

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Vorwort .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	XXIII
Anwendungsverzeichnis .....	XXVII
<b>I Deskriptive Statistik.....</b>	<b>1</b>
1. Grundbegriffe .....	3
1.1 Der Statistikbegriff .....	3
1.2 Merkmalsträger, Grundgesamtheiten und Stichproben .....	4
1.3 Klassifikation von Merkmalen .....	6
1.3.1 Klassifikation nach dem Skalenniveau .....	6
1.3.2 Klassifikation in diskrete und stetige Merkmale .....	10
1.3.3 Klassifikation in qualitative und quantitative Merkmale .....	11
2. Eindimensionale Häufigkeitsverteilungen .....	13
2.1 Häufigkeitsverteilung .....	13
2.1.1 Häufigkeitsverteilung bei diskreten Merkmalen .....	13
2.1.2 Empirische Verteilungsfunktion bei diskreten Merkmalen .....	18
2.1.3 Klassierte Häufigkeitsverteilung bei stetigen Merkmalen.....	21
2.1.4 Typische Häufigkeitsverteilungen.....	26
2.1.5 Quantile .....	28
2.2 Maßzahlen .....	31
2.2.1 Lageparameter.....	31
2.2.1.1 Modus .....	32
2.2.1.2 Median .....	34
2.2.1.3 Arithmetisches Mittel .....	35
2.2.1.4 Geometrisches Mittel .....	38
2.2.1.5 Exkurs: Renditen und Renditedurchschnitte .....	<b>A</b> 40
2.2.1.6 Lageregeln .....	44
2.2.2 Streuungsparameter .....	45
2.2.2.1 Spannweite und Quartilsabstand .....	45
2.2.2.2 Mittlere absolute Abweichung .....	47
2.2.2.3 Varianz und Standardabweichung .....	49
2.2.2.4 Exkurs: Volatilität .....	<b>A</b> 56

2.2.2.5	Variationskoeffizient .....	59
2.2.2.6	Box-Whisker-Plot .....	61
2.2.3	Momente und Schiefemaße .....	62
2.2.3.1	Empirische Momente .....	63
2.2.3.2	Schiefemaße .....	63
2.2.4	Konzentrationsmessung .....	65
2.2.4.1	Maßzahlen der absoluten Konzentration .....	66
2.2.4.2	Maßzahlen der relativen Konzentration .....	<b>A</b> 70
3.	Zweidimensionale Häufigkeitsverteilungen .....	79
3.1	Grundlagen .....	79
3.1.1	Kontingenztafel .....	79
3.1.2	Randhäufigkeiten und -verteilungen .....	83
3.1.3	Bedingte Häufigkeiten und Verteilungen .....	84
3.1.4	Statistische Unabhängigkeit .....	87
3.2	Korrelationsanalyse .....	90
3.2.1	Kovarianz und Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient .....	90
3.2.2	Kreuzkorrelation .....	<b>A</b> 96
3.2.3	Spearman-Rangkorrelationskoeffizient .....	98
3.2.4	Kontingenzkoeffizient .....	102
3.2.5	Lineartransformationen und Linearkombinationen .....	104
3.2.6	Kritische Anmerkungen zur Korrelationsanalyse .....	105
4.	Messzahlen und Indizes .....	109
4.1	Messzahlen .....	109
4.2	Indexzahlen .....	111
4.2.1	Preisindizes .....	112
4.2.1.1	Grundlegendes .....	112
4.2.1.2	Preisindex nach Laspeyres .....	114
4.2.1.3	Preisindex nach Paasche .....	115
4.2.1.4	Weitere Preisindizes .....	116
4.2.1.5	Preisindexreihen und Inflationsmessung .....	<b>A</b> 118
4.2.1.6	Preisbereinigung und reale Größen .....	<b>A</b> 119
4.2.1.7	Interregionale Kaufkraftvergleiche .....	<b>A</b> 121
4.2.1.8	Umbasierung und Verknüpfung .....	123
4.2.2	Mengenindizes .....	125
4.2.3	Wertindex .....	126
4.2.4	Wichtige Indizes aus der Wirtschaftspraxis .....	127

