

# Inhaltsverzeichnis

## 1. Kapitel: Übersicht. Von Jürgen Bredenkamp

1. Zur Prüfung sog. Kausalhypothesen . . . . .	1
2. Zum Problem der Validität des statistischen Schlusses . . . . .	14
3. Dynamische Modelle . . . . .	18

## 2. Kapitel: Planung und Auswertung von Experimenten. Von Willi Hager und Rainer Westermann

Vorbemerkungen . . . . .	24
1. Einleitung . . . . .	26
1.1 Einige Begriffsbestimmungen . . . . .	26
1.2 Das Experiment als Methode zur Prüfung von Kausalaussagen . . . . .	27
1.3 Die Validität eines Experiments . . . . .	29
2. Variablenvalidität (VV) . . . . .	33
2.1 Mangelnde Eindeutigkeit der Zuordnung als Störfaktor (VV) . . . . .	34
2.2 Mangelnde konzeptuelle Replikation als Störfaktor (VV) . . . . .	35
2.3 Mangelnde Entsprechung im Variationsbereich von theoretischen und empirischen Variablen als Störfaktor (VV) . . . . .	37
2.4 Zu geringes Skalenniveau als Störfaktor (VV) . . . . .	38
2.5 Konfundierung von theoretischen Begriffen als Störfaktor (VV) . . . . .	42
2.6 Zusammenfassung . . . . .	46
3. Interne Validität . . . . .	46
3.1 Variation personaler und situationaler Merkmale als Störfaktoren (IV) . . . . .	47

3.1.1 Variation situationaler Merkmale . . . . .	47
3.1.2 Variation personaler Merkmale . . . . .	48
3.2 Störfaktoren (IV) bei Meßwiederholung . . . . .	48
3.3 Zur Kontrolle der Störfaktoren (IV) bei interindividueller Bedingungs- variation . . . . .	50
3.3.1 Konstanzhaltung und Elimination . . . . .	51
3.3.2 Randomisierung . . . . .	52
3.3.3 Einführung eines Kontrollfaktors . . . . .	55
3.4 Zur Kontrolle der Störfaktoren (IV) bei intraindividuellem Bedingungs- variation (Meßwiederholung) . . . . .	56
3.5 Versuchspläne mit interindividueller Bedingungsvariation und Vortest . . . . .	58
3.6 Zur Definition des Experiments und anderer Untersuchungsmethoden . . . . .	59
4. Populations- und Situationsvalidität . . . . .	60
4.1 Populationsvalidität (PV) . . . . .	60
4.2 Situationsvalidität (SV) . . . . .	63
4.3 Zur Kontrolle der Störfaktoren (PV und SV) . . . . .	64
5. Beziehungen zwischen den Validitätsarten . . . . .	65
6. Statistische Validität . . . . .	67
7. Eine Strategie zur Entscheidung zwischen statistischen Hypothesen: Der Signifikanztest . . . . .	70
7.1 Überblick über verschiedene alternative Strategien . . . . .	70
7.2 Kurzer Abriss einiger Charakteristika von Signifikanztests . . . . .	73
7.3 Mögliche Fehler beim statistischen Testen . . . . .	76
7.3.1 Fehler unter Gültigkeit der Null-Hypothese (Fehler 1. Art) . . . . .	76
7.3.2 Fehler unter Gültigkeit der Alternativhypothese (Fehler 2. Art) . . . . .	78
7.4 Die Determinanten eines Signifikanztests . . . . .	81
7.4.1 Forschungs- und Publikationspraxis I: Signifikanzniveau und p-Werte . . . . .	83
7.4.2 Forschungs- und Publikationspraxis II: Experimentelle Effekte und Teststärke . . . . .	85
7.4.3 Forschungs- und Publikationspraxis III: Entwicklung einer vorläufigen Zielvorstellung . . . . .	86
7.5 Arten statistischer Hypothesen und ihre Prüfung . . . . .	88
7.5.1 Gerichtete und ungerichtete Hypothesen und ihre Prüfung . . . . .	88
7.5.2 Parametrische und nicht-parametrische Hypothesen und ihre Prüfung . . . . .	89
7.5.3 Zur Wahl zwischen parametrischen und nicht-parametrischen Verfahren . . . . .	91

