

Franz Adunka

Meßunsicherheiten

Theorie und Praxis

2. Auflage

VULKAN-VERLAG ESSEN

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Teil: Meßtechnische Grundlagen

1	Grundzüge der Meßtechnik	
1.1	Definition des Messens	1-1
1.2	Art des Messens	1-4
1.3	Meßsysteme	1-4
1.4	Meßverfahren	1-7
1.4.1	Meßmethoden	1-7
1.4.2	Meßeffect	1-10
1.5	Funktionselemente von Meßeinrichtungen	1-10
1.5.1	Struktur von Meßeinrichtungen	1-11
1.5.2	Erfassen der Meßgröße	1-13
1.5.3	Signalumformung	1-21
1.5.4	Meßwertverarbeitung	1-21
1.5.5	Ausgabe von Meßwerten	1-22
1.6	Meßbedingungen	1-23
1.7	Weitere wichtige Begriffsbildungen für Meßgeräte	1-23
1.7.1	Meßcharakteristik, Meßkoeffizient	1-23
1.7.2	Meßbereich	1-24
1.7.3	Umkehrschwelle	1-25
1.7.4	Meßempfindlichkeit	1-25
1.7.5	Linearität	1-25
1.7.6	Auflösung	1-26
1.7.7	Auflösung und Genauigkeit	1-26
2	Größen, Maßsysteme, Rückverfolgbarkeit	
2.1	Maßsysteme	2-2
2.2	Rückverfolgbarkeit	2-11

2. Teil: Mathematische und statistische Grundlagen

3	Meßabweichungen	
3.1	Wahrer und richtiger Wert einer Meßgröße	3-1
3.2	Einige wichtige Begriffe	3-2
3.3	Einflußgrößen auf einen Meßprozeß	3-5
3.4	Systematische und zufällige Meßabweichungen	3-6
3.5	Fortpflanzung systematischer Meßabweichungen	3-7
3.6	Abgrenzung zufälliger und systematischer Meßabweichungen	3-9
3.7	Fortpflanzung zufälliger Meßabweichungen	3-12
3.8	Beispiele	3-14
3.9	Begründung für die Schätzung der Varianz durch die empirische Varianz,	

Meßunsicherheiten

	Varianz des Mittelwertes	3-19
4	Meßwertverteilungen	
4.1	Grundbegriffe der Statistik	4-1
4.2	Praktisch wichtige Verteilungen	4-5
4.2.1	Rechteckverteilung	4-5
4.2.2	Dreieckverteilung	4-6
4.2.3	Trapezverteilung	4-7
4.2.4	Bimodale Verteilung	4-8
4.2.5	Normalverteilung	4-9
4.3	Anwendungen der Normalverteilung bei Meßprozessen	4-13
4.4	Studentverteilung	4-16
4.5	Empirische Verteilungsfunktionen	4-21
4.6	Faltung von Verteilungsfunktionen	4-23
5	Varianzen	
5.1	Praktische Vorgangsweise bei der Ermittlung von Varianzen	5-1
5.2	Nomenklatur	5-4
5.3	Allgemeine Bemerkungen	5-7
5.3.1	Schrittweise Vorgangsweise bei der Berechnung der Unsicherheit eines Meßprozesses	5-7
5.3.2	Angabe der Meßunsicherheit	5-8
5.3.3	Unsicherheitsangabe bei Digitalanzeigen	5-9
5.4	Einfache Beispiele zur Meßunsicherheitsermittlung	5-10
5.4.1	Stromstärkemessung	5-10
5.4.2	Kalibrieren eines Widerstandssatzes	5-13
5.4.3	Kalibrierung einer Waage nach dem Prinzip der Kraftkompensation	5-18
5.4.4	Ermittlung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Luftdichte (<i>N. Kuhn</i>)	5-23
5.4.5	Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten mit dem Senkkörper- (hydrostatische Wägung) (<i>N. Kuhn</i>)	5-27
6	Kovarianzen	
6.1	Korrelation	6-1
6.2	Korrelierte Eingangsdaten	6-4
6.3	Korrelation von Eingangsdaten mittels unkorrelierter Variablen	6-7
6.4	Ermittlung der Meßunsicherheit mit Methoden der Matrizenrechnung	6-17
6.5	Fortsetzung zum Beispiel 5.5 aus Kapitel 5	6-22