4.2.4.1	Verbraucherpreisindex (VPD) .....	<b>A</b> 127
4.2.4.2	Harmonisierter Verbraucherpreisindex (HVPI).....	<b>A</b> 130
4.2.4.3	Deutscher Aktienindex (DAX) .....	<b>A</b> 131
5.	Aufgaben .....	135
<b>II</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsrechnung .....</b>	<b>145</b>
1.	Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie .....	147
1.1	Grundbegriffe .....	147
1.2	Ereignisse und ihre Darstellung .....	149
1.3	Wahrscheinlichkeitsregeln und -definitionen.....	155
1.3.1	Axiome der Wahrscheinlichkeitsrechnung.....	155
1.3.2	Klassische Wahrscheinlichkeitsdefinition.....	159
1.3.3	Statistische Wahrscheinlichkeitsdefinition.....	161
1.3.4	Subjektive Wahrscheinlichkeitsdefinition.....	<b>A</b> 163
1.4	Zufallsauswahl und Kombinatorik .....	166
1.4.1	Zufallsauswahl und Urnenmodell.....	166
1.4.2	Kombinatorik .....	166
1.4.2.1	n-Fakultät und Binomialkoeffizient .....	167
1.4.2.2	Prinzipien der Kombinatorik.....	168
1.4.2.3	Zusammenfassung und Vergleich.....	173
1.5	Bedingte Wahrscheinlichkeiten.....	175
1.5.1	Definition und Interpretation.....	175
1.5.2	Multiplikationssatz .....	176
1.5.3	Unabhängigkeit von Ereignissen .....	179
1.5.4	Satz der totalen Wahrscheinlichkeit.....	181
1.5.5	Formel von Bayes .....	<b>A</b> 184
2.	Zufallsvariablen.....	189
2.1	Begriff der Zufallsvariable .....	189
2.2	Diskrete Zufallsvariablen .....	192
2.2.1	Wahrscheinlichkeitsfunktion .....	192
2.2.2	Verteilungsfunktion.....	194
2.2.3	Zusammenfassende Gegenüberstellung.....	196
2.3	Stetige Zufallsvariablen .....	198
2.3.1	Verteilungsfunktion.....	198
2.3.2	Dichtefunktion .....	199
2.3.3	Zusammenfassende Gegenüberstellung.....	202

2.4 Kennzahlen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....	203
2.4.1 Erwartungswert .....	203
2.4.1.1 Definition .....	203
2.4.1.2 Eigenschaften .....	205
2.4.2 Varianz und Standardabweichung .....	209
2.4.2.1 Definition .....	209
2.4.2.2 Eigenschaften .....	210
2.4.2.3 Standardisierung von Zufallsvariablen .....	212
2.4.3 Höhere Momente .....	214
2.4.4 Quantile .....	215
2.5 Ungleichung von Tschebyscheff .....	217
2.6 Anwendungsbeispiele .....	219
2.6.1 Renditen als Zufallsvariablen .....	219
2.6.2 Zufallsvariablen beim Roulette .....	<b>A</b> 220
2.7 Mehrdimensionale Zufallsvariablen .....	223
2.7.1 Begriff .....	223
2.7.2 Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion .....	224
2.7.2.1 Gemeinsame Wahrscheinlichkeitsfunktion .....	224
2.7.2.2 Gemeinsame Verteilungsfunktion .....	226
2.7.2.3 Randverteilungen .....	226
2.7.2.4 Bedingte Verteilungen .....	227
2.7.3 Stochastische Unabhängigkeit .....	229
2.7.4 Kennzahlen zweidimensionaler Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....	230
2.7.4.1 Erwartungswert und Varianz .....	230
2.7.4.2 Kovarianz und Korrelationskoeffizient .....	232
2.7.5 Linearkombinationen von Zufallsvariablen .....	235
2.7.6 Formelzusammenstellung für stetige Zufallsvariablen .....	237
2.7.7 Anwendungsbeispiel: Portfoliotheorie .....	<b>A</b> 238
3. Theoretische Verteilungen .....	243
3.1 Diskrete Verteilungen .....	243
3.1.1 Binomialverteilung .....	243
3.1.1.1 Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion .....	243
3.1.1.2 Eigenschaften .....	247
3.1.1.3 Praxisanwendung: Operationscharakteristiken .....	<b>A</b> 248
3.1.2 Hypergeometrische Verteilung .....	250
3.1.2.1 Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion .....	250