7.5.3.1 Auswertung von Häufigkeitsdaten (Nominal-Niveau) . . . . .	92
7.5.3.2 Auswertung von Rangdaten (Ordinal-Niveau) . . . . .	93
7.5.3.3 Auswertung von Intervalldaten (Intervall-Niveau) . . . . .	94
7.5.4 Zur Frage der relativen Effizienz . . . . .	95
7.6 Zusammenfassung . . . . .	96
8. Störfaktoren der statistischen Validität und ihre Ausschaltung . . . . .	97
8.1 <i>Falsche statistische Hypothesen und Verfahren</i> . . . . .	97
8.1.1 Die wichtigsten Beziehungen zwischen psychologischen und statistischen Hypothesen . . . . .	97
8.1.2 Falsche Umsetzung der wissenschaftlichen in eine statistische Hypothese als Störfaktor (StatV) . . . . .	101
8.1.3 Falsche Auswahl der zu prüfenden statistischen Hypothese . . . . .	102
8.1.4 Falsche statistische Analyse . . . . .	102
8.2 <i>Verletzung der Annahmen bei statistischen Tests als Störfaktor (StatV)</i> . . . . .	103
8.2.1 Das Allgemeine Lineare Modell (ALM) und die Annahmen . . . . .	103
8.2.2 Additivität . . . . .	106
8.2.3 Normalverteilung der Modellresiduen (Fehler) . . . . .	108
8.2.4 Homogenität der Fehlervarianzen in den Populationen . . . . .	111
8.2.4.1 Zur Frage des Prüfverfahrens bei Varianzheterogenität . . . . .	113
8.2.4.2 Zur Bedeutung von Transformationen . . . . .	114
8.2.5 Unabhängigkeit der Fehlerterme . . . . .	115
8.2.5.1 Zur Residuenanalyse; Ausreißerwerte . . . . .	116
8.2.6 Problem der Zufallsstichproben . . . . .	119
8.3 <i>Kumulierung der Wahrscheinlichkeiten für Fehler erster und zweiter Art</i> . . . . .	120
8.3.1 Multiple Mittelwertvergleiche . . . . .	123
8.3.2 Monotone Trendhypothesen . . . . .	126
8.4 <i>Mangelnde Präzision</i> . . . . .	127
8.4.1 Parallelisierung als Kontrolltechnik (StatV) . . . . .	128
8.4.2 Kovarianzanalyse als Kontrolltechnik (StatV) . . . . .	130
8.4.3 Homogenisierung als Kontrolltechnik (StatV) . . . . .	131
8.4.4 Konstanthaltung und Elimination als Kontrolltechniken (StatV) . . . . .	131
8.4.5 Eingenistete Faktoren als Kontrolltechnik (StatV) . . . . .	132
8.4.6 Wiederholte Messungen als Kontrolltechnik (StatV) . . . . .	133
8.4.6.1 Analyse von Zeitreihen und Veränderungsmessungen . . . . .	136
8.4.6.2 Univariate und multivariate Analysen . . . . .	137
8.4.6.2.1 Exakte und approximative univariate Tests . . . . .	137
8.4.6.2.2 Multivariate Tests . . . . .	142
8.4.6.2.3 Nicht-parametrische Tests . . . . .	143
8.4.7 Zur Beziehung zwischen der Präzision und den anderen Aspekten der experimentellen Validität . . . . .	143

