

# Inhalt

Vorwort . . . . .	9
<b>1 Versuchsplanung in Abhängigkeit von Problemstellung und Hypothesenformulierung . . . . .</b>	<b>11</b>
1.1 Problemstellung . . . . .	13
1.1.1 Zur Entdeckung von Problemen . . . . .	13
1.1.2 Problemformulierung . . . . .	15
1.1.3 Heuristiken zur Lösung von Problemen . . . . .	16
1.2 Hypothesen . . . . .	18
1.2.1 Zum Status von Hypothesen . . . . .	18
1.2.2 Kriterien für wissenschaftliche Hypothesen . . . . .	21
1.2.2.1 Logische Korrektheit . . . . .	22
1.2.2.2 Begründung bzw. Kompatibilität mit bisherigem Wissen . . . . .	23
1.2.2.3 Überprüfbarkeit . . . . .	23
1.3 Grundbegriffe experimenteller Versuchsplanung . . . . .	31
1.3.1 Zur experimentellen Vorgehensweise . . . . .	31
1.3.2 Experimentelle Kontrolle . . . . .	34
1.3.3 Zur Überprüfung statistischer Hypothesen . . . . .	37
1.4 Ein Beispiel . . . . .	41
1.4.1 Zur Problemstellung . . . . .	42
1.4.2 Zur Übersetzung der Hypothese . . . . .	46
<b>2 Das Allgemeine Lineare Modell (ALM) . . . . .</b>	<b>51</b>
2.1 Verhalten und Einflußgrößen im statistischen Modell . . . . .	51
2.2 Großmutter's Geburtstagsfeier und das lineare Modell . . . . .	57
2.3 Eigenschaften des allgemeinen linearen Modells . . . . .	60
2.4 Zur formalen Äquivalenz von Varianz- und einfacher Regressionsanalyse . . . . .	65
2.4.1 Signifikanzprüfung für den t-Test . . . . .	68
2.4.2 Signifikanzprüfung für $\beta$ -Regressionskoeffizienten . . . . .	68
<b>3 Bausteine der Versuchspläne . . . . .</b>	<b>70</b>
3.1 Versuchspläne – ein Überblick . . . . .	70
3.2 Faktoren . . . . .	79
3.2.1 Faktorentypen . . . . .	79
3.2.2 Fixed- und Random-Faktoren . . . . .	83
3.3 Das Layout eines Versuchsplans . . . . .	88
3.3.1 Faktorielle Versuchspläne . . . . .	89

3.3.2	Hierarchische Versuchspläne . . . . .	90
3.3.3	Komplexe Versuchspläne . . . . .	91
3.3.4	Bedingung, Behandlung und Zelle . . . . .	94
3.4	Zur Klassifikation von Versuchsplänen . . . . .	96
3.5	Die Bildung von Summen . . . . .	99

<b>4</b>	<b>Einfaktorielle Versuchspläne . . . . .</b>	<b>104</b>
4.1	Vorüberlegungen . . . . .	104
4.2	Parameterschätzung im Versuchsplan A . . . . .	109
4.2.1	Das Score-Erwartungsmodell . . . . .	109
4.2.2	Praktische Bestimmungsgleichungen für den Versuchsplan $A_f$ . . . . .	111
4.2.3	Theoretische Bestimmungsgleichungen für den Versuchsplan $A_f$ . . . . .	112
4.2.4	Praktische Bestimmungsgleichungen für den Versuchsplan $A_r$ . . . . .	113
4.2.5	Theoretische Bestimmungsgleichungen für den Versuchsplan $A_r$ . . . . .	114
4.3	Signifikanzprüfung im Versuchsplan A . . . . .	116
4.3.1	Effektvarianz im Fixed-Modell $A_f$ . . . . .	120
4.3.2	Effektvarianz im Random-Modell $A_r$ . . . . .	123
4.3.3	Vergleich von Fixed- und Random-Modell . . . . .	123
4.4	Quadratsummen und mittlere Quadrate – ihre Berechnung . . . . .	125
4.4.1	Das erweiterte symbolische Produkt . . . . .	126
4.4.2	Varianzanalyse für den Versuchsplan A . . . . .	128
4.4.3	Exkurs: Zum Konzept der Freiheitsgrade . . . . .	130

