerte	18
3.2.3.	Kalibrierung	20
3.3.	Auswertung von Messungen	20
3.3.1.	Fremdeinflüsse und Messabweichungen	21
3.3.2.	Angaben von Messabweichungen und Toleranzen in Datenblättern	23
3.3.3.	Ermittlung und Darstellung von Messergebnissen	26
4.	Messeffekte und Sensoren für physikalische Messgrößen	31
4.1.	Thermische Messeffekte und Sensoren	32
4.1.1.	Temperatursensoren	32
4.1.2.	Messung von Wärmeströmen	42
4.2.	Sensoren für mechanische Größen	42
4.2.1.	Weg- und Winkelsensoren	43
4.2.2.	Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung	49
4.2.3.	Messeffekte für Kräfte, Drücke und Drehmomente	51
4.2.4.	Beschleunigungssensoren	59
4.2.5.	Drehratesensoren	60
4.3.	Optische Messeffekte und Sensoren	61
4.3.1.	Umsetzung eines Lichtsignals vs. Licht als Sonde	61
4.3.2.	Photoelektrische Effekte	61
4.4.	Sensoren für Magnetfelder	67
4.4.1.	Messeffekte für Magnetfeldsensoren	67
4.4.2.	Magnetfeldsensoren	69

5.	Chemische Messeffekte und chemische Sensoren	75
5.1.	Was und wie messen chemische Sensoren?	75
5.2.	Konzentrationsmessungen in Flüssigkeiten	77
5.2.1.	Elektrische Verfahren	77
5.2.2.	Elektrochemische Verfahren und Sensoren	81
5.3.	Gassensoren	88
5.3.1.	Elektrische Gassensoren	88
5.3.2.	Elektrochemische Gassensoren	90
5.4.	Biosensoren	94
6.	Sensorsysteme und Messanordnungen	97
6.1.	Sensorsysteme mit eigener Testsignalquelle	97
6.1.1.	Akustische Sensorsysteme	98
6.1.2.	Optische Sensorsysteme	101
6.1.3.	Optisch-chemische Sensoren für Flüssigkeiten (Optoden)	106
6.1.4.	Optische Gassensoren	109
6.1.5.	Magnetische Sensorsysteme und Messanordnungen	111
6.2.	Mehrsensorsysteme	114
6.2.1.	Mehrsensorsystem für mechanische Größen	114
6.2.2.	Korrelationsmesstechnik	115
6.2.3.	Arrays chemischer Sensoren	117
7.	Sensorelektronik und Signalvorverarbeitung	119
7.1.	Primärelektronik	119
7.1.1.	Operationsverstärker: Verstärkung und Wandlung von Sensorsignalen	120
7.1.2.	Primärelektronik für passive Sensoren	124
7.1.3.	Primärelektronik für aktive Sensoren	135
7.1.4.	Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandlung	139
7.2.	Schnittstellen der Primärelektronik	143
7.2.1.	Spannungsversorgung der Primärelektronik	144
7.2.2.	Analoge Messsignal-Ausgänge	146
7.2.3.	Digitale Ein- und Ausgänge – Pegelanpassung	147
7.3.	Hilfssignale zur Steuerung des Messablaufs	149
7.3.1.	Zeitsignale und deren Erzeugung	149
7.3.2.	Triggersignale	151
7.4.	Sensorsignalverarbeitung mittels Mikrocontroller	153
7.4.1.	CPU, periphere Module und Interruptsystem	154
7.4.2.	Aufgabenspezifische Auswahl eines Mikrocontrollers	157
7.4.3.	Batteriebetrieb und energieeffiziente Betriebsweisen	161
7.5.	AFE – hochintegrierte Sensor-IC's	163
7.6.	Sensoren mit integrierter Elektronik	164
8.	Informationsgewinnung aus Sensorsignalen	165
8.1.	Analoge elektronische Verfahren	166
8.1.1.	Anzeige und Registrierung analoger Größen	166

8.1.2.	Charakteristische Analogwerte	167
8.2.	Digitale Verfahren	169
8.2.1.	Mittelwerte	169
8.2.2.	Numerische Integration und Differentiation	171
8.2.3.	Berechnung des Messwertes	173
8.2.4.	Kreuzkorrelation und Autokorrelation	174
8.2.5.	Programmpakete zur Messdatenanalyse	176
8.3.	Signalverarbeitung: analog vs. digital - eine Gegenüberstellung	176
8.4.	Sensordatenfusion	178
8.4.1.	Was ist Sensordatenfusion?	178
8.4.2.	Elektronische Nase und Datenfusion mittels künstlichem neuronalem Netz (KNN)	179
9.	Sensornetze	187
9.1.	Drahtgebundene Netzwerke - Feldbusse	189
9.1.1.	I ² C-Bus	191
9.1.2.	SPI-Bus	193
9.1.3.	CAN-Bus	194
9.1.4.	Profibus und Profinet	196
9.2.	Drahtlose Netzwerke	198
9.2.1.	Anforderungen für drahtlose Sensornetzwerke	200
9.2.2.	Wireless LAN, Wi-Fi	202
9.2.3.	Bluetooth	204
9.2.4.	Mobilfunk	207
9.3.	Spezielle Sensornetzwerke	208
9.4.	Synchronisation	210
9.5.	Stromversorgung von Sensorfunkknoten	212
A.	Anhang	215
A.1.	Abkürzungsverzeichnis	215
A.2.	Häufig verwendete Formelzeichen	218
A.3.	Angabe physikalischer Größen	221
A.4.	Naturkonstanten	225
A.5.	Normung und Standardisierungsorganisationen	226
A.6.	Begriffe der Messtechnik – DIN 1319	227
A.7.	Schwingungen und Wellen – eine kurze Zusammenstellung	231
A.8.	Das elektromagnetische Spektrum	234
	Literaturverzeichnis	237
	Stichwortverzeichnis	247