

# Inhaltsverzeichnis

1.	Biometrie und Agrarforschung .....	11
1.1.	Die induktive Methode in der empirischen Forschung .....	11
1.2.	Modell und Realität .....	13
1.3.	Zufälligkeit von Erscheinungen als spezielle Form der Gesetzmäßigkeit .....	13
1.4.	Kurzer Überblick über die Geschichte der Biometrie .....	15
2.	Bedeutung der Sicherheit von Forschungsergebnissen für die sozialistische Landwirtschaft .....	17
2.1.	Faktoren der Sicherheit von Forschungsergebnissen .....	17
2.2.	Erste Bemerkungen zur Präzisierung der Versuchsfrage .....	17
2.3.	Wahl des Modells und des Auswertungsverfahrens .....	18
2.4.	Interpretation der Ergebnisse .....	19
3.	Beschreibende Statistik .....	20
3.1.	Merkmale, ihre Erfassung und Darstellung .....	20
3.1.1.	Einteilung der empirischen Merkmale .....	21
3.1.2.	Erfassung, Aufbereitung und graphische Darstellung qualitativer Merkmale .....	22
3.1.2.1.	Alternativmerkmale .....	23
3.1.2.2.	Merkmale mit mehreren qualitativen Ausprägungen .....	24
3.1.3.	Erfassung, Aufbereitung und graphische Darstellung quantitativer Merkmale .....	26
3.2.	Typen empirischer Verteilungen .....	37
3.3.	Maßzahlen .....	38
3.3.1.	Mittelwerte .....	39
3.3.1.1.	Arithmetisches Mittel .....	40
3.3.1.2.	Median .....	42
3.3.1.3.	Modalwert .....	44
3.3.1.4.	Geometrisches Mittel .....	44
3.3.1.5.	Harmonisches Mittel .....	45
3.3.2.	Quantile .....	47
3.3.3.	Streuungsmaße, Schiefe und Exzeß .....	49
3.3.3.1.	Spannweite .....	49
3.3.3.2.	Varianz .....	50
3.3.3.3.	Standardabweichung .....	51
3.3.3.4.	Variationskoeffizient .....	53
3.3.3.5.	Kovarianz .....	53
3.3.3.6.	Schiefheitsmaß und Exzeßmaß .....	55

4.	Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung .....	56
4.1.	Rechnen mit relativen Häufigkeiten .....	56
4.2.	Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten .....	59
4.3.	Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....	62
4.3.1.	Diskrete Zufallsvariable – Binomial- und Poissonverteilung .....	63
4.3.2.	Kontinuierliche Zufallsvariable – Normalverteilung .....	65
4.4.	Quantile, Erwartungswert und Varianz von Verteilungen .....	69
4.5.	Mehrdimensionale Zufallsvariable .....	72
5.	Einführung in die Schlußweisen der Mathematischen Statistik .....	74
5.1.	Grundgesamtheit und Stichprobe .....	74
5.1.1.	Allgemeine Definition .....	74
5.1.2.	Simulierte Stichproben aus einer theoretischen Grundgesamtheit .....	77
5.2.	Statistische Schätzverfahren .....	81
5.3.	Statistische Tests .....	92
5.3.1.	Der $\chi^2$ -Anpassungstest zum Vergleich einer empirischen mit einer theoretischen Verteilung .....	97
5.3.2.	Prüfen von Hypothesen über Mittelwerte und Varianzen von Normalverteilungen .....	99
5.3.2.1.	Einstichprobenproblem .....	100
5.3.2.2.	Zweistichprobenproblem – unabhängige Stichproben .....	103
5.3.2.3.	Zweistichprobenproblem – abhängige Stichproben .....	107
5.4.	Mehrentscheidungsverfahren .....	108
5.4.1.	Auswahlverfahren .....	108
5.4.1.1.	Auswahl der Grundgesamtheit mit dem größten Erwartungswert .....	111
5.4.1.2.	Auswahl der Grundgesamtheit mit der kleinsten Varianz .....	112
5.4.1.3.	Auswahl der Grundgesamtheit mit der größten Wahrscheinlichkeit für ein (erwünschtes) Ereignis .....	112
5.4.2.	Multiple VergleichsprozEDUREN (multiple Mittelwertvergleiche) .....	113
5.4.2.1.	Varianzschätzung für multiple VergleichsprozEDUREN und Planung des Versuchsumfanges .....	115
5.4.2.2.	Prozeduren zum paarweisen Vergleich von Mittelwerten (multiple <i>t</i> -Prozedur, Tukey-Prozedur) .....	116
5.4.2.3.	Prozeduren zum paarweisen Vergleich mit einem Standard (multiple <i>t</i> -Prozedur, Dunnett-Prozedur) .....	119
5.4.2.4.	Prozeduren zum paarweisen Vergleich mit dem Versuchsmittel (multiple <i>t</i> -Prozedur, Maximum-Modulus-Prozedur) .....	121
5.4.2.5.	Abschließende Betrachtungen .....	123
6.	Grundbegriffe der Versuchsplanung .....	125
6.1.	Stellung des Versuches im Erkenntnisprozeß .....	125
6.2.	Gegenstand der statistischen Versuchsplanung .....	125
6.2.1.	Präzisierung der Versuchsfrage .....	126
6.2.1.1.	Versuchsfrage im engeren Sinne .....	126
6.2.1.2.	Vorgabe der Genauigkeit .....	127