3.1.2.2	Eigenschaften .....	253
3.1.2.3	Approximation durch die Binomialverteilung .....	254
3.1.3	Poissonverteilung.....	255
3.1.3.1	Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion .....	255
3.1.3.2	Eigenschaften .....	257
3.1.3.3	Approximation .....	<b>A</b> 257
3.2	Stetige Verteilungen .....	259
3.2.1	Gleichverteilung.....	259
3.2.1.1	Dichte- und Verteilungsfunktion .....	259
3.2.1.2	Diskretes Gegenstück.....	260
3.2.2	Exponentialverteilung.....	262
3.2.2.1	Dichte- und Verteilungsfunktion .....	262
3.2.2.2	Diskretes Gegenstück.....	264
3.2.3	Normalverteilung .....	266
3.2.3.1	Dichte- und Verteilungsfunktion .....	266
3.2.3.2	Standardnormalverteilung .....	269
3.2.3.3	Reproduktionseigenschaft .....	273
3.2.4	Logarithmische Normalverteilung .....	274
3.3	Test-Verteilungen .....	276
3.3.1	Chi-Quadrat-Verteilung.....	276
3.3.2	t-Verteilung.....	278
3.3.3	F-Verteilung.....	279
3.4	Bedeutung der Normalverteilung.....	281
3.4.1	Zentraler Grenzwertsatz .....	281
3.4.2	Approximation diskreter Verteilungen .....	282
3.4.2.1	Binomialverteilung.....	282
3.4.2.2	Hypergeometrische Verteilung .....	284
3.4.2.3	Poissonverteilung.....	285
3.4.2.4	Überblick zur Approximation eindimensionaler Verteilungen.....	286
3.4.2.5	Empirische Verteilungen .....	287
4.	Aufgaben .....	289
<b>III Induktive Statistik.....</b>		<b>305</b>
1.	Punktschätzung .....	307
1.1	Stichproben.....	307
1.2	Schätzer und ihre Stichprobenverteilungen .....	308

1.2.1	Grundlagen der Punktschätzung .....	308
1.2.2	Verteilung des Stichprobenmittels .....	311
1.2.2.1	Ziehen mit Zurücklegen .....	311
1.2.2.2	Ziehen ohne Zurücklegen .....	314
1.2.3	Verteilung des Stichprobenanteils werts .....	316
1.2.3.1	Ziehen mit Zurücklegen .....	316
1.2.3.2	Ziehen ohne Zurücklegen .....	317
1.2.4	Verteilung der Stichprobenvarianz .....	319
1.2.5	Verteilung weiterer Stichprobengrößen .....	320
1.2.5.1	Differenz zweier Stichprobenmittel .....	320
1.2.5.2	Differenz zweier Stichprobenanteils werte .....	321
1.2.5.3	Quotient zweier Stichprobenvarianzen .....	322
1.3	Güte von Schätzern .....	324
1.3.1	Erwartungstreue .....	324
1.3.2	Asymptotische Erwartungstreue .....	325
1.3.3	Effizienz .....	326
1.3.4	Konsistenz .....	327
1.3.5	Mittlerer quadratischer Fehler .....	328
1.4	Konstruktion von Schätzern .....	329
1.4.1	Methode der kleinsten Quadrate .....	329
1.4.2	Maximum-Likelihood-Methode .....	330
1.4.3	Momentenmethode .....	333
2.	Intervallschätzung .....	335
2.1	Grundlagen .....	335
2.2	Konfidenzintervalle für den Mittelwert .....	336
2.2.1	Normalverteilte Grundgesamtheit mit bekannter Varianz .....	338
2.2.2	Normalverteilte Grundgesamtheit mit unbekannter Varianz .....	340
2.2.3	Beliebig verteilte Grundgesamtheit .....	341
2.3	Konfidenzintervall für den Anteilswert .....	342
2.4	Konfidenzintervall für die Varianz .....	344
2.5	Überblick über die behandelten Konfidenzintervalle .....	345
2.6	Planung des Stichprobenumfangs .....	<b>A</b> 345
2.6.1	Konfidenzintervall für den Mittelwert .....	346
2.6.2	Konfidenzintervall für den Anteilswert .....	347
2.6.3	Konfidenzintervall für die Varianz .....	348
3.	Testen von Hypothesen .....	349

