

# Günter Menges

Dr. rer. pol.

Professor für Statistik und Ökonometrie  
an der Universität Heidelberg



© 2008 AGI-Information Management Consultants  
May be used for personal purposes only or by  
libraries associated to [dandelon.com](http://dandelon.com) network.

# Heinz J. Skala

Dr. rer. oec.

wiss. Assistent am Lehrstuhl  
für Ökonometrie der  
Universität Heidelberg

## Grundriß der Statistik Teil 2: Daten

Ihre Gewinnung und Verarbeitung



Westdeutscher Verlag Opladen 1973

# Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Tabellen .....	20
Verzeichnis der Figuren .....	21
1. Kapitel: <i>Daten- und Meßtheorie</i> .....	23
§ 1. Das statistische Informationssystem .....	24
1. Erheben – übermitteln – entscheiden .....	24
2. Definition .....	25
3. Konzepte der Informationstheorie .....	25
4. Technische und statistische Informationssysteme .....	27
§ 2. Phänomen und Erhebung .....	28
1. Erhebung .....	28
2. Das Phänomen und seine Messung .....	28
3. Zum Begriff des Phänomens .....	29
4. Ein Beispiel .....	29
5. Phänomene und Daten .....	30
6. Erhebung und Masse .....	31
§ 3. Definition und Typologie der Daten .....	32
1. Definition .....	32
2. Typologie .....	32
3. Keine Daten ohne Theorie .....	33
4. Aufbereitung .....	34
§ 4. Meßtheorie: Relationen und relationale Systeme .....	35
1. Messen früher und heute .....	35
2. Definitionen .....	35
3. Beispiele .....	37
§ 5. Meßtheorie: Skalen .....	37
1. Das mathematische System und seine Relationen .....	37
2. Definition der Skala .....	38
3. Skalentypen .....	39

§ 6.	Fundamentale und abgeleitete Messungen .....	41
1.	Begriffe .....	41
2.	Quasireihen .....	41
3.	Sätze über Quasireihen .....	42
4.	Empirische Bedeutung .....	42
§ 7.	Daten und Informationen .....	43
1.	Zufallsvariablen .....	43
2.	Transformation der Daten in ein Datenmaß .....	44
3.	Das statistische Resultat .....	45
4.	Übermittlung des statistischen Resultats .....	46
§ 8.	Axiomatik des kardinalen und Erwartungsnutzens .....	48
1.	Bedeutung der Nutzentheorie .....	48
2.	Geschichtlicher Überblick .....	48
3.	Axiomensystem des kardinalen Nutzens nach F. Alt .....	49
4.	Ein Axiomensystem des Erwartungsnutzens .....	51
5.	Beispiel .....	53
2. Kapitel:	<i>Erhebungsplanung</i> .....	59
§ 9.	Beobachtung und Experiment .....	60
1.	Dualismus der Erhebungsmethoden .....	60
2.	Drei gemeinsame Grundsätze .....	61
3.	Definition des Experiments und der Beobachtung .....	61
4.	Erläuterungen zu den Definitionen .....	61
5.	Erhebung als Oberbegriff, Zählungen und Registrierungen .....	62
§ 10.	Die Planung von Erhebungen .....	63
1.	Erhebungen sind zu planen .....	63
2.	Was heißt: Planung von Erhebungen? .....	64
3.	Konkrete, vollständige, antizipative Planung .....	64
4.	Erhebungsplanung im Rahmen der Adäquation .....	65
§ 11.	Programmplanung und Organisationsplanung .....	65
1.	Konkretisierung des Erhebungsgegenstandes .....	65
2.	Primär- und Sekundärstatistik .....	66
3.	Einzweck- und Mehrzweckerhebungen .....	67
4.	Organisationsplanung .....	68
§ 12.	Erhebungsplanung als Entscheidungsproblem .....	69
1.	Einleitung .....	69
2.	Der Effektivnutzen .....	70
3.	Erhebungsplanung unter Ungewißheit .....	71
4.	Die allgemeinen Lösungen des Entscheidungsproblems .....	72
5.	Eine praktikable spezielle Lösung .....	73