8.5 <i>Falsche Analyse und Interpretation statistischer Interaktionen</i> . . . . .	144
8.5.1 Das Konzept der statistischen Interaktion . . . . .	145
8.5.2 Definition verschiedener Typen der Interaktion . . . . .	148
8.5.2.1 Disordinale Interaktion . . . . .	149
8.5.2.2 Ordinale Interaktion . . . . .	150
8.5.2.3 Zur graphischen Darstellung von Interaktionen . . . . .	152
8.5.3 Ein Verfahren zur Unterscheidung zwischen den Interaktionstypen . . . . .	154
8.6 <i>Zusammenfassung</i> . . . . .	155
9. Maße der statistischen Assoziation: Die experimentellen Effekte . . . . .	157
9.1 <i>Einleitung</i> . . . . .	157
9.2 <i>Experimentelle Effekte und praktische Bedeutsamkeit</i> . . . . .	158
9.3 <i>Experimentelle Effekte bei parametrischen Hypothesen</i> . . . . .	158
9.3.1 Maße der Nicht-Zentralität: $\lambda$ , $\varphi^2$ und $f^2$ . . . . .	159
9.3.2 Korrelationskoeffizienten und -quotienten . . . . .	160
9.3.2.1 Populationsmaße: $\eta^2$ , $\omega^2$ und $R^2_{Y \cdot X}$ . . . . .	161
9.3.2.2 Stichprobenmaße: $\hat{R}^2_{Y \cdot X}$ , $E^2$ , $UI$ . . . . .	163
9.3.2.3 Korrekturformeln für $\hat{R}^2_{Y \cdot X}$ . . . . .	164
9.4 <i>Experimentelle Effekte bei nicht-parametrischen Hypothesen</i> . . . . .	166
9.4.1 Experimentelle Effekte bei ordinalen Daten . . . . .	166
9.4.2 Experimentelle Effekte bei nominalen Daten . . . . .	167
9.5 <i>Zur Kritik der Maße der statistischen Assoziation</i> . . . . .	168
9.6 <i>Zusammenfassung</i> . . . . .	169
10. Bestimmung des Stichprobenumfanges . . . . .	170
10.1 <i>Überblick</i> . . . . .	170
10.2 <i>Allgemeine Prinzipien der Stichprobengrößenbestimmung</i> . . . . .	172
10.3 <i>Bestimmung des Stichprobenumfanges bei univariaten Varianz- und Regressionsanalysen</i> . . . . .	174
10.3.1 Bei Kenntnis der Populationsvarianz $\sigma_e^2$ („Klassischer Ansatz“) . . . . .	174
10.3.2 Bei prä-experimenteller Schätzung der Varianz $\sigma_e^2$ („Two-Stage-Sampling“-Verfahren nach Stein und Rodger) . . . . .	175
10.3.3 Ohne Kenntnis der Populationsvarianz $\sigma_e^2$ . . . . .	177
10.3.3.1 Festlegung von $\varphi^2$ . . . . .	177
10.3.3.2 Festlegung von $f^2$ oder $R^2_{Y \cdot X}$ (Verfahren nach Cohen) . . . . .	177
10.4 <i>Hinweise zur Stichprobenumfangsbestimmung bei weiteren Gruppen von parametrischen Testverfahren</i> . . . . .	180
10.4.1 Varianzanalyse mit zufälligen und gemischten Effekten . . . . .	180
10.4.2 Nicht-orthogonale Varianzanalysen . . . . .	181
10.4.3 Multivariate Varianz- und Regressionsanalysen . . . . .	182

10.5 Hinweise zur Stichprobenumfangsbestimmung bei nicht-parametrischen Verfahren . . . . .	183
10.5.1 Nominale Daten . . . . .	183
10.5.2 Ordinale Daten . . . . .	183
10.6 Abschließende Bemerkungen zur Stichprobengrößenbestimmung . . . . .	184
11. Eine Strategie zur Entscheidung über wissenschaftliche Hypothesen mittels Signifikanztests . . . . .	185
11.1 Stadium der Planung des Experiments . . . . .	185
11.1.1 Überblick . . . . .	185
11.1.2 Zur Festlegung der beiden Fehlerwahrscheinlichkeiten . . . . .	186
11.1.3 Zur Festlegung des experimentellen Mindesteffektes EEM . . . . .	188
11.1.4 Zur Frage der Willkür bei der Planung von Experimenten . . . . .	188
11.2 Stadium der Entscheidung über die Kausalhypothese . . . . .	188