3.1 Allgemeines Testschema.....	349
3.2 Testklassifizierung.....	353
3.3 Parametertests.....	354
3.3.1  Einstichprobentests.....	354
3.3.1.1  Einstichprobentest für den Anteilswert.....	354
3.3.1.2  Einstichprobentest für den Mittelwert.....	361
3.3.1.3  Statistische Qualitätskontrolle.....	365
3.3.1.4  Einstichprobentest für die Varianz.....	366
3.3.2  Zweistichprobentests.....	368
3.3.2.1  Vergleich zweier Mittelwerte.....	369
3.3.2.2  Vergleich zweier Anteilswerte.....	372
3.3.2.3  Vergleich zweier Varianzen.....	373
3.3.3  Parametertests bei verbundenen Stichproben.....	375
3.3.3.1  Differenzentest.....	376
3.3.3.2  Korrelationstest.....	378
3.3.4  Gütefunktionen von Parametertests.....	381
3.4 Verteilungstests.....	386
3.4.1  Chi-Quadrat-Anpassungstest.....	386
3.4.1.1  Anpassungstest bei diskret verteilter Grundgesamtheit.....	386
3.4.1.2  Anpassungstest bei stetig verteilter Grundgesamtheit.....	391
3.4.2  Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest.....	392
3.4.3  Chi-Quadrat-Homogenitätstest.....	397
3.5 Einfache Varianzanalyse.....	399
3.6 Überblick über die behandelten Testverfahren.....	403
4. Aufgaben.....	405
<b>IV Einführung in die Ökonometrie.....</b>	<b>413</b>
1. Grundlagen.....	415
1.1 Was ist Regressionsanalyse?.....	415
1.1.1  Ziele der Regressionsanalyse.....	415
1.1.2  Grundgedanken und Abgrenzungen.....	417
1.2 Prinzip der kleinsten Quadrate.....	418
1.2.1  OLS bei Modellen mit einer erklärenden Variablen.....	418
1.2.2  OLS und Linearität.....	424
1.2.3  OLS bei Modellen mit mehreren erklärenden Variablen.....	426
1.2.4  Güte einer geschätzten Regressionsgleichung.....	428

1.2.4.1	Bestimmtheitsmaß.....	429
1.2.4.2	Einfacher Korrelationskoeffizient.....	432
1.2.4.3	Angepasstes Bestimmtheitsmaß.....	432
2.	Lineares Regressionsmodell und seine Annahmen .....	435
2.1	Lineares Regressionsmodell.....	435
2.1.1	Regressionsfunktion der Grundgesamtheit .....	435
2.1.2	Regressionsfunktion der Stichprobe .....	439
2.2	Klassische Annahmen.....	442
2.2.1	Annahmenkatalog.....	442
2.2.2	Bedeutung deterministischer und stochastischer Regressoren .....	450
2.2.3	Duplikation der Annahmen durch OLS.....	452
2.3	Statistische Eigenschaften der OLS-Schätzer .....	452
2.3.1	Verteilung der OLS-Schätzer .....	452
2.3.2	Gauß-Markov-Theorem .....	456
3.	Testen von Hypothesen und Konfidenzintervalle .....	459
3.1	Testen einzelner Regressionsparameter – t-Test .....	459
3.1.1	Hypothesen, t-Statistik und Entscheidungsregel.....	<b>A</b> 459
3.1.2	Testentscheidung mit dem p-Wert .....	463
3.1.3	Limitationen des t-Tests.....	464
3.1.4	Konfidenzintervalle für Regressionsparameter .....	<b>A</b> 465
3.2	Simultanes Testen mehrerer Parameter – F-Test.....	467
3.2.1	Hypothesen, F-Statistik und Entscheidungsregel.....	467
3.2.2	F-Test für Gesamtsignifikanz.....	468
3.2.3	Weitere Anwendungen des F-Tests und der Chow-Test .....	470
3.3	Test der Normalverteilungsannahme .....	<b>A</b> 473
4.	Verletzungen der Annahmen des klassischen Regressionsmodells.....	477
4.1	Modellspezifikation I: Variablenwahl .....	477
4.1.1	Vernachlässigte Variablen .....	477
4.1.2	Überflüssige Variablen.....	480
4.1.3	Modellspezifikationskriterien und Spezifikationstests .....	482
4.1.4	Verzögerte erklärende Variablen .....	486
4.2	Modellspezifikation II: Funktionale Form .....	489
4.2.1	Bedeutung des konstanten Terms .....	489
4.2.2	Alternative funktionale Formen .....	491
4.2.2.1	Lineare Form .....	491
4.2.2.2	Doppel-Log-Form .....	492



