

Siegfried Noack

# Statistische Auswertung von Meß- und Versuchsdaten mit Taschenrechner und Tischcomputer

Anleitungen und Beispiele  
aus dem Laborbereich



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1980

# Inhaltsverzeichnis

Hinweise für den Leser .....	XV
A Rechnen mit Taschenrechnern und Tischcomputern ....	1
1. Rechnermodelle und ihre Anwendungsbereiche .....	3
2. Rechenschieber, Logarithmentafel und Elektronen- rechner im Vergleich .....	16
3. Mathematische Grundlagen .....	20
3.1 Rechnen mit Summen .....	20
3.2 Rechnen mit Produkten .....	23
4. Zahlendarstellung auf dem Rechner .....	25
4.1 Festkomma .....	25
4.2 Fließkomma .....	26
4.3 Gleitkomma .....	29
4.4 Rechengenauigkeit .....	32
5. Logiksysteme .....	33
5.1 Allgemeines .....	33
5.2 Algebraische Logik .....	35
5.2.1 Rechenoperationen .....	35
5.2.2 Löschen von falsch eingegebenen Zahlen ..	37
5.2.3 Rechnen mit einer Konstanten .....	38
5.2.4 Kettenrechnungen .....	40
5.2.5 Rechnen mit Klammern .....	46
5.2.6 Kurzwegrechentechnik .....	48
5.3 Umgekehrte Polnische Notation (UPN) .....	54
5.3.1 Allgemeines .....	54
5.3.2 Kettenrechnungen bei der UPN-Logik .....	57
5.3.3 Kurzwegrechentechnik bei der UPN-Logik ..	60

5.3.4	Vergleich von UPN mit algebraischer Logik ..	61
6.	Rechnen mit Speichern .....	64
6.1	Feste und veränderbare Speicher .....	64
6.2	Konstantenspeicher .....	65
6.2.1	Allgemeines .....	65
6.2.2	Direkt adressierbare Speicher .....	66
6.2.3	Indirekte Adressierung von Speichern .....	70
6.2.4	Verknüpfung von Speicherinhalten .....	74
6.2.5	Speicherarithmetik .....	77
7.	Programmierbare Rechner .....	90
7.1	Allgemeines .....	90
7.2	Sprungbefehle .....	93
7.2.1	Unbedingte Sprünge .....	93
7.2.2	Bedingte Sprünge .....	94
7.3	Unterprogramme .....	97
7.4	Ändern von Programmen .....	100
8.	Mathematische Funktionen .....	102
8.1	Allgemeines .....	102
8.2	Berechnung der Funktionen .....	103
8.2.1	Die Funktion $y = \sqrt{x}$ .....	103
8.2.2	Die Funktion $y = x^2$ .....	104
8.2.3	Die Funktion $y = 1/x$ .....	105
8.2.4	Die Funktion $y = e^x$ .....	106
8.2.5	Die Funktion $y = \ln x$ .....	107
8.2.6	Die Funktionen $y = 10^x$ und $y = \log x$ .....	108
8.2.7	Die allgemeine Potenzfunktion $y = a^x$ bzw. $z = x^y$ .....	109
8.2.8	Die trigonometrischen Funktionen und ihre Inversen .....	114
8.2.9	Die Funktion $y = \text{Integer } x$ .....	115
8.2.10	Die Funktion $y = x - \text{Absolut}$ .....	120
8.2.11	Die Funktion $y = n!$ (n-Fakultät) .....	121

B	Statistische Auswertung von Versuchs- und Analysendaten .....	139
9.	Der Durchschnittswert .....	141
10.	Fehlerarten bei Meßwerten .....	143
10.1	Zufallsfehler .....	143
10.2	Systematische Fehler .....	144
10.3	Kombination zufälliger und systematischer Fehler .....	146
11.	Säulendiagramm und Normalverteilung .....	152
12.	Mittelwerte .....	158
12.1	Arithmetischer Mittelwert .....	158
12.1.1	Arithmetisches Mittel aus nicht klassifizierten Werten .....	158
12.1.2	Arithmetisches Mittel aus klassifizierten Werten .....	162
12.1.3	Spezielle Methoden zur Berechnung von $\bar{x}$ ..	166
12.2	Geometrischer Mittelwert .....	168
12.3	Harmonischer Mittelwert .....	173
12.4	Der Zentralwert (Median) .....	175
12.4.1	Definition .....	175
12.4.2	Sortieren von Daten .....	177
12.4.3	Eigenschaften und Anwendung des Medians..	186
13.	Streuungsmaße .....	187
13.1	Allgemeines .....	187
13.2	Die Spannweite .....	188
13.3	Die Standardabweichung .....	192
13.3.1	Definition und Bedeutung der Standardabweichung .....	192
13.3.2	Integration der Normalverteilung .....	202
13.3.3	Schranken der Normalverteilung .....	216
13.3.4	Berechnung der Standardabweichung .....	222
13.3.5	Der Variationskoeffizient .....	232
13.3.6	Streubereiche .....	233
13.3.7	Standardabweichung des Mittelwertes .....	234

