

# **Statistische Methoden in der Geographie**

**Band 2  
Multivariate Statistik**

Von Dr. rer. nat. Gerhard Bahrenberg  
Professor an der Universität Bremen

Dr. rer. nat. Ernst Giese  
Professor an der Universität Gießen

Dr. rer. nat. Josef Nipper  
Professor an der Universität Köln

2. Auflage  
Mit 76 Abbildungen, 116 Tabellen  
und einem Tafelanhang



**B. G. Teubner Stuttgart 1992**

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b> .....	13
<b>2 Multiple Korrelations- und Regressionsanalyse</b> .....	16
2.1 Einführung .....	16
2.2 Partielle und multiple Korrelation .....	24
2.2.1 Partielle Korrelation .....	24
2.2.2 Multiple Korrelation .....	26
2.2.3 Varianzzerlegung einer abhängigen Variablen .....	28
2.2.4 Partielle und multiple Korrelation im allgemeinen Fall .....	29
2.3 Multiple Regressionsanalyse .....	31
2.3.1 Die Regressionsgleichung .....	31
2.3.2 Strategien der Variablenauswahl .....	34
2.3.3 Das Problem der Multikollinearität .....	40
2.3.4 Variablentransformation .....	42
2.4 Schätz- und Testprobleme .....	43
2.4.1 Test des multiplen Korrelationskoeffizienten (und des gesamten Regressionsmodells) .....	45
2.4.2 Test der partiellen Regressionskoeffizienten .....	47
2.4.3 Test der partiellen Korrelationskoeffizienten .....	50
2.4.4 Intervallschätzung für $Y$ .....	51
2.4.5 Einige abschließende Bemerkungen .....	52
2.5 Regressionsanalyse mit Dummy-Variablen .....	56
2.6 Zitierte Literatur .....	62
<b>3 Pfadanalyse</b> .....	63
3.1 Einführung .....	63
3.2 Ein einfaches Beispiel .....	65
3.3 Das allgemeine pfadanalytische Modell für ein rekursives System von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen .....	74
3.3.1 Pfadanalyse für voll-rekursive Systeme .....	76
3.3.2 Pfadanalyse für nicht voll-rekursive Systeme .....	85
3.3.3 Voraussetzungen der Pfadanalyse .....	87

3.4	Zusätzliche Hinweise zur Anwendbarkeit der Pfadanalyse . . . . .	92
3.4.1	Wider eine Überbewertung der Pfadanalyse . . . . .	92
3.4.2	Zur Beziehung zwischen Regressions- und Pfadanalyse . . . . .	94
3.4.3	Abschließende Bemerkungen . . . . .	95
3.5	Zitierte Literatur . . . . .	96
<b>4</b>	<b>Varianzanalyse . . . . .</b>	<b>98</b>
4.1	Einfache Varianzanalyse . . . . .	98
4.1.1	Das Grundprinzip und ein Beispiel . . . . .	98
4.1.2	Voraussetzungen der Varianzanalyse . . . . .	106
4.1.3	Die Prüfung einzelner Effekte . . . . .	107
4.1.4	Konfidenzintervalle für die Gruppenmittelwerte . . . . .	109
4.1.5	Schlußbemerkungen . . . . .	110
4.2	Doppelte Varianzanalyse . . . . .	110
4.3	Weitere Hinweise . . . . .	125
4.4	Zitierte Literatur . . . . .	128
<b>5</b>	<b>Methoden der Analyse kategorialer Variablen . . . . .</b>	<b>129</b>
5.1	Einführung . . . . .	129
5.2	Das lineare Logit-Modell . . . . .	131
5.2.1	Das lineare Logit-Modell für die bivariate Analyse mit einer dichotomen abhängigen Variablen . . . . .	131
5.2.1.1	Der Grundgedanke des Logit-Modells . . . . .	131
5.2.1.2	Schätzung eines linearen Logit-Modells . . . . .	138
5.2.1.3	Kritik des Beispiels und Bewertung des linearen Logit-Modells . . . . .	143
5.2.1.4	Ergänzungen . . . . .	144
5.2.2	Das lineare Logit-Modell für eine dichotome abhängige und mehrere metrische unabhängige Variablen . . . . .	150
5.2.3	Das lineare Logit-Modell für eine polytome abhängige Variable . . . . .	151
5.2.4	Das lineare Logit-Modell für eine multiple Regressions- analyse mit kategorialen Variablen . . . . .	154
5.2.4.1	Schätzung der Regressionsgleichung . . . . .	154