6.2.1.3.	Festlegen des Aussagebereichs eines Versuches .....	131
6.2.2.	Wahl des statistischen Modells .....	132
6.2.3.	Konstruktion und Auswahl der Versuchsanlage .....	135
6.3.	Stichprobenverfahren .....	137
6.3.1.	Uneingeschränkte Zufallsauswahl .....	137
6.3.2.	Systematische Zufallsauswahl .....	138
6.3.3.	Geschichtete Stichproben (Stratifizierung) .....	139
6.3.4.	Beispiel zu den Verfahren der Stichprobennahme .....	140
7.	Versuchsanlagen .....	143
7.1.	Bedeutung von Versuchsanlagen .....	143
7.2.	Blockbildung .....	145
7.3.	Auswahl der Versuchsanlage .....	148
7.4.	Spezielle Versuchsanlagen .....	150
7.4.1.	Vollständig randomisierte Versuchsanlagen (einfache Versuchsanlage) .....	150
7.4.2.	Versuche mit einfacher Blockbildung .....	151
7.4.2.1.	Versuche in vollständigen Blocks .....	151
7.4.2.2.	Versuche in unvollständigen Blocks .....	152
7.4.3.	Zweifache Blockbildung .....	155
7.5.	Faktorielle Versuche .....	155
7.5.1.	Spaltanlagen .....	156
7.5.2.	Streifenanlagen .....	157
7.5.3.	Faktorielle Versuche in unvollständigen Blocks .....	158
8.	Varianzanalyse .....	160
8.1.	Einführung .....	160
8.2.	Einfache Varianzanalyse .....	161
8.2.1.	Modell I .....	162
8.2.2.	Modell II .....	167
8.3.	Zweifache Varianzanalyse .....	170
8.3.1.	Kreuzklassifikation .....	170
8.3.1.1.	Einführung – Gemischtes Modell ohne Wechselwirkungen .....	170
8.3.1.2.	Modell I mit Wechselwirkungen .....	172
8.3.1.3.	Gemischtes Modell mit Wechselwirkungen .....	175
8.3.1.4.	Modell II .....	177
8.3.2.	Hierarchische Klassifikation (Modell II) .....	178
9.	Regressionsanalyse .....	182
9.1.	Gegenstand und Anwendungsgebiete der Regressionsanalyse .....	182
9.2.	Einfache lineare Regression Modell I .....	184
9.2.1.	Schätzung der Regressionskoeffizienten und Varianzen .....	184
9.2.2.	Konfidenzintervalle und Tests .....	188
9.2.3.	Versuchsplanung für Modell I .....	189
9.2.4.	Gruppierte Beobachtungen – Parallelitätstest .....	191
9.3.	Einfache lineare Regression Modell II .....	195

