

Messung beendet - was nun?

Einführung und Nachschlagewerk
für die Planung und Auswertung von Messungen

W.H. Heini Gränicher



Hochschulverlag AG an der ETH Zürich B.G. Teubner Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Einleitung (Inhaltsübersicht und Terminologie)	1 –
Kapitel 2: Systematische Fehler und ihre Fortpflanzung	2 –
2.1 Einleitung	1
2.2 Arten systematischer Fehler	1
2.2.1 Umwelteinflüsse	1
2.2.2 Unvollkommenheit der Messgeräte	2
2.2.3 Unzulänglichkeiten von Seiten des Experimentators	3
2.3 Entdeckung und Vermeidung systematischer Fehler	4
2.3.1 Überprüfung der Theorie	4
2.3.2 Veränderung der Messbedingungen	4
2.3.3 Wahl einer grundsätzlich anderen Messmethode	5
2.3.4 Messmethoden, welche systematische Fehler ausschliessen	6
2.3.5 Korrekturen für erkannte systematische Fehler	6
2.4 Fortpflanzung systematischer Fehler	7
2.5 Schlussbetrachtung	10
Kapitel 3: Zufällige Fehler	3 –
3.1 Einleitung	1
3.2 Häufigkeitsverteilung und Verteilungsfunktion	2
3.3 Grundgesamtheit und Stichprobe	3
3.4 Kennzeichnung von Verteilungen: Lagegrössen	5
3.5 Kennzeichnung von Verteilungen: Dispersionsgrössen	8
3.6 Mittlerer Fehler (Standardabweichung) und Varianz einer Stichprobe	9
3.7 Mittlerer Fehler (Standardabweichung) eines Mittelwertes	11
3.8 Kennzeichnung einer Verteilung durch ihre Momente	14
3.9 Fehlerfortpflanzung von Zufallsmessfehlern	16
3.10 Genauigkeit des mittleren Fehlers (Standardabweichung)	21
3.11 Schlussbemerkung	22
Kapitel 4: Modellverteilungen der Statistik	4 –
4.1 Einleitung	1
4.2 Binomial- oder Bernoulli-Verteilung	1
4.3 Normalverteilung, auch Gauss-Verteilung genannt	5
4.4 Poisson-Verteilung	12
4.5 Intervallverteilung und Exponentialverteilung	16
4.6 Lorentz-Verteilung, auch Cauchy-Verteilung genannt	19
4.7 Abschliessende Bemerkungen zu Verteilungsfunktionen	21
4.8 Hinweise zu Tabellen von Verteilungsfunktionen	22

Kapitel 5: Statistische Tests	5 –
5.1 Problemstellung	1
5.2 Elementare Tests	1
5.3 Graphische Methoden	2
5.4 t -Test für die Konsistenz zweier Mittelwerte	4
5.5 F -Test zur Prüfung von Varianzen	8
5.6 Chi-Quadrat-Test	9
5.7 Schlussbemerkungen über statistische Tests	11
 Kapitel 6: Ausgleichsrechnung	 6 –
6.1 Einleitung	1
6.2 Ausgleichung einer einzigen fehlerbehafteten Grösse	2
6.2.1 Der gewogene Mittelwert	2
6.2.2 Der mittlere Fehler des gewogenen Mittelwerts	4
6.3 Ausgleichung bei funktionalen Zusammenhängen	9
6.3.1 Einführung	9
6.3.2 Graphischer Ausgleich	10
6.3.3 Darstellung als lineare Beziehung	11
6.3.4 Lineare Beziehung mit gleichen Gewichten	14
6.3.5 Richtige Wahl der Fehlergleichung	17
6.3.6 Lineare Beziehung mit unterschiedlichen Gewichten	20
6.3.7 Allgemeine Beziehung	21
6.3.8 Einführung von Gewichten bei allgemeinen Beziehungen	25
6.3.9 Ausgleichsrechnung in Matrizenschreibweise	25
6.4 Ausgleichung bei Bestehen von Nebenbedingungen	26
6.4.1 Einführung	26
6.4.2 Fall direkter Beobachtungen und einer Bedingungsgleichung	27
6.4.3 Nichtlineare Nebenbedingungen	28
6.4.4 Allgemeinere Fälle	28
 Kapitel 7: Korrelation von Zufallsgrössen	 7 –
7.1 Einleitung	1
7.2 Lineare Korrelation	1
7.3 Nichtlineare Korrelation	3
7.4 Korrelationsfunktionen	4

Kapitel 8:	Allgemeines Fehlerfortpflanzungsgesetz und seine Anwendung für die universellen Konstanten der Physik	8 –
8.1	Problemstellung: Gibt es korrelierte Fehler ?	1
8.2	Korrelationskoeffizient für statistische Fehler	2
8.3	Allgemeines Fortpflanzungsgesetz zufälliger Fehler	3
8.4	Die universellen fundamentalen Konstanten der Physik	5
8.4.1	Zur Vorgeschichte	5
8.4.2	Über die Vorgehensweise der CODATA	6
8.4.3	Korrelation der Fehler	8
8.4.4	Abschliessende Bemerkungen	10
Kapitel 9:	Das Schlussresultat und seine Unsicherheit sowie die Planung von Experimenten	9 –
9.1	Rückblick auf das Problem der Messgenauigkeit	1
9.2	Vorgehen bei der Auswertung von Messungen	4
9.2.1	Traditionelle Terminologie	4
9.2.2	Neue Terminologie	4
9.2.3	Typ A-Unsicherheit	5
9.2.4	Typ B-Unsicherheit	6
9.2.5	Kombinierte Unsicherheit	7
9.3	Arbeitsschema für die Bestimmung der Unsicherheiten	7
9.4	Folgerungen für die Planung und Durchführung von Experimenten	10
9.5	Schlussbemerkung	12
Anhänge:		
Tabelle der Gauss-Funktion		A – 1
Tabelle der Fehlerfunktion		A – 2
Tabelle der t -Verteilungsfunktion		A – 3
Tabelle der F -Verteilungsfunktion (5 %)		A – 4
Tabelle der χ^2 -Verteilungsfunktion		A – 5
Tabelle der Verteilungsfunktion des Korrelationskoeffizienten r		A – 6
Formelschatz zur Statistik (Anhang zu Kapitel 3)		B
Hinweise zu weiterführender Literatur		C
Universelle physikalische Konstanten 1986		D
Normenwerke (Literaturliste)		E
Nachwort		F