5.2.4.2	Signifikanztests	161
5.2.4.3	Zur Kodierung der unabhängigen Variablen	164
5.2.4.4	Interaktionseffekte, saturierte Modelle und Screening	165
5.2.4.5	Ein Beispiel	169
5.3	Das loglineare Modell für die Analyse mehrdimensionaler Kontingenztabelle	172
5.3.1	Einführung	172
5.3.2	Zweidimensionale Kontingenztabelle – das Prinzip der loglinearen Analyse	172
5.3.3	Das loglineare Modell für mehrdimensionale Kontingenztabelle	181
5.3.4	Loglineare und Logit-Modelle	194
5.4	Zitierte Literatur	197
<b>6</b>	<b>Hauptkomponentenanalyse und Faktorenanalyse</b>	<b>198</b>
6.1	Zur Fragestellung	198
6.2	Einführung in die Hauptkomponenten- und Faktorenanalyse	199
6.3	Die Hauptkomponentenanalyse	207
6.3.1	Die geometrische Bedeutung von Korrelationskoeffizienten	207
6.3.2	Die Extraktion der Hauptkomponenten	212
6.3.3	Die Hauptkomponentenwerte	226
6.3.4	Zusammenfassung	227
6.4	Die Faktorenanalyse	229
6.4.1	Die Kommunalitätsschätzung	230
6.4.2	Die Extraktion der Faktoren	234
6.4.3	Die Rotation der Faktoren	244
6.4.3.1	Orthogonale Rotation	246
6.4.3.2	Schiefwinklige Rotation	249
6.4.3.3	Überprüfung der Einfachstruktur	253
6.4.4	Die Matrix der Faktorenwerte	256
6.4.5	Ein Beispiel	256
6.4.6	Voraussetzungen der Faktorenanalyse	274
6.4.7	Anwendungen der Faktorenanalyse	275
6.5	Zitierte Literatur	276

<b>7 Clusteranalyse</b> .....	278
7.1 Einführung .....	278
7.2 Ähnlichkeitsmaße für die Raumeinheiten .....	281
7.3 Methoden der Clusterbildung (Raumtypisierung) – Die Messung der (Un)Ähnlichkeit zwischen Clustern – .....	284
7.4 Die Anzahl der zu bildenden Cluster (Raumtypen) .....	287
7.5 Korrektur der schrittweisen Clusteranalyse .....	295
7.6 Einige Beispiele .....	299
7.6.1 Der Einfluß verschiedener Ähnlichkeitsmaße .....	299
7.6.2 Der Einfluß verschiedener Clusterbildungsverfahren .....	301
7.6.3 Vorschläge für eine Typisierung der norddeutschen Kreise .....	303
7.7 Anmerkungen zur Variablenauswahl .....	307
7.8 Raumtypen und Regionalisierungen .....	309
7.9 Clusteranalyse von Variablen .....	310
7.10 Zitierte Literatur .....	315
<b>8 Diskriminanzanalyse</b> .....	316
8.1 Einführung .....	316
8.2 Das Verfahren .....	318
8.2.1 Der Zwei-Gruppen-Zwei-Variablen-Fall .....	318
8.2.2 Der Mehr-Gruppen-Mehr-Variablen-Fall .....	329
8.2.2.1 Bestimmung der Diskriminanzfunktion .....	329
8.2.2.2 Normierung der Diskriminanzfunktion .....	332
8.2.2.3 Trennkraft der Diskriminanzfunktion .....	335
8.2.2.4 Trennkraft der Merkmalsvariablen .....	336
8.2.2.5 Klassifizierung von Objekten .....	338
8.2.2.6 Anwendungsvoraussetzungen .....	339
8.3 Anwendungsbeispiele .....	340
8.3.1 Überprüfung einer vorgegebenen Klassifikation – Sozio-ökonomische Raumtypen Norddeutschlands .....	340
8.3.2 Klassifizierung neuer Objekte – Der kommunalrechtliche Status der Stadt Gießen .....	343
8.3.3 Analyse von Gruppenunterschieden – Regionale Wohlfahrtsunterschiede in Hessen .....	350
8.4 Zitierte Literatur .....	356

<b>9 Autokorrelation und Kreuzkorrelation</b> . . . . .	358
9.1 Stochastische Abhängigkeit und das Phänomen der Erhaltensneigung in Prozessen . . . . .	358
9.2 Zeitliche Autokorrelation . . . . .	363
9.2.1 Vorüberlegungen . . . . .	363
9.2.2 Bestimmung der zeitlichen Autokorrelationsfunktion . . . . .	364
9.2.3 Anwendungsmöglichkeiten und -probleme . . . . .	372
9.2.4 Beispiel . . . . .	374
9.3 Zeitliche Kreuzkorrelation . . . . .	376
9.3.1 Vorüberlegungen . . . . .	376
9.3.2 Bestimmung der zeitlichen Kreuzkorrelationsfunktion . . . . .	376
9.3.3 Anwendungsmöglichkeiten und -probleme . . . . .	378
9.3.4 Beispiel . . . . .	379
9.4 Räumliche Autokorrelation . . . . .	381
9.4.1 Das Phänomen der räumlichen Autokorrelation . . . . .	381
9.4.2 Operationalisierung des Nachbarschaftskriteriums . . . . .	385
9.4.3 Bestimmung der räumlichen Autokorrelationsfunktion . . . . .	389
9.4.4 Anwendungsmöglichkeiten und -probleme . . . . .	395
9.4.5 Beispiele . . . . .	396
9.5 Zitierte Literatur . . . . .	400
<b>Literatur</b> . . . . .	402
<b>Anhang</b> . . . . .	403
<b>Tafeln</b> . . . . .	404
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	413