9.3.1.	Schätzungen und Tests für die Regressionskoeffizienten und die Regressionsfunktion .....	195
9.3.2.	Korrelationsanalyse .....	196
9.3.3.	Versuchsplanung für Modell II .....	199
9.4.	Multiple lineare Regression .....	201
9.4.1.	Modelle und Punktschätzungen .....	201
9.4.2.	Schätzung von $\sigma^2$ , Konfidenzbereiche .....	205
9.4.3.	Tests .....	206
9.4.4.	Korrelationsanalyse .....	207
9.4.5.	Versuchsplanung .....	207
9.5.	Nichtlineare Regression .....	208
9.5.1.	Einfache quadratische Regression .....	208
9.5.2.	Weitere Modelle der nichtlinearen Regression .....	212
9.6.	Pfadkoeffizienten .....	214
9.6.1.	Pfaddiagramm und Modellgleichungen .....	214
9.6.2.	Pfadkoeffizient und Regressionskoeffizient .....	215
9.6.3.	Korrelationen zwischen Systemvariablen .....	215
9.6.4.	Beispiele .....	216
10.	Analyse qualitativer Merkmale .....	220
10.1.	Alternativmerkmale .....	220
10.1.1.	Konfidenzintervall für $p$ .....	220
10.1.2.	Vergleich einer Wahrscheinlichkeit mit einer Konstanten .....	223
10.1.3.	Vergleich zweier Wahrscheinlichkeiten .....	224
10.1.4.	Vergleich mehrerer Wahrscheinlichkeiten (Mehrstichprobenproblem). .....	227
10.1.5.	Auswahl der Grundgesamtheit mit der geringsten Ereigniswahrscheinlichkeit .....	228
10.2.	Merkmale mit mehr als zwei Ausprägungen .....	229
10.2.1.	Vergleich der empirischen Verteilung mit einer theoretischen Verteilung .....	229
10.2.2.	Vergleich mehrerer empirischer Verteilungen einer $(a \times b)$ -Tafel ...	231
10.3.	Vergleich der Verteilungen eines Merkmals unter zwei Bedingungen ..	232
10.4.	Abhängigkeit qualitativer Merkmale .....	233
10.4.1.	Nominalskalierte Merkmale .....	234
10.4.2.	Ordinalskalierte Merkmale .....	235
10.5.	Modelle für Kontingenztafeln .....	236
11.	Hinweis auf weitere biometrische Verfahren .....	238
11.1.	Für die Agrarforschung wichtige Spezialgebiete der Mathematischen Statistik .....	238
11.1.1.	Stichproben aus selektierten Populationen – Stützung .....	238
11.1.2.	Unvollständige Stichproben – Zensur .....	238
11.1.3.	Ausschaltung von Störeinflüssen – Kovarianzanalyse .....	238
11.1.4.	Gleichzeitige Berücksichtigung mehrerer Merkmale – mehrdimensionale Analyse .....	239
11.1.5.	Berücksichtigung von Zeiteinflüssen – Zeitreihenanalyse .....	239
11.2.	Spezialgebiete der Biometrie .....	239
11.2.1.	Biometrische (statistische) Genetik .....	239

11.2.2.	Bioassay .....	240
11.2.3.	Analyse von Wachstumsvorgängen .....	240
12.	Darstellung von Versuchen und deren Ergebnissen in wissenschaftlichen Arbeiten .....	241
12.1.	Angaben zur Versuchsplanung und Versuchsdurchführung .....	241
12.2.	Versuchsauswertung und Darstellung der Ergebnisse .....	242
12.3.	Interpretation der Ergebnisse .....	243
13.	Tabellenanhang .....	245
	Literaturverzeichnis .....	269
	Sachwortverzeichnis .....	271