§ 13. Der optimale Aktualitätsgrad .....	75
1. Das Problem .....	75
2. Vergleich zweier Nutzenerwartungen .....	76
3. Die optimale Periodizität .....	77
4. Erweiterungen .....	77
§ 14. Die Nutzenfunktion der Erhebung .....	78
1. Nutzenbemessungen sind schwierig, aber unvermeidlich .....	78
2. Die Gaußsche Nutzenfunktion mit $\sigma^2$ als Operationsparameter .....	79
3. Die Gaußsche Nutzenfunktion mit zwei Präzisionsmaßen als Operationsparameter .....	79
4. Die Nutzenfunktion eines ökonomischen Informationssystems .....	82
3. Kapitel: <i>Datengewinnung : Beobachtungen</i> .....	85
§ 15. Die Vollerhebung, ihre Vorzüge und Nachteile .....	86
1. Vollständigkeit der Erhebung .....	86
2. Die Totalerhebung .....	86
3. Nachteile der Totalerhebung .....	87
4. »Ewige« Vorteile der Totalerhebung .....	87
§ 16. Die Repräsentativ- oder Stichprobenerhebung .....	88
1. Stichprobe und Zufallsstichprobe .....	88
2. Zufalls- und Beurteilungsstichproben .....	88
3. Definition der Zufallsstichprobe und der Zufallsauswahl .....	89
4. Der Rückschluß auf die Grundgesamtheit – immanent und transzendent .....	93
5. Das Schätzproblem .....	95
6. Vier Hauptprobleme der Anwendung .....	96
7. Der notwendige Stichprobenumfang .....	97
§ 17. Systematische Auswahl und andere technische Modifikationen .....	99
1. Modifikationen der uneingeschränkten Zufallsauswahl .....	99
2. Die systematische Auswahl .....	99
3. Andere technische Modifikationen .....	100
4. Eine Sonderform: Repräsentation nach dem Anordnungsprinzip .....	100
§ 18. Die geschichtete Auswahl .....	101
1. Grundgedanken und Notationen .....	101
2. Satz über die Streuung bei geschichteter Auswahl .....	103
3. Schätzung und Zufallsfehler .....	103
4. Der Schichtungseffekt .....	104
5. Optimale Aufteilung (Satz von Tschuprow und Neyman) .....	105
6. Beweis des Satzes von Tschuprow und Neyman .....	106

§ 19. Die mehrstufige Auswahl .....	107
1. Grundgedanke .....	107
2. Notationen .....	107
3. Schätzregeln .....	109
4. Einige wichtige Planungsfragen .....	110
5. Der Satz von Hurwitz und Durbin .....	111
6. Antworten auf die Planungsfragen .....	111
§ 20. Die Klumpenauswahl .....	113
1. Grundgedanke .....	113
2. Der Klumpungseffekt .....	113
3. Ein Satz von Hansen und Hurwitz .....	116
4. Kostenbetrachtungen .....	116
§ 21. Andere Varianten der reinen Zufallsauswahl .....	117
1. Mehrphasenauswahl, Verhältnisschätzungen, Regressionsschätzungen ..	118
2. Kontrollierte Auswahl .....	119
3. Quotenauswahl .....	120
4. Angepaßte Auswahl .....	120
5. Zeitlich verteilte («rotierende») Auswahl .....	121
6. Stichprobensysteme und der Mikrozensus .....	122
§ 22. Sequentielle Stichproben – Zufallsauswahl mit variablem Stichprobenumfang	122
1. Grundgedanke .....	122
2. Die ASN-Funktion .....	123
3. Die Auswertungsvorschrift .....	124
§ 23. Nicht-repräsentative Erhebungen .....	125
1. Grundgedanke .....	125
2. Symptomatische Erhebungen .....	125
3. Nicht-repräsentative Teilerhebungen .....	126
4. Erhebungen nach der Staffelungsmethode .....	127
5. Erhebungen typischer Einzelfälle .....	128
6. Erhebungen von Indizien .....	129
§ 24. Befragungstechniken .....	129
1. Reine und kommunizierte Meßdaten .....	129
2. Schriftliche und mündliche Befragung .....	130
3. Der Fragebogen .....	131
4. Spezielle Befragungstechniken .....	132
4. Kapitel: <i>Datengewinnung: Experimente</i> .....	137
§ 25. Statistische Experimente .....	138
1. Grundgedanken des »Design of Experiments« .....	138
2. Eigenschaften eines statistischen Experiments .....	139

