

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe in der Messtechnik	1
1.1	Messgrößen und Messsysteme	1
1.1.1	Rückwirkungen in Messsystemen	2
1.1.2	Wechselwirkungen in der Systemtechnik	4
1.2	Erfassen einer Messgröße	5
1.2.1	Konkretisierung der Messaufgabe	5
1.2.2	Einteilung der verschiedenen Messverfahren	6
1.2.3	Analoge Messmethoden	6
1.3	Signale für den Informationsaustausch	10
1.3.1	Begriffsbestimmung und Übersicht	10
1.3.2	Signalarten (Hauptgruppen)	11
1.3.3	Messsignalumformung	11
1.4	Messwertverarbeitung und Ausgabe der Messwerte	14
1.4.1	Allgemeines	14
1.4.2	Messdatenverarbeitung	15
1.5	Grundbegriffe in der Messtechnik	15
1.5.1	Zusammenstellung von messtechnischen Begriffen	15
2	Das neue Internationale Einheitensystem (SI)	25
2.1	Begriffserklärung	25
2.2	SI-Basiseinheiten	26
2.2.1	SI-Vorsätze für Maßeinheiten	27
2.2.2	Abgeleitete SI-Einheiten	28
2.2.3	Einheiten für Verhältnisgrößen	32
2.3	Vorbereitung der Einführung des „revidierten SI“	33
2.3.1	Naturkonstanten zur Darstellung der Einheiten	33
2.3.2	Auswirkungen auf die Messung elektrischer Größen	33
2.3.3	Überblick über die Neudefinition der SI-Basiseinheiten	34

3 Elementare Fehlerrechnung	41
3.1 Definition des Messfehlers	41
3.2 Fehlerarten	42
3.2.1 Systematische Fehler	43
3.2.2 Zufällige Fehler	43
3.3 Wahrscheinlichkeitsverteilungen	43
3.3.1 Verteilungsarten	44
3.4 Rechnerische Erfassung zufälliger Fehler	46
3.5 Praxisgerechte Ermittlung der Messfehler	49
4 Vorbereitung, Ausführung und Auswertung von Messaufgaben mit analogen und digitalen Messgeräten	55
4.1 Aufgaben und Ziele des Qualitätsmanagements	56
4.2 Auswahl, Beschaffung und Einteilung der Mess- und Prüfmittel	56
4.2.1 Vorbereitung der Messaufgabe durch Optimierung der Prüfmittel	57
4.2.2 Einteilung der Messgeräte	57
4.3 Fehlerkenngrößen für Messgeräte	61
4.3.1 Bewertungskriterien des statischen Verhaltens für Mess- und Prüfgeräte	62
4.3.2 Messbereichserweiterung – Spannungsmessung	65
4.3.3 Messbereichserweiterung – Strommessung	66
4.4 Digitale Messwertverarbeitung	66
4.4.1 Digitale Signale	66
4.4.2 Messprinzip	67
4.4.3 Weitere Verfahren	68
4.5 Digitalmultimeter	68
4.5.1 Allgemeines	68
4.5.2 Funktionsprinzip	69
4.5.3 Anwendungsgebiet	70
4.5.4 Zusatzfehler und Herkunftsbereiche in der digitalen Messtechnik	70
4.6 Messung von Gleich- und Wechselgrößen	75
4.6.1 Messtechnische Hinweise zur Messung von Gleichspannung und Gleichstrom	75
4.6.2 Kenngrößen sinusförmiger Wechselgrößen	76
4.6.3 Präzise Messung von Wechselspannung und Wechselstrom	78
4.6.4 Messtechnische Hinweise zur Bestimmung von Wechselgrößen	78
4.6.5 Digitale Widerstandsmessung	79

5 Sensoren zur Sicherstellung geeigneter Umgebungsbedingungen für Messprozesse	81
5.1 Einflussfaktoren auf den Messprozess	82
5.2 Wechselwirkung zwischen Messobjekt und Messgerät	82
5.3 Einfluss von Temperatur, Strömung und Feuchte auf den Messprozess	83
5.4 Wandlung nichtelektrischer in elektrische Größen	84
5.5 Sensorelemente für die Temperaturmessung	85
5.5.1 Konventionelle Ausführungsformen der Widerstandsthermometer	85
5.5.2 Physikalische Grundlagen	86
5.5.3 Genauigkeitsklassen für Widerstandsthermometer	87
5.5.4 Thermoelemente	87
5.5.5 NTC-Widerstände (Halbleiter)	90
5.5.6 Feuchtesensoren	92
5.5.7 Strömungssensoren	95
6 Störeinflüsse auf Messstromkreise und in der Datenübertragung	97
6.1 Allgemeines	97
6.2 Einkopplungsarten auf elektrische und elektronische Stromkreise	98
6.2.1 Galvanische Kopplung	99
6.2.2 Kapazitive Kopplung	99
6.2.3 Induktive Kopplung	101
6.2.4 Wellen- und Strahlungsbeeinflussung	102
6.3 Störspannungsunterdrückung	102
6.3.1 Gleichtakt- und Gegenaktstörungen	102
6.3.2 Gleichtakt-Gegenakt-Umwandlung	104
6.3.3 Störeinflüsse auf Leitungen	106
7 Datenübertragung in der Messtechnik	107
7.1 Allgemeines	107
7.2 Digitale Schnittstellen zur Datenübertragung	108
7.2.1 Serielle Schnittstellen	109
7.2.2 Parallele Schnittstellen	110
7.3 Störfaktoren	110
7.3.1 Störfaktoren von außen	110
7.3.2 Störfaktoren von innen	111
7.4 Datenfernübertragung	111
7.5 Datensicherung im Messwesen	112
7.5.1 Schutz der Messdaten	112
7.5.2 Verfahren zur Fehlererkennung	113
7.5.3 Datensicherung bei Programmunterbrechungen	115

8 Wichtige Elemente des Prüfmittelmanagements zur Sicherstellung von Produkt- und Prozessqualität	117
8.1 QM-Elemente in der Überwachungsphase	117
8.1.1 Referenzbedingungen für Mess- und Prüfräume	118
8.1.2 Prüfräume für Kalibrieraufgaben	119
8.2 Dokumentation und Auswertung von Messergebnissen	121
8.2.1 Dokumentation	121
8.3 Auswertung der Gesamtmessunsicherheit	122
8.3.1 Erweiterte Messunsicherheit	122
8.3.2 Kalibrierscheine (2 Beispiele aus der Praxis)	123
8.4 Die Behandlung fehlerhafter Prüfmittel	134
8.5 Durch Automatisierungslösungen zu höherer Effektivität und Genauigkeit in der Messtechnik	136
8.5.1 Qualitätsmanagement in der heutigen Praxis	136
8.5.2 Anforderungen und Ziele für die Zukunft	136
Literatur	139
Stichwortverzeichnis	141