3. Teil: Anwendungen

7	Ausgleichsrechnung	
7.1	Prinzip	7-1
7.2	Ausgleichung einzelner Größen	7-1
7.3	Ausgleichung empirischer Meßreihen durch Funktionen	7-3
7.3.1	Linearer Ausgleich	7-5
7.3.2	Ausgleich durch Polynome	7-11
7.4	Matrixwertige Formulierung	7-15
7.4.1	Die Normalgleichungen	7-15

Inhaltsverzeichnis

7.4.2	Varianz der Koeffizienten	7-17
7.4.3	Schematische Vorgangsweise	7-20
8	Analyse von Meßanlagen	
8.1	Prüfung von Warmwasserzählern - Wägeverfahren (A. Witt)	8-1
8.1.1	Allgemeines	8-2
8.1.2	Durchführung eines Meßvorganges	8-4
8.1.3	Korrekturen und Umrechnungen	8-6
8.1.4	Ermittlung der Meßunsicherheit	8-6
8.2	Prüfung von Kaltwasserzählern - Behältermethode (A. Witt)	8-26
8.2.1	Allgemeines	8-26
8.2.2	Unsicherheitsbeiträge	8-27
8.3	Prüfung von Widerständen für die Simulation von Widerstandsthermometern	8-33
8.3.1	Vorgangsweise bei der Widerstandsbestimmung	8-33
8.3.2	Einflußgrößen	8-33
8.3.3	Ermittlung der Meßunsicherheit	8-34
8.4	Prüfung von Temperatursensoren für die Wärmemessung	8-38
8.4.1	Allgemeines zur Temperatursensorprüfung	8-38
8.4.2	Anforderungen an die Temperatursensorprüfung	8-39
8.4.3	Abschätzung der Unsicherheitsbeiträge	8-39
8.5	Prüfung von Balgengaszählern (A. Witt)	8-46
8.5.1	Allgemeines	8-46
8.5.2	Einflußfaktoren	8-46
8.5.3	Abschätzung der Unsicherheitsbeiträge	8-48
9	Zusammenfassende Betrachtungen	
9.1	Modellannahmen	9-1
9.2	Verteilungsfunktionen	9-5
9.3	Kombinierte Verteilungsfunktion	9-7
9.4	Korrelierte Eingangsdaten	9-8
9.5	Zur Bedeutung der Meßunsicherheit im Prüf- und Eichwesen	9-12

4. Teil: Anhänge

A	Anhänge	
A1	Einige Definitionen nach dem Internationalen Wörterbuch der Metrologie	AI-1
A2	Tabellen der Normalverteilung	A2-1
A2.1	Dichtefunktion $p(x)$ in normierter Form	A2-1
A2.2	Verteilungsfunktion $P(x)$ in normierter Form	A2-3
A3	Meßtechnische Organisationen (H. Reiter)	A3-1
A3.1	Internationale Organisationen	A3-1
A3.2	Europäische Organisationen	A3-3
A4	Effektiver Freiheitsgrad	A4-1
A4.1	Allgemeines	A4-1
A4.2	Freiheitsgrade	A4-1
A5	Rechenregeln der Matrizenrechnung	A5-1
A5.1	Was ist eine Matrix, Definitionen	A5-1
A5.2	Matrizenoperationen	A5-3
A6	Physikalische Tabellen	A6-1

Meßunsicherheiten

A7	Verzeichnis wichtiger Formelzeichen	A7-1
Literatur		ut-i
Index		ind-i