### 3. Kapitel: Messung, Analyse und Prognose von Veränderungen. Von Claus Möbus und Willi Nagl

1. Einleitung . . . . .	239
2. Univariate Zeitreihenanalyse . . . . .	243
2.1 Integrierte Prozesse der Ordnung $d$ : $ARIMA(0,d,0)$ -Modelle . . . . .	246
2.2 Autoregressive Prozesse der Ordnung $p$ : $ARIMA(p,0,0)$ und $ARIMA(p,d,0)$ -Modelle . . . . .	248
2.3 Moving-average Prozesse der Ordnung $q$ : $ARIMA(0,0,q)$ -Modelle . . . . .	251
2.4 Das allgemeine $ARIMA(p,d,q)$ -Modell . . . . .	253
2.5 Autokorrelations- und partielle Autokorrelationsfunktion . . . . .	256
2.6 Saisonale Einflüsse . . . . .	263
2.7 Modellidentifikation . . . . .	264
2.8 Multiple Zeitreihenanalyse: Transferfunktionsmodelle . . . . .	268
2.9 Multivariate Zeitreihenanalyse . . . . .	279
2.10 Multiple und multivariate Transfermodelle . . . . .	282
2.10.1 Multiple Transfermodelle . . . . .	282
2.10.2 Multivariate Transfermodelle . . . . .	283
3. Zeitreihenexperimente . . . . .	284
3.1 $N = 1$ -Experimente . . . . .	285
3.1.1 Verteilungsfreie Prüfmethoden: Randomisierungs- bzw. Permutations-tests . . . . .	287

3.1.2 Verteilungsgebundene Prüfverfahren: Lineares Modell . . . . .	293
3.1.3 Verteilungsgebundene Prüfverfahren: Interventionsanalyse mit dem Transfermodell von Box & Tiao (1975) . . . . .	304
3.2 $N > 1$ Quasiexperimentelle Zeitreihendesigns ( <i>univariater Fall für eine     Gruppe</i> ) . . . . .	315
3.2.1 $N > T, M = 1, G = 1$ . . . . .	315
3.2.2 $G > 1$ Quasiexperimentelle Zeitreihendesigns bei mehreren Gruppen	327
3.2.3 $M > 1$ Quasiexperimentelle Zeitreihendesigns mit mehreren abhängi- gen Variablen . . . . .	327
4. Veränderungsmessung mit Hilfe von Differenzenwerten . . . . .	328
4.1 Korrelation zwischen Anfangswert und Differenzwert . . . . .	329
4.2 Schätzung individueller Veränderungswerte . . . . .	330
4.3 Der Differenz- bzw. Endwert in der Regressionsanalyse . . . . .	333
4.4 Kovarianz- bzw. Regressionsmodell bei zeitbezogenen Daten . . . . .	338
4.5 Reliabilität — Stabilität . . . . .	343
5. Wachstumskurven- und Varianzanalyse . . . . .	344
5.1 Der Eingruppenfall . . . . .	344
5.1.1 Der „wiederholte Messungen“-Ansatz ( $T \geq 2, G = 1, N > 1$ ) . . . . .	344
5.1.2 Zur Identifikation und Interpretation der Effektparameter . . . . .	349
5.2 Berücksichtigung von gruppenspezifischen Faktoren . . . . .	357
5.3 Schätzung des Modells . . . . .	364
5.4 Hypothesentests . . . . .	366
5.5 Mehrfachantwort (echt multivariate) -Analyse . . . . .	369
6. Pooling von „Querschnitt“ — mit „Zeitreihen“-Analyse . . . . .	370
6.1 Modellüberlegungen . . . . .	370
6.2 Schätzprobleme . . . . .	375
7. Strukturgleichungsmodelle . . . . .	375
7.1 Kovarianz- und korrelationsorientierte Analysen von Zeitreihen von Quer- schnitten: Stabilität von Konstrukten . . . . .	376
7.2 Wachstumskurvenanalyse als Strukturgleichungsmodell . . . . .	381
7.3 Erwartungswertorientierte Analysen von Zeitreihen von Querschnitten: Zeit- bezogene Hypothesen für diskrete Zeitpunkte . . . . .	384
7.4 Erwartungswertorientierte Analysen von Zeitreihen von Querschnitten: Schereneffekte bei Mittelwertsverläufen auf latenten Variablen . . . . .	390
8. Markoff-Modelle für qualitative Variable bei diskreter Zeit . . . . .	395
8.1 Markoffketten 1. Ordnung mit einer Variablen . . . . .	401
8.2 Markoffketten 2. Ordnung (1 Variable) . . . . .	407