3. Die zufällige Anordnung (randomisation) .....	139
4. Wiederholung und Nachbildung .....	140
§ 26. Experimentmathematik .....	141
1. Kontraste, Orthogonalität und quadratische Form .....	141
2. Einfache Streuungszerlegung .....	142
3. Normalität .....	143
§ 27. Der uneingeschränkt zufällige Plan und die Zufallszahlentabelle .....	143
1. Grundgedanke .....	143
2. Zufallszahlentabellen .....	144
3. Streuungszerlegung .....	145
4. Vor- und Nachteile des uneingeschränkt zufälligen Plans .....	146
§ 28. Experimente in Blöcken mit zufälliger Anordnung .....	147
1. Grundgedanke .....	147
2. Blöcke sollen in sich homogen sein .....	148
3. Vor- und Nachteile .....	148
4. Missing-plot-Technik .....	149
§ 29. Experimente nach dem lateinischen Quadrat .....	150
1. Grundgedanke .....	150
2. Ein Beispiel .....	151
3. Streuungszerlegung .....	152
4. Vor- und Nachteile .....	155
§ 30. Experimente nach dem griechisch-lateinischen Quadrat .....	156
1. Grundgedanke .....	156
2. Vor- und Nachteile .....	158
3. Griechisch-lateinische Quadrate höherer Ordnung .....	159
§ 31. Faktorielle Experimente .....	159
1. Grundgedanke .....	159
2. Ein Beispiel .....	161
3. Vor- und Nachteile .....	167
4. Vermischung (Confounding) .....	167
5. Kapitel: <i>Theorie der Automaten</i> .....	173
§ 32. Einführung .....	174
1. Einige Bemerkungen .....	174
2. Automaten, Arbeitsweise und Interpretationen .....	175
§ 33. Determinierte Automaten .....	176
1. Wichtige Begriffe der Automatentheorie .....	176
2. Die Darstellung endlicher Automaten .....	178
3. Moore-Automaten und Erreichbarkeit von Zuständen .....	181

§ 34.	Äquivalenz, Einbettung und Reduktion von endlichen Automaten . . . . .	182
1.	Äquivalenz und Einbettung . . . . .	182
2.	Reduzierte Automaten . . . . .	184
§ 35.	Ein Verfahren zur Minimierung endlicher Automaten . . . . .	185
1.	Das Verfahren . . . . .	185
2.	Beispiele . . . . .	186
§ 36.	Was kann ein endlicher Automat leisten? . . . . .	190
1.	Vorbereitung auf den Hauptsatz der Automatentheorie . . . . .	190
2.	Reguläre Mengen und reguläre Ausdrücke . . . . .	191
3.	Das Synthesetheorem . . . . .	197
4.	Das Analysetheorem . . . . .	199
§ 37.	Turing-Maschinen . . . . .	201
1.	Begriff . . . . .	201
2.	Beispiel . . . . .	201
3.	Endliche Automaten als Turing-Maschinen . . . . .	202
§ 38.	Entscheidbarkeit und Berechenbarkeit . . . . .	205
1.	Definitionen . . . . .	205
2.	Die Unentscheidbarkeit des Halteproblems für Turing-Maschinen . . . . .	206
6.	Kapitel: <i>Programmiersprachen</i> . . . . .	211
§ 39.	Formale Sprachen und Backus-Systeme . . . . .	212
1.	Sprache und Grammatik . . . . .	212
2.	Backus-Systeme . . . . .	215
§ 40.	Die Programmiersprache ALGOL 60 (algorithmic language) und ihre Meta- sprache . . . . .	217
1.	Sprache und Metasprache . . . . .	217
2.	Beispiel . . . . .	218
3.	Die Grundsymbole von ALGOL 60 . . . . .	218
§ 41.	Einige syntaktische Definitionen aus dem ALGOL 60-Bericht . . . . .	221
§ 42.	Ergänzende Bemerkungen zu Backus-Systemen . . . . .	223
§ 43.	Die Anwendung der Programmiersprache ALGOL 60 . . . . .	224
1.	Allgemeines . . . . .	224
2.	Indizierte Variablen . . . . .	226
3.	Laufanweisungen . . . . .	227
4.	Die Blockstruktur . . . . .	229
5.	Bedingte Anweisungen . . . . .	231
6.	Folgeanweisungen und Marken . . . . .	233
§ 44.	Überblick über weitere gebräuchliche Programmiersprachen . . . . .	234
1.	FORTRAN . . . . .	234
2.	COBOL . . . . .	234
3.	PL/1 . . . . .	235
4.	APL . . . . .	235