4.2.2.3	Semi-Log-Form.....	493
4.2.2.4	Polynom-Form .....	495
4.2.2.5	Inverse Form.....	496
4.2.2.6	Zusammenfassender Überblick.....	498
4.2.3	Dummy-Variablen.....	498
4.2.3.1	Achsenabschnitts-Dummies .....	<b>A</b> 498
4.2.3.2	Steigungs-Dummies .....	504
4.2.3.3	Dummy-F-Test für Strukturbrüche und Regressionsgleichheit .....	507
4.2.4	Folgen der Wahl einer falschen funktionalen Form.....	508
4.3	Multikollinearität.....	509
4.3.1	Formen und Ursachen von Multikollinearität .....	509
4.3.2	Konsequenzen von Multikollinearität.....	511
4.3.3	Aufdecken von Multikollinearität.....	<b>A</b> 512
4.3.4	Vorgehensweise bei festgestellter Multikollinearität.....	516
4.4	Heteroskedastizität .....	521
4.4.1	Formen und Ursachen von Heteroskedastizität.....	521
4.4.2	Konsequenzen von Heteroskedastizität .....	523
4.4.3	Aufdecken von Heteroskedastizität .....	<b>A</b> 525
4.4.3.1	Grafische Methode.....	525
4.4.3.2	Breusch-Pagan-Test .....	528
4.4.3.3	White-Test .....	530
4.4.4	Vorgehensweise bei festgestellter Heteroskedastizität .....	532
4.4.4.1	Gewichtetes Prinzip der kleinsten Quadrate (WLS).....	533
4.4.4.2	White-Standardfehler .....	536
4.4.4.3	Variablenredefinition .....	538
4.5	Autokorrelation .....	539
4.5.1	Formen und Ursachen von Autokorrelation .....	539
4.5.2	Konsequenzen von Autokorrelation.....	546
4.5.3	Aufdecken von Autokorrelation .....	<b>A</b> 548
4.5.3.1	Grafische Methode.....	548
4.5.3.2	Durbin-Watson-Test.....	550
4.5.3.3	Breusch-Godfrey-Test.....	552
4.5.4	Vorgehensweise bei festgestellter Autokorrelation.....	554
4.5.4.1	Verallgemeinertes Prinzip der kleinsten Quadrate (GLS) .....	554
4.5.4.2	Newey-West-Standardfehler .....	558
4.5.4.3	Dynamische Modellformulierung .....	559