8.3 Markoffketten mit mehreren Variablen . . . . .	409
8.4 Schätzung der Übergangswahrscheinlichkeiten . . . . .	410
8.4.1 bei Zeitinhomogenität . . . . .	411
8.4.2 bei Zeithomogenität . . . . .	411
8.5 Tests . . . . .	412
8.6 Spezielle Probleme und Lösungen bei der Anwendung von Markoffketten	412
8.7 Einführung unabhängiger Variablen . . . . .	415
8.7.1 Subgruppenmodelle . . . . .	415
8.7.2 Übergangswahrscheinlichkeiten als Funktionen von unabhängigen Variablen . . . . .	415
8.7.3 Interaktive Markoffketten . . . . .	416
8.8 Einführung latenter Klassen . . . . .	416
8.8.1 Mover-Stayer-Modell . . . . .	416
8.8.2 Generelles Modell latenter Zustände . . . . .	417
8.9 Weitere Modelle: zeitkontinuierliche Markoffprozesse . . . . .	417
9. Multivariate „Zeitreihen“- und Panelanalyse mit zeitkontinuierlichen Modellen . . . . .	419
9.1 „Zeitreihenanalyse“ ( $N = 1, T \gg M, M > 1$ ) . . . . .	419
9.1.1 Stochastische Systeme . . . . .	430
9.1.2 Diskrete Approximation des stochastischen zeitkontinuierlichen Modells . . . . .	433
9.1.3 Identifikation und Schätzung des zeitkontinuierlichen Systems . . . . .	436
9.2 Panelanalyse ( <i>repeated-measurements</i> ) ( $N > M, T \geq 2, M > 1$ ) . . . . .	443
9.2.1 Zeitkontinuierliches Modell . . . . .	443
9.2.2 Diskrete Approximation des stochastischen zeitkontinuierlichen Panelmodells mit LISREL . . . . .	449
9.2.3 Identifikation und Schätzung der zeitkontinuierlichen Panelmodelle	450
10. Schlußbemerkungen . . . . .	452

## 4. Kapitel: Statistische Entscheidungstheorie und Bayes-Statistik. Von Dirk Wendt

1. Einleitung: Problemstellung . . . . .	471
1.1 Exkurs über Meßtheorie und Skalierung . . . . .	472
1.2 Schema des Erkenntnisgewinns in einer empirischen Wissenschaft . . . . .	474
2. Klassische Statistik . . . . .	476
2.1 Vorgehensweise der klassischen Statistik . . . . .	476

2.2 Eigenschaften klassischer Tests . . . . .	484
2.3 Zur Frage der Stichprobengröße . . . . .	486
2.4 Zur Effektstärke . . . . .	490
2.5 Zusammenfassung des klassischen Signifikanztests . . . . .	491
3. Sequentielle Testverfahren . . . . .	494
4. Likelihood-Quotienten-Test . . . . .	499
5. Bayes-Statistik . . . . .	500
5.1 Vorgehensweise der Bayes-Statistik . . . . .	500
5.2 Robustheit der Schätzung ( <i>principle of stable estimation</i> ) . . . . .	501
5.3 Vergleich mit der klassischen Statistik . . . . .	503
5.4 Integration von Daten aus verschiedenen Quellen . . . . .	504
6. Parameter-Schätzung . . . . .	505
6.1 Lösung der kleinsten Quadrate . . . . .	505
6.2 Maximum-Likelihood-Schätzung . . . . .	506
6.3 Konjugierte Verteilungen . . . . .	507
6.4 Das Principle of Stable Estimation bei der Parameterschätzung . . . . .	507
7. Die Erhebung von a-priori-Wahrscheinlichkeiten . . . . .	507
8. Die Bewertung der Ausgänge von Entscheidungen . . . . .	510
8.1 Bewertung multiattributiver Ausgänge . . . . .	515
9. Entscheidungskriterien . . . . .	519
10. Schlußbemerkung . . . . .	523