13.4	Vertrauensbereiche .....	236
13.4.1	Allgemeines .....	236
13.4.2	Vertrauensbereich des Mittelwertes.....	238
13.4.3	Berechnung der t-Werte .....	246
13.4.4	Rechenprogramm zur Ermittlung des Ver- trauensbereiches für beliebige statis- tische Sicherheiten .....	254
13.4.5	Integration der t-Verteilung .....	268
13.4.6	Vertrauensbereich der Standardabweichung.	286
13.4.7	Berechnung der Chi-Quadrat-Werte .....	288
13.4.8	Rechenprogramm zur Ermittlung des Ver- trauensbereichs der Standardabweichung für beliebige Sicherheiten .....	292
13.5	Das Prognoseintervall .....	300
13.6	Das Toleranzintervall .....	302
13.6.1	Toleranzintervall bei einseitiger Fragestellung .....	303
13.6.2	Toleranzintervall bei zweiseitiger Fragestellung .....	305
14.	Stichprobenumfang .....	309
14.1	Stichprobenumfang bei bekannter Streuung $\sigma$ .....	309
14.2	Stichprobenumfang bei unbekannter Streuung $\sigma$ ...	314
15.	Zufallsauswahl von Stichproben .....	320
15.1	Allgemeines .....	320
15.2	Zufallszahlen und deren Anwendung .....	322
15.2.1	Erzeugung von Zufallszahlen (Zufalls- zahlengenerator) .....	322
15.2.2	Elektronischer Würfel .....	326
15.2.3	Münzwerfen .....	328
15.2.4	Zahlenlotto .....	329
15.2.5	Elektronisches Roulette .....	329
15.2.6	Randomisierung .....	331
15.2.7	Normalverteilte Zufallszahlen .....	336

16.	Die Poissonverteilung .....	344
17.	Statistische Testverfahren .....	356
	17.1 Allgemeines .....	356
	17.2 Der Ausreißertest .....	364
	17.2.1 Allgemeine Bemerkungen zum Ausreißer- problem .....	364
	17.2.2 Ausreißertest nach Graf und Henning ....	364
	17.2.3 Ausreißertest nach Nalimov .....	373
	17.3 Trendtest nach Neumann .....	383
	17.4 Vergleich zweier Varianzen (F-Test) .....	389
	17.4.1 Durchführung und Voraussetzungen .....	389
	17.4.2 Integration der F-Verteilung .....	394
	17.4.3 Signifikanzschränken der F-Verteilung ..	421
	17.4.4 Rechenbeispiel zum F-Test .....	425
	17.5 Vergleich zweier Mittelwerte (t-Test) .....	428
	17.5.1 Testvoraussetzungen und Durchführung ...	428
	17.5.2 Rechenprogramm zum t-Test .....	438
	17.5.3 Stichprobenumfang beim Vergleich zweier Mittelwerte .....	454
	17.6 Vergleich Mittelwert-Sollwert .....	459
	17.7 Differenzen-t-Test .....	462
	17.8 $\lambda$ -Test (Attributive Prüfung) .....	469
18.	Korrelations- und Regressionsrechnung .....	474
	18.1 Allgemeines .....	474
	18.2 Methode der kleinsten Fehlerquadrate .....	476
	18.3 Der Korrelationskoeffizient .....	494
	18.4 Die Standardabweichung der Ausgleichsfunktion..	505
	18.5 Lineare Korrelation und Regression .....	509
	18.5.1 Die Ausgleichsgerade und ihre Kenngrößen .....	509
	18.5.2 Rechenprogramm und Beispiel zur linearen Korrelation .....	515
	18.5.3 Prüfung der Konstanten der Ausgleichs- geraden .....	530

XIV      Inhalt

18.6	Prüfung von Meßwerten auf Normalverteilung ...	535
18.7	Nicht lineare Korrelation und Regression .....	546
18.7.1	Linearisierbare Funktionsmodelle .....	548
18.7.1	Nicht linearisierbare Funktionsmodelle.	556
19.	Liste der Programme .....	557
20.	Register der Beispiele .....	560
21.	Rechnerschlüssel .....	564
22.	Literaturverzeichnis .....	570
23.	Sachregister .....	580