4.6	Korrelation zwischen erklärenden Variablen und stochastischem Störterm..	561
4.6.1	Konsequenzen .....	561
4.6.2	Ursachen.....	562
4.6.2.1	Vernachlässigte Variablen .....	562
4.6.2.2	Messfehler .....	562
4.6.2.3	Verzögerte erklärte Variablen .....	563
4.6.2.4	Simultanität.....	564
4.6.3	Instrumentenvariablenschätzung .....	565
4.6.3.1	Instrumentenvariablen.....	565
4.6.3.2	Zweistufige Methode der kleinsten Quadrate (TSLS).....	<b>A</b> 567
4.6.3.3	Hausman-Test und Verletzung von Annahme 2b .....	571
4.6.3.4	Sargan-Test und Güte von Instrumenten .....	574
4.7	Besonderheiten bei der Arbeit mit Zeitreihen .....	577
4.7.1	Dynamische Modelle .....	577
4.7.1.1	Autoregressive distributive Lag-Modelle .....	577
4.7.1.2	Spezialfall: Autoregressive Modelle .....	<b>A</b> 578
4.7.1.3	Problem der Autokorrelation in ARDL-Modellen .....	583
4.7.2	Nicht stationäre Zeitreihen und Kointegration .....	584
4.7.2.1	Stationarität vs. Nicht-Stationarität .....	584
4.7.2.2	Random Walks und Unit Roots .....	585
4.7.2.3	Differenzstationarität vs. Trendstationarität.....	588
4.7.2.4	Scheinregression und ihre Bekämpfung .....	590
4.7.2.5	Prüfung auf Stationarität.....	<b>A</b> 594
4.7.2.6	Kointegration und Fehlerkorrekturmodell .....	<b>A</b> 601
4.7.2.7	Zusammenfassung .....	608
4.8	Modelle für die Volatilität .....	609
4.8.1	Volatilitätseigenschaften von Finanzmarktdaten.....	609
4.8.2	Historische Volatilität und gleitende Durchschnitte .....	613
4.8.3	ARCH- und GARCH-Modelle .....	616
4.8.3.1	Grundlagen des ARCH-Modells .....	616
4.8.3.2	Nichtnegativität, unbedingte Varianz und Stationarität .....	618
4.8.3.3	Schätzen von und Prognose mit ARCH-Modellen.....	<b>A</b> 619
4.8.3.4	Überprüfen von ARCH-Modellen .....	622
4.8.3.5	GARCH-Modell und GARCH-in-Mean-Modell .....	<b>A</b> 624
4.8.3.6	Asymmetrisches GARCH-Modell.....	<b>A</b> 629
4.8.3.7	Abschließende Bemerkungen und Ausblick.....	632

5. Zusammenfassende Anwendungen aus dem Finanzbereich .....	633
5.1 Capital Asset Pricing Model .....	<b>A</b> 633
5.2 Investmentfondsperformance .....	<b>A</b> 637
6. Prognose mit geschätzten Regressionsmodellen .....	641
6.1 Grundlagen der Prognose .....	641
6.2 Bedingte Prognosen .....	644
6.2.1 Prognosefehler .....	644
6.2.2 Anforderungen an Prognosen .....	647
6.2.3 Beurteilung der Genauigkeit von Prognosen .....	<b>A</b> 648
6.2.4 Prognose bei Vorliegen von Autokorrelation .....	652
6.2.5 Trendprognosen .....	655
6.3 Unbedingte Prognosen .....	657
6.4 Zusammenfassung .....	659
7. Aufgaben .....	661
<b>V Lösungen .....</b>	<b>677</b>
Kapitel I – Deskriptive Statistik .....	679
Kapitel II – Wahrscheinlichkeitsrechnung .....	685
Kapitel III – Induktive Statistik .....	695
Kapitel IV – Ökonometrie .....	705
<b>VI Anhang .....</b>	<b>719</b>
1. Statistische Tafeln .....	721
1.1 Binomialkoeffizienten .....	721
1.2 Binomialverteilung - Verteilungsfunktion .....	722
1.3 Poissonverteilung - Verteilungsfunktion .....	729
1.4 Standardnormalverteilung - Verteilungsfunktion .....	732
1.5 Standardnormalverteilung - Wichtige Quantile .....	733
1.6 Chi-Quadrat-Verteilung - Quantile .....	734
1.7 t-Verteilung - Quantile .....	736
1.8 F-Verteilung - Quantile .....	737
2. Ökonometrische Tafeln .....	743
2.1 Kritische Werte der Durbin-Watson-Statistik .....	743
2.2 Kritische Dickey-Fuller-t-Werte .....	745
Literaturverzeichnis .....	747
Stichwortverzeichnis .....	759