

Arthur Linder  
Willi Berchtold



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

# Statistische Methoden II

## Varianzanalyse und Regressionsrechnung

Birkhäuser Verlag  
Basel • Boston • Stuttgart

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>13</b>
1.1	Daten	13
1.11	Struktur der Daten	13
1.12	Durchschnitt und Streuung	14
1.13	Darstellen eines einfachen Datensatzes	16
1.14	Darstellungen in der Regression	17
1.15	Darstellen zweidimensionaler Daten	18
1.16	Wahrscheinlichkeitsnetz	20
1.2	Wahrscheinlichkeit und Wahrscheinlichkeitsverteilung	23
1.21	Addition und Multiplikation von Wahrscheinlichkeiten	23
1.22	Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeitsverteilung	24
1.23	Erwartungswert, Varianz und Kovarianz	25
1.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	26
1.31	Normalverteilung	26
1.32	Chi-Quadrat-Verteilung	28
1.33	t-Verteilung	30
1.34	F-Verteilung	31
1.4	Statistische Tests	32
1.41	Das Prinzip des Testens	32
1.42	Prüfen eines Durchschnitts	34
1.43	Vergleich zweier Durchschnitte	34
1.44	Prüfen einer Streuung	35
1.45	Vergleich zweier Streuungen	36
1.5	Schätzen von Parametern und Vertrauensgrenzen	36
1.51	Die Maximum-Likelihood-Methode	36
1.52	Die Methode der kleinsten Quadrate	39

1.53	Vertrauensgrenzen	40
1.6	Das Berechnen der Summe von Quadraten	40
<b>2</b>	<b>Varianzanalyse</b>	<b>44</b>
2.1	Einfache Varianzanalyse	44
2.2	Zweifache Varianzanalyse	50
2.21	Mehrfache ausgewogene Belegung der Zellen	50
2.211	Keine Wechselwirkung zwischen beiden Faktoren	51
2.212	Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren	58
2.213	Unabhängigkeit der beiden Faktoren nach Transformation	62
2.22	Einfache Belegung der Zellen	68
2.23	Proportionale Belegung der Zellen	70
2.24	Ungleiche Belegung der Zellen	76
2.3	Mehrfache Varianzanalyse	82
2.31	Dreifache Varianzanalyse bei ausgewogener Belegung der Zellen	82
2.32	Ungleiche Belegung der Zellen	92
2.4	Bestimmen von Varianzkomponenten	100
2.41	Einfache hierarchische Struktur der Daten	101
2.42	Zweistufige hierarchische Struktur der Daten	104
2.43	Zweifache kreuzweise Struktur der Daten	107
<b>3</b>	<b>Regression</b>	<b>110</b>
3.1	Idee und Übersicht	110
3.2	Einfache lineare Regression	113
3.21	Berechnen der Regressionsgeraden	113
3.22	Tests und Vertrauensgrenzen	117

3.23	Hinweise für das Planen eines Regressionsversuches.....	120
3.3	Mehrfache lineare Regression.....	121
3.31	Zwei unabhängige Variable: Schätzen der Parameter.....	122
3.32	Zwei unabhängige Variable: Testen von Hypothesen.....	127
3.33	Mehr als zwei Variable: Schätzen von Parametern.....	132
3.34	Mehr als zwei Variable: Testen von Hypothesen....	138
3.341	Varianzanalyse.....	138
3.342	Genauigkeit der Regressionskoeffizienten...	141
3.343	Prüfen mehrerer Regressoren.....	142
3.35	Vertrauensgrenzen.....	144
3.351	Vertrauensgrenzen zu $b_j$ .....	144
3.352	Vertrauensbereich zu zwei und mehr Regressionskoeffizienten.....	145
3.353	Vertrauensgrenzen zu $Y$ .....	146
3.36	Auswahl von Regressoren.....	146
3.37	Prüfen der Voraussetzungen.....	151
3.4	Nichtlineare Regression.....	153
3.41	Mittels Potenzen der unabhängigen Variablen.....	154
3.42	Mittels orthogonaler Polynome.....	160
3.43	Nichtlineare Regression im engeren Sinn.....	166
3.5	Spezialfälle.....	172
3.51	Periodische Regression.....	172
3.52	Mehrfaches Messen am selben Objekt.....	177
3.53	Regression mit Anteilen.....	181
3.54	Regression mit Anzahlen.....	186
4	<b>Kovarianzanalyse.....</b>	<b>190</b>
4.1	Vergleich von Regressionsgeraden.....	190
4.11	Zwei Geraden: Parallelität.....	191
4.12	Zwei Geraden: Abstand und relative Wirksamkeit.....	197

4.13	Nicht-parallele Geraden .....	201
4.14	Mehr als zwei Geraden: Parallelität .....	204
4.15	Mehr als zwei Geraden: Abstand .....	212
4.2	Einfache Varianzanalyse mit einer Kovariablen ....	213
4.3	Zweifache Varianzanalyse mit einer Kovariablen ..	219
<b>5</b>	<b>Das lineare Modell</b> .....	<b>229</b>
5.1	Lineares Modell, kleinste Quadrate und Likelihood .....	229
5.11	Formulierung des linearen Modelies .....	229
5.12	Formulierung mit Vektoren und Matrizen .....	230
5.13	Die Methode der kleinsten Quadrate .....	231
5.14	Ungleiche Genauigkeit der Messwerte .....	233
5.15	Kleinste Quadrate und Normalverteilung .....	234
5.16	Anteile und Anzahlen .....	235
5.2	Regression .....	241
5.21	Schätzen der Parameter .....	241
5.22	Schätzen von $\sigma^2$ und Varianzanalyse .....	244
5.23	Testen von Hypothesen für Gruppen von Regressionskoeffizienten .....	247
5.24	Orthogonale Polynome .....	249
5.3	Varianzanalyse .....	251
5.31	Schätzen von Parametern .....	252
5.32	Nebenbedingungen .....	255
5.33	Schätzen von $\sigma^2$ und Testen von Hypothesen .....	256
5.34	Einfache Varianzanalyse .....	258
5.35	Zweifache Varianzanalyse im ausgewogenen Fall..	259
5.36	Zweifache Varianzanalyse im nicht ausgewogenen Fall .....	261
5.37	Erwartungswerte von Summen von Quadraten . . .	264
5.4	Kovarianzanalyse .....	266

5.41	Das Modell .....	266
5.42	Einfache Varianzanalyse mit einer Kovariablen ....	267
5.43	Zweifache Varianzanalyse mit einer Kovariablen ..	269
<b>6</b>	<b>Tafeln</b> .....	<b>273</b>
I	Normale Verteilung .....	273
II	Verteilung von $\chi^2$ .....	274
III	Verteilung von $t$ .....	275
IV	Verteilung von $F$ .....	276
V	Orthogonale Polynome .....	282
<b>7</b>	<b>Verzeichnis der Beispiele</b> .....	<b>285</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>287</b>
<b>9</b>	<b>Namenregister</b> .....	<b>290</b>
<b>10</b>	<b>Sachregister</b> .....	<b>292</b>