7. Kapitel: <i>Technologie der Datenverarbeitung</i> .....	241
§ 45. Geschichtlicher Überblick .....	242
§ 46. Arten von Rechenanlagen .....	244
1. Analog-Rechenanlagen .....	244
2. Digital-Rechenanlagen .....	245
3. Hybrid-Rechenanlagen .....	246
§ 47. Aufbau und Arbeitsweise von Datenverarbeitungsanlagen .....	246
1. Allgemeines .....	246
2. Kodes .....	248
3. Die Einheiten einer DVA .....	251
4. Befehle und Befehlsdarstellung .....	255
§ 48. Gegenüberstellung von Programmiersprachen .....	256
1. Maschinenorientierte Programmiersprachen .....	256
2. Problemorientierte Programmiersprachen .....	257
§ 49. Betriebsarten von Datenverarbeitungsanlagen .....	257
1. Stapelverarbeitung und Multiprogrammverarbeitung .....	257
2. Time-Sharing .....	258
3. Hinwendung zur Aufbereitung .....	258
§ 50. Die Aufbereitung .....	258
1. Zum Begriff der Aufbereitung .....	258
2. Zentralisierte und dezentralisierte Aufbereitung .....	259
3. Die Prüfung des Urmaterials .....	261
4. Die Signierung des Urmaterials .....	264
§ 51. Die Volkszählung 1970 .....	266
8. Kapitel: <i>Fehler und ihre Fortpflanzung</i> .....	271
§ 52. Statistische Fehler .....	272
1. Der Begriff .....	272
2. Der Zufallsfehler im allgemeinen .....	273
§ 53. Der Standardfehler des Mittelwertes bei der gewöhnlichen Zufallsauswahl ..	273
1. Die Grundlagen .....	273
2. Die Verwendung der Normalverteilung .....	278
3. Der wahrscheinliche Fehler .....	278
4. Zufallsfehler und Erhebungsmethode .....	278
§ 54. Der Standardfehler des Mittelwertes bei geschichteten Stichproben .....	281
§ 55. Der systematische Fehler .....	282
1. Beispiele .....	282
2. Stochastische Behandlung .....	283
3. Ursachen .....	285

§ 56. Der Gesamtfehler .....	286
1. Definition .....	286
2. Gesamtfehler und systematischer Fehler .....	287
3. Problematik der Aufspaltung des Gesamtfehlers .....	288
§ 57. Das gewichtete Mittel mehrerer Schätzungen .....	288
1. Problemstellung .....	288
2. Berechnungsarten .....	289
§ 58. Funktionen von $\bar{X}$ .....	290
1. Problemstellung .....	290
2. Beispiele .....	290
3. Näherung für den mittleren Fehler .....	291
4. Fortpflanzung .....	292
§ 59. Numerische Fehler .....	293
1. Überblick .....	293
2. Das Rechnen mit festem Komma .....	294
3. Das Rechnen mit gleitendem Komma .....	295
§ 60. Rundung und Rundungsfehler .....	296
1. Problemstellung .....	296
2. Rundungsfehler bei den Grundrechenarten .....	297
§ 61. Die Beurteilung der Genauigkeit einer Rechnung .....	299
1. Allgemeines .....	299
2. Intervallzahlen .....	299
3. Triplex-Zahlen .....	301
4. Statistische Fehlerabschätzung .....	301
5. A-posteriori-Abschätzungen .....	302
9. Kapitel: <i>Reduktion</i> .....	307
§ 62. Reduktion der Daten .....	308
1. Zwei Arten von Datenmaßen .....	308
2. Ursachenforschende Reduktion, die wir hier nicht meinen .....	308
3. Deskriptive Reduktion, die wir hier meinen .....	309
4. Isomorphismen zwischen empirischen und mathematischen Objekten .....	309
5. Die empirische Bedeutung von Maßzahlen .....	311
§ 63. Gruppen .....	312
1. Zahlenlogik der Gruppen .....	312
2. Das Schwerpunktprinzip .....	313
3. Die Mehrfachzählung .....	313
4. Die Methode der Auszählung nach sämtlichen vorkommenden Kombinationen von Merkmalsformen .....	313
5. Größenklassen .....	314
6. Sachlogik der Gruppen – Detaillierungsgrad .....	314

