

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen und historischer Überblick</b>	<b>1</b>
1.1	Überblick . . . . .	1
1.2	Modellelemente . . . . .	2
1.3	Inhaltsübersicht . . . . .	5
1.4	Modelltheoretische Einschränkungen . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Ein allgemeines Mittelwert- und Kovarianzstrukturmodell</b>	<b>11</b>
2.1	Grundelemente . . . . .	11
2.2	Mefrelationen . . . . .	11
2.3	Hierarchische Mittelwert- und Kovarianzstrukturen . . . . .	13
2.3.1	Hierarchieebenenstruktur . . . . .	13
2.3.2	Hierarchieschachtelungssystem . . . . .	14
2.3.3	Verteilungsspezifikation und multiplikative Momentenstruktur . . . . .	16
2.4	Parametrisierungen . . . . .	17
2.5	Reduzierte Form, Stichprobe und Likelihood . . . . .	18
2.5.1	Reduzierte Form . . . . .	18
2.5.2	Stichprobe und Likelihood . . . . .	20

<b>3</b>	<b>Spezialfälle des allgemeinen Modells</b>	<b>21</b>
3.1	Mittelwertstrukturmodelle . . . . .	21
3.1.1	Exogene simultane ökonometrische Gleichungssysteme mit zensierten und binären endogenen Variablen . . . . .	21
3.1.2	Potthoff-Roy's multivariate Varianzanalyse . . . . .	22
3.2	Kovarianzstrukturmodelle . . . . .	23
3.2.1	Faktorenanalyse erster Ordnung . . . . .	23
3.2.2	Faktorenanalyse zweiter Ordnung . . . . .	24
3.2.3	Varianzkomponentenanalyse . . . . .	24
3.2.4	Cattell's proportionale Profile . . . . .	25
3.2.5	Three-Mode-Faktorenanalyse . . . . .	27
3.2.6	Multitrait-Multimethod Faktorenanalyse . . . . .	28
3.2.7	Endogene simultane Gleichungssysteme (Kausalmodelle) . . . . .	29
3.2.8	Simplexmodelle . . . . .	30
3.2.9	Das LISREL-Modell . . . . .	31
3.2.10	McDonald's allgemeines Kovarianzstrukturmodell (COSAN) . . . . .	32
3.3	Gemischte Mittelwert- und Kovarianzstrukturmodelle . . . . .	33
3.3.1	Jöreskog's ACOVS Modell . . . . .	33
3.3.2	Muthén's verallgemeinertes LISREL Modell . . . . .	34
3.3.3	Bentler's Multistrukturmodell . . . . .	34

<b>4</b>	<b>Sequentielle Schätzung der Parameter der reduzierten Form</b>	<b>36</b>
4.1	Die Struktur des Schätzverfahrens . . . . .	36
4.1.1	Stufe 1: Marginale Maximum-Likelihood-Schätzung . . . . .	36
4.1.2	Stufe 2: Sequentielle marginale Maximum Likelihood Schätzung	37
4.1.3	Stufe 3: Kovarianzschätzer . . . . .	37
4.2	Asymptotische Eigenschaften des sequentiellen Schätzers . . . . .	38
4.2.1	Annahmen . . . . .	38
4.2.2	Beweis der starken Konsistenz des sequentiellen Verfahrens . . .	40
4.2.3	Beweis der asymptotischen Normalität des sequentiellen Verfahrens	41
4.2.4	Modifikationen für den fixen Regressorfall . . . . .	46
4.3	Marginale ML-Schätzung der Mittelwertstrukturparameter . . . . .	46
4.3.1	Metrische Meßrelationen . . . . .	47
4.3.2	Ordinale Meßrelationen . . . . .	47
4.3.3	Klassifiziert metrische Meßrelationen . . . . .	48
4.3.4	Einseitig zensierte Meßrelationen . . . . .	48
4.3.5	Zweiseitig zensierte Meßrelationen . . . . .	49
4.4	Sequentielle ML-Schätzung der Kovarianzstrukturparameter . . . . .	49
4.4.1	Die Struktur der Loglikelihoodfunktionselemente . . . . .	49
4.4.2	Die polychorische und polyseriale Korrelation als Spezialfall . . .	51
4.5	Anhang: Die numerische Berechnung des sequentiellen Schätzers . . . .	51
4.5.1	Die numerische Bestimmung der marginalen ML-Schätzer . . . .	51
4.5.2	Die numerische Bestimmung der polytobiserialen Korrelation . .	52
4.5.3	Hinweise zur Berechnung der asymptotischen Kovarianzmatrix .	55

<b>5</b>	<b>Verallgemeinerte kleinste Quadrateschätzung der Strukturparameter</b>	<b>57</b>
5.1	Iterative gewichtete kleinste Quadrateschätzung unter Restriktionen . . .	57
5.2	Asymptotische Eigenschaften der nichtlinearen iterativen kleinsten Quadrateschätzung . . . . .	58
5.2.1	Annahmen . . . . .	58
5.2.2	Starke Konsistenz . . . . .	59
5.2.3	Asymptotische Normalität . . . . .	60
5.2.4	Wald- und Lagrangemultiplikatorrest . . . . .	63
5.3	Iterative gewichtete kleinste Quadrateschätzung für hierarchische Mittelwert- und Kovarianzstrukturmodelle . . . . .	64
5.3.1	Strukturparameter und reduzierte Form . . . . .	64
5.3.2	Parametrisierungen und Parameterrestriktionen . . . . .	66
5.3.3	Numerische Bestimmung des nichtlinearen gewichteten kleinsten Quadrateschätzers unter Restriktionen . . . . .	68
<b>6</b>	<b>Simultane Analyse mehrerer Populationen</b>	<b>72</b>
6.1	Modellmodifikation und Schätzung . . . . .	72
6.2	Modelltheoretische Spezialfälle der simultanen Analyse mehrerer Populationen . . . . .	73
6.2.1	Die Analyse polynomialer Wachstumskurven . . . . .	73
6.2.2	Simultane Faktorenanalyse mehrerer Populationen . . . . .	74
<b>7</b>	<b>Schlußbemerkungen und ungelöste Probleme</b>	<b>77</b>

## ANHANG

<b>A</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheoretische Hilfssätze</b>	<b>79</b>
<b>B</b>	<b>Eindeutigkeit der Schätzung der Mittelwertparameter bei ordinalen Meßrelationen</b>	<b>83</b>
<b>C</b>	<b>Numerische Verfahren</b>	<b>86</b>
C.1	Optimierungsverfahren . . . . .	86
C.1.1	Regula Falsi . . . . .	87
C.1.2	Allgemeine Gradientenverfahren . . . . .	88
C.1.3	Gradientenverfahren für Likelihoodfunktionen . . . . .	89
C.1.4	Gauss-Newton Verfahren . . . . .	90
C.1.5	Straffunktionsverfahren . . . . .	91
C.2	Numerische Integrationsverfahren . . . . .	92
C.2.1	Univariate Standardnormalverteilung . . . . .	92
C.2.2	Bivariate Standardnormalverteilung . . . . .	93
C.3	Numerische Differentiation . . . . .	94
<b>D</b>	<b>Matrizendifferentiationsregeln</b>	<b>95</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>98</b>