<b>5</b>	<b>Konstruktion komplexer Versuchspläne . . . . .</b>	<b>132</b>
5.1	Versuchsplan-Strukturen . . . . .	133
5.1.1	Versuchsbedingungen und experimentelle Einheiten . . . . .	134
5.2	Faktoren – Relationen – Matrix . . . . .	135
5.3	Allgemeines Konstruktionsverfahren . . . . .	139
5.4	Spezielle unvollständige Versuchspläne . . . . .	147
5.5	Praktische Bestimmungsgleichungen . . . . .	152

<b>6</b>	<b>Statistische Analyse faktorieller komplexer Versuchspläne . . . . .</b>	<b>155</b>
6.1	Der Versuchsplan $A \times B$ . . . . .	157
6.1.1	Theoretische Bestimmungsgleichungen im Fixed-Modell . . . . .	159
6.1.2	Varianzkomponenten-Gleichungen im Fixed-Modell . . . . .	161
6.1.3	Varianzkomponenten-Gleichungen im Random-Modell . . . . .	166
6.1.4	Varianzkomponenten-Gleichungen im Mixed-Modell . . . . .	169
6.2	Numerisches Beispiel für den $A \times B$ Versuchsplan . . . . .	172
6.2.1	Die Quadratsummen . . . . .	174
6.2.2	Freiheitsgrade und mittlere Quadratsummen . . . . .	175

6.2.3	Varianzanalyse für den Versuchsplan $A \times B$	176
6.3	Varianzkomponenten-Gleichungen in komplexen Versuchsplänen	178
6.3.1	Das Schnellverfahren nach <i>Lee</i>	178
6.3.2	Versuchsplan $S(A) \times B$	180
6.3.3	Versuchsplan $S \times A \times B$	184
6.3.4	Varianzanalyse der Versuchspläne $S \times A \times B$ und $S(A) \times B$	185
<b>7</b>	<b>Interaktionen</b>	<b>192</b>
7.1	Geometrische Interpretation von Interaktionen	192
7.2	Statistische Analyse der Interaktion	197
7.2.1	Algebraische Interpretation der Interaktionen	197
7.2.2	Beispiel zur Analyse einfacher Haupteffekte	202
7.2.3	Ordinale und Disordinale Interaktionen	204
7.3	Meßtheoretische Aspekte von Datentransformationen	205
7.3.1	Effizienz in einem $S \times A$ Versuchsplan	206
7.3.2	„Zulässige“ Transformationen	209
<b>8</b>	<b>Sensitivitätsanalyse experimenteller Versuchspläne</b>	<b>214</b>
8.1	Überlegungen zum Power-Konzept	216
8.1.1	Am Beispiel der Normalverteilung	216
8.1.2	Powerkonzept am Beispiel der Binomialverteilung	221
8.1.3	Die nonzentrale Prüfverteilung $F'$ für Fixed-Effekte	223
8.1.4	Die zentrale Prüfverteilung $F$ für Random-Effekte	226
8.2	Poweranalyse	228
8.2.1	Typen der Poweranalyse	229
8.2.2	Operationalisierung der Effektgröße $f$	231
8.2.3	Poweranalyse Typ I für Fixed-Effekte	233
8.2.4	Schätzung der Varianzkomponenten	235
8.2.5	Poweranalyse Typ II für Fixed-Effekte	239
8.2.6	Poweranalyse Typ II für Random-Effekte	241
8.2.7	Poweranalyse Typ II im Mixed-Versuchsplan	243
8.2.8	EDV-Programm zur Poweranalyse	248
8.3	Versuchsplanung: Die Anzahl der experimentellen Einheiten	253
8.4	Wirkungsmaße der praktischen Signifikanz	253
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>259</b>