§ 64. Statistische Reihen .....	315
1. Definition und Typologie .....	315
2. Querschnittsreihen (oder -daten) .....	316
3. Zeitreihen .....	317
4. Die Bewegungskomponenten von Zeitreihen .....	318
§ 65. Die Präsentation von Zeitreihen durch endliche, determinierte Automaten .	318
1. Was können endliche Automaten leisten? .....	318
2. Die »typische« Gestalt von Zeitreihen .....	319
3. Die Darstellung des Zusammenhangs von Zeitreihen .....	320
4. Prognose und Erkennung der »typischen Gestalt«; simulierte Evolution	321
§ 66. Quoten und Beziehungszahlen .....	323
1. Quoten .....	323
2. Beziehungszahlen .....	324
3. Spezifische, besondere und standardisierte Verhältniszahlen .....	325
§ 67. Meß- und Indexzahlen .....	329
1. Begriffsbildung .....	329
2. Meßzahlen .....	329
3. Indexzahlen – Der Methodenstreit .....	330
4. Probleme der Indexzahlen .....	330
5. Die Wahl der Basis .....	331
6. Die Wahl der »Indexformel« .....	333
7. Indexkriterien .....	336
8. Das Indexproblem als unlösbares Problem .....	337
§ 68. Der Befriedigungsindex .....	338
1. Einleitung .....	338
2. Theoretische und praktische Schwierigkeiten .....	338
3. Bestimmung der Indexformel durch Näherung .....	339
§ 69. Mittelwerte .....	341
1. Die empirische Operation der Mittenbildung und ihre Repräsentation ..	341
2. Mittelwerte, ihre generelle Zahlenlogik .....	342
3. Ihre generelle Sachlogik .....	342
4. Das arithmetische Mittel .....	343
5. Das geometrische (oder logarithmische) Mittel .....	345
6. Das quadratische Mittel .....	346
7. Das harmonische Mittel .....	346
8. Das antiharmonische Mittel .....	347
9. Der Zentralwert oder Median .....	347
10. Der dichteste Wert oder Modus .....	349
11. Der Scheidewert .....	349
12. Der schwerste Wert .....	350
13. Die Lageregeln der Mittelwerte .....	350
§ 70. Streuungsmaße .....	351
1. Ihre generelle Zahlenlogik .....	351
2. Ihre generelle Sachlogik .....	351

3. Der einfache durchschnittliche Abstand .....	352
4. Die mittlere quadratische Abweichung .....	353
5. Der Quartilsabstand .....	355
6. Zwei Quasi-Streuungsmaße .....	356
§ 71. Schiefe und Exzeß .....	356
1. Momente .....	356
2. Schiefe .....	357
3. Exzeß oder Wölbung .....	358
§ 72. Maßzahlen der absoluten Konzentration .....	359
1. Einleitung .....	359
2. Entropie .....	359
3. Das Herfindahlsche Konzentrationsmaß .....	362
§ 73. Maßzahlen der relativen Konzentration .....	364
1. Entropie .....	364
2. Die Lorenzkurve und der Ginische Konzentrationsindex .....	365
3. Der maximale Nivellierungssatz .....	367
4. Zwei abschließende Bemerkungen .....	367
10. Kapitel: <i>Präsentation und Organisation</i> .....	375
§ 74. Tabellarische Darstellung .....	376
1. Präsentation: Sachlogik, Nutzen und Ästhetik .....	376
2. Darstellungsformen .....	376
3. Aufbau einer Tabelle .....	377
4. Definition und Typologie .....	378
§ 75. Die graphische Darstellung .....	380
1. Aufgabe der graphischen Darstellung .....	380
2. Haupttypen der statistischen Graphik .....	381
§ 76. Diagramme .....	382
1. Punktdiagramme .....	382
2. Liniendiagramme .....	382
3. Anforderungen an Diagramme .....	384
4. Sonderfälle .....	385
5. Flächendiagramme .....	387
6. Die Darstellung empirischer Häufigkeitsverteilungen .....	393
7. Technische Ausführung .....	393
8. Seltene Diagramme (Beispiele) .....	394
9. Bildstatistik .....	396
§ 77. Kartogramme .....	396
1. Punktkartogramme .....	396
2. Linienkartogramme .....	396
3. Flächenkartogramme .....	396

§ 78. Versuch einer Theorie der Darstellungsformen .....	399
1. Ästhetische Maße .....	399
2. Eine informationstheoretische Interpretation des Birkhoffschen Maßes ..	401
3. Die Produktion statistischer Ausdrucksmittel .....	402
§ 79. Datenbanken .....	403
1. Allgemeines .....	403
2. Der Aufbau von Datenbanken .....	404
3. Die Kommunikation mit Datenbanken – systemtheoretische Aspekte ...	404
§ 80. Organisationstheoretische Aspekte .....	406
1. Einige Begriffe .....	406
2. Die Aufgaben/der amtlichen Statistik .....	407
3. Organisation .....	409
4. Die Bewertung von Informationsstrukturen .....	410