## 5. Kapitel: Computer-Simulation. Von Hans Ueckert

1. Einleitung . . . . .	530
2. Das Paradigma der Computer-Simulation in der Psychologie . . . . .	533
2.1 Zur Klassifikation von Simulationsmodellen . . . . .	533
2.2 Programmbeispiel: „Simple Concept Attainment“ . . . . .	536
2.2.1 Flußdiagrammdarstellung . . . . .	536
2.2.2 Das Hauptprogramm (Versuchsablaufprogramm) . . . . .	538
2.2.3 Zur „Binnenstruktur“ der Informationsverarbeitung . . . . .	542
2.2.4 Die Modellvarianten . . . . .	544
2.2.5 Abschließende Funktionsdefinitionen . . . . .	547

2.3 <i>Diskussion des Programmbeispiels</i> . . . . .	549
2.3.1 Modellcharakteristika . . . . .	549
2.3.2 Nicht-numerisches Programmieren . . . . .	550
2.3.3 „Listenverarbeitung“ . . . . .	551
2.3.4 Modulares Programmieren . . . . .	554
3. Simulationsmodelle und psychologische Theorienbildung . . . . .	555
3.1 <i>Empirische Grundlagen psychologischer Simulationsmodelle</i> . . . . .	556
3.1.1 Methoden der Datengewinnung . . . . .	556
3.1.2 Möglichkeiten der Datenauswertung . . . . .	558
3.2 <i>Informationelle Produktionssysteme</i> . . . . .	563
3.2.1 Die Modellarchitektur von Produktionssystemen . . . . .	564
3.2.2 Beispiel eines Produktionssystems als Simulationsmodell . . . . .	565
3.2.3 Transparenz und Abbildtreue von Produktionssystemen . . . . .	573
3.3 <i>Das Interpretierproblem von Produktionssystemen</i> . . . . .	575
3.3.1 Lesarten von Produktionsregeln . . . . .	576
3.3.2 Konfliktlösungsstrategien („conflict resolution“) . . . . .	577
3.3.3 Adaptivität (Lernfähigkeit) von Produktionssystemen . . . . .	578
3.3.4 „Bewußtseinsfunktionen“ des Interpreters . . . . .	579
3.4 <i>„Künstliche Intelligenz“ oder: Wie man dem Rechner das Rechnen beibringen kann</i> . . . . .	580
4. Validierung und Anwendbarkeit von Simulationsmodellen . . . . .	587
4.1 <i>Wirklichkeitsbezug und Modellrelationen</i> . . . . .	588
4.1.1 Modellbildung als homomorphe Abbildung . . . . .	588
4.1.2 Grundprobleme der Modellrelationen . . . . .	589
4.1.3 Kommutatives Diagramm . . . . .	591
4.2 <i>Das Eindeigkeitstheorem von Anderson</i> . . . . .	593
4.3 <i>Empirische Tests von Simulationsmodellen</i> . . . . .	595
4.3.1 Turing-Test . . . . .	596
4.3.2 Protokoll-Trace-Vergleich . . . . .	597
4.4 <i>Nicht-Falsifizierbarkeit von KI-Systemen</i> . . . . .	598
4.4.1 Der strukturalistische Theoriebegriff . . . . .	599
4.4.2 Die logische Komponente der Theorie der Informationsverarbeitung . . . . .	601
4.4.3 Die empirische Komponente der Theorie der Informationsverarbeitung . . . . .	607
4.4.4 Der instrumentelle Gebrauch der Theorie der Informationsverarbeitung . . . . .	609
5. Kommentiertes Literaturverzeichnis . . . . .	610

Autoren-Register . . . . .	617
Sach-Register . . . . .	630