

# Inhalt

	Vorwort	1
1	Einführung	2
2	Planung von Versuchen und Erhebungen und Beschreibung einfacher Anlagen	7
2.1	Grundbegriffe	7
2.2	Einführung in die Prinzipien der Versuchsplanung	9
2.3	Mehrfache Messungen, das Prinzip der Wiederholung	12
2.4	Schichtung und Blockbildung zur Eliminierung der Effekte von Störfaktoren	13
2.4.1	Grundbegriffe	13
2.4.2	Prinzipien der Blockbildung und Schichtung	15
2.5	Randomisierung	19
2.5.1	Randomisierung bei Erhebungen - Zufallsauswahl	19
2.5.2	Randomisierung in Versuchsanlagen - zufällige Zuordnung	23
2.6	Blockanlagen	25
2.6.1	Grundbegriffe	25
2.6.2	Vollständig balancierte unvollständige Blockanlagen	27
2.7	Faktorielle Pläne	29
2.8	Optimale Wahl des Untersuchungsumfanges	31
3	Planung und Auswertung vollständig randomisierter Versuchsanlagen	32
3.1	Punktschätzung von Parametern	34
3.1.1	Punktschätzung der Parameter einer Normalverteilung	38
3.1.2	Punktschätzung des Parameters $p$ einer Binomialverteilung	40
3.1.3	Punktschätzung bei Erhebungen	41
3.2	Intervallschätzung	46
3.2.1	Konfidenzintervalle für die Parameter einer Verteilung	47
3.2.1.1	Konfidenzintervalle für den Erwartungswert einer Normalverteilung	47
3.2.1.2	Konfidenzintervalle für den Erwartungswert einer Normalverteilung bei Einfluss eines Störfaktors	53
3.2.1.3	Konfidenzintervalle für Mittelwert und Summe aus Erhebungen	56
3.2.1.4	Konfidenzintervall für die Varianz einer Normalverteilung	56
3.2.1.5	Konfidenzintervalle für Wahrscheinlichkeiten	58
3.2.2	Konfidenzintervalle für die Differenz der Erwartungswerte zweier Normalverteilungen	62
3.2.2.1	Mittelwertdifferenzen von Normalverteilungen - gepaarte Beobachtungen	62
3.2.2.2	Mittelwertdifferenzen von Normalverteilungen - zwei unabhängige Stichproben	64
3.3	Auswahlverfahren	68
3.4	Hypothesenprüfung	72
3.4.1	Prüfung von Hypothesen über den Mittelwert einer Normalverteilung	76
3.4.2	Prüfung von Hypothesen über die Mittelwertdifferenz zweier Normalverteilungen	80
3.4.2.1	Gepaarte Beobachtungen	80
3.4.2.2	Unabhängige Stichproben	81
3.4.3	Vergleich der Varianzen zweier Normalverteilungen	88
3.4.4	Vergleich zweier Wahrscheinlichkeiten bei unabhängigen Stichproben	92

3.4.5	Äquivalenztests	98
4.	Varianzanalyse	100
4.1	Einfache Varianzanalyse	101
4.1.1	Einfache Varianzanalyse-Modell I	101
4.1.2	Einfache Varianzanalyse-Modell II	106
4.2	Zweifache Varianzanalyse	109
4.2.1	Zweifache Varianzanalyse - Kreuzklassifikation	109
4.2.1.1	Zweifache Varianzanalyse - Kreuzklassifikation - Modell I	111
4.2.1.2	Zweifache Varianzanalyse - Kreuzklassifikation - Modell II	115
4.2.1.3	Zweifache Varianzanalyse - Kreuzklassifikation - gemischtes Modell	119
4.2.1.4	Zweifache Varianzanalyse - Kreuzklassifikation - Blockanlagen	122
4.2.2	Zweifache Varianzanalyse - Hierarchische Klassifikation	125
4.2.2.1	Zweifache Varianzanalyse - Hierarchische Klassifikation - Modell I	128
4.2.2.2	Zweifache Varianzanalyse - Hierarchische Klassifikation - Modell II	132
4.2.2.3	Zweifache Varianzanalyse - Hierarchische Klassifikation - gemischtes Modell, A fest und B zufällig	135
4.2.2.4	Zweifache Varianzanalyse - Hierarchische Klassifikation - gemischtes Modell, B fest und A zufällig	135
4.2.3	Hinweise zur Bearbeitung höherer Klassifikationen	136
4.3	Multiple Mittelwertvergleiche	137
4.3.1	Paarweise Mittelwertvergleiche zwischen $k$ Grundgesamtheiten	139
4.3.1.1	Multipler $t$ -Test	140
4.3.1.2	Tukey-Test	143
4.3.2	Multiple Vergleiche mit einer Standardgrundgesamtheit	144
4.3.2.1	Multipler $t$ -Test	145
4.3.2.2	Dunnnett-Test	146
4.3.3	Übersicht über minimale Stichprobenumfänge	147
5.	Regressionsanalyse	148
5.1	Punktwolken	149
5.2	Modell I und Modell II der Regressionsanalyse	152
5.3	Parameterschätzung mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate	154
5.4	Einfache lineare Regression	159
5.4.1	Konfidenzintervalle	160
5.4.2	Optimale Versuchspläne für Modell I	166
5.4.3	Hypothesenprüfung	169
5.4.4	Spezielle Probleme bei Modell II	173
5.5	Mehrfache lineare Regression	176
5.5.1	Parameterschätzung	177
5.5.2	Konfidenzintervalle und Tests	182
5.5.3	Spezielle Probleme bei Modell II	184
5.5.4	Optimale Versuchspläne für Modell I	186
5.6	Einfache polynomiale Regression	186
5.7	Mehrfache quadratische Regression	190
5.8	Eigentlich nichtlineare Regression	199
6.	Theoretische Voraussetzungen und deren praktische Bedeutung - Robustheit von Verfahren	205

	Anhang A Symbolik	207
	Anhang B Vorausgesetzte Grundkenntnisse der Statistik	210
B.1	Beschreibende Statistik	210
B.1.1	Grundgesamtheit	210
B.1.2	Populationsmittel und -varianz	210
B.1.3	Grafische Beschreibung	212
B.1.4	Faustregel	214
B.2	Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten	214
B.2.1	Einleitung	214
B.2.2	Rechnen mit Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten	215
B.2.2.1	Eigenschaften relativer Häufigkeiten	215
B.2.2.2	Wahrscheinlichkeiten	218
B.2.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	219
B.2.3.1	Definitionen	219
B.2.3.2	Quantile	225
B.2.4	Der Erwartungswert	228
B.2.5	Die Varianz	230
B.2.6	Die Kovarianz	232
B.3	Stichprobenverteilungen	234
B.3.1	Das Stichprobenmittel $\bar{x}$	234
B.3.2	Die Stichprobenvarianz $s^2$	237
	Anhang C Matrizen	239
	Tabellen	244
Tabelle A1	$P$ -Quantile der $t$ -Verteilung mit $f$ Freiheitsgraden (für $f = \infty$ , $P$ -Quantile der Standardnormalverteilung)	244
Tabelle A2	$P$ -Quantile der $\chi^2$ -Verteilung	245
Tabelle A3	95%-Quantile der $F$ -Verteilung	247
Tabelle A4	95%-Quantile der studentisierten Spannweite	249
Tabelle A5	95%-Quantile für den zweiseitigen Dunnett-Test in einer optimalen Anlage	251
Tabelle A6	95%-Quantile für den zweiseitigen Dunnett-Test in einer balancierten Anlage	253
	Literatur	255
	Sachwortverzeichnis	258