

Ludwig von Auer

Ökonometrie

Eine Einführung

Dritte, überarbeitete Auflage
mit 65 Abbildungen
und 55 Tabellen

 Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Braucht man ökonometriker?	1
1.2	Was ist Ökonometrie?	2
1.3	Die vier Aufgaben der Ökonometrie	3
1.3.1	Spezifikation.	4
1.3.2	Schätzung.	6
1.3.3	Hypothesentest	9
1.3.4	Prognose.	9
1.4	Aufbau des Lehrbuches.	10
1.5	Datenmaterial.	11
1	Einfaches lineares Regressionsmodell	13
2	Spezifikation	17
2.1	A-Annahmen	18
2.1.1	Erster Schritt: Formulierung eines plausiblen linearen Modells	18
2.1.2	Zweiter und dritter Schritt: Hinzufügung eines Beobachtungsindex und einer Störgröße.	19
2.1.3	Formulierung der A-Annahmen	22
2.2	Statistisches Repetitorium I	24
2.2.1	Zufalls variable und Wahrscheinlichkeitsverteilung	24
2.2.2	Erwartungswert einer Zufallsvariable.	27
2.2.3	Varianz einer Zufalls variable.....	28
2.2.4	Bedingte und gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung	29
2.2.5	Kovarianz zweier Zufalls variablen.	31
2.2.6	Rechenregeln für Erwartungswert und Varianz.	33
2.2.7	Eine spezielle Wahrscheinlichkeitsverteilung: Normalverteilung	35
2.3	B-Annahmen.	35
2.3.1	Begründungen für die Existenz der Störgröße.	35
2.3.2	Formulierung der B-Annahmen	37

2.4	Statistisches Repetitorium II	42
2.4.1	Stichproben-Mittelwert einer Variable	43
2.4.2	Stichproben-Varianz einer Variable	43
2.4.3	Stichproben-Kovarianz zweier Variablen	44
2.5	C-Annahmen	45
2.6	Zusammenfassung	46
3	Schätzung I: Punktschätzung	49
3.1	KQ-Methode - eine Illustration	51
3.2	KQ-Methode - eine algebraische Formulierung	53
3.2.1	Summe der Residuenquadrate	53
3.2.2	Herleitung der Schätzformeln	55
3.3	Interpretation der KQ-Schätzer	58
3.4	Bestimmtheitsmaß R^2	59
3.4.1	Grafische Veranschaulichung	59
3.4.2	Definition des Bestimmtheitsmaßes	62
3.4.3	Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	62
3.5	Zusammenfassung	64
	Anhang	65
4	Indikatoren für die Qualität von Schätzverfahren	67
4.1	Statistischer Hintergrund	68
4.1.1	Konzept einer wiederholten Stichprobe	68
4.1.2	Warum ist y_t eine Zufallsvariable?	68
4.1.3	Warum sind die Schätzer Zufallsvariablen?	70
4.2	Zwei Kriterien: Unverzerrtheit und Effizienz	71
4.3	Unverzerrtheit und Effizienz der KQ-Methode	74
4.4	Statistisches Repetitorium III	76
4.4.1	Standard-Normalverteilung	76
4.4.2	χ^2 -Verteilung	78
4.4.3	t-Verteilung	79
4.4.4	F-Verteilung	80
4.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der KQ-Schätzer	81
4.5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung von yt	81
4.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer	81
4.6	Zusammenfassung	82
	Anhang	83
5	Schätzung II: Intervallschätzer	85
5.1	Konfidenzintervalle und Intervallschätzer	86
5.2	Intervallschätzer für β bei bekanntem er^2	88
5.3	Intervallschätzer für β bei unbekanntem a^2	91
5.3.1	Herleitung des Intervallschätzers	91
5.3.2	Interpretation des Intervallschätzers	97

5.3.3	Aussagekraft von Intervallschätzern	98
5.4	Intervallschätzer für a	99
5.5	Zusammenfassung	100
6	Hypothesentest	101
6.1	Zweiseitiger Hypothesentest	101
6.1.1	Nullhypothese und Konfidenzintervall	102
6.1.2	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	102
6.1.3	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	104
6.1.4	Zusammenhang zwischen analytischem und grafischem Vorgehen	107
6.2	Einseitiger Hypothesentest	108
6.2.1	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	109
6.2.2	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	110
6.3	p-Wert	113
6.4	Wahl der geeigneten Nullhypothese und des geeigneten Signifikanzniveaus	115
6.4.1	Strategie A: Nullhypothese behauptet Gegenteil der Anfangsvermutung	115
6.4.2	Strategie B: Nullhypothese stimmt mit Anfangsvermutung überein	118
6.4.3	Trennschärfe von Tests	119
6.4.4	Anmerkungen zu zweiseitigen Tests	119
6.5	Zusammenfassung	120
7	Prognose	123
7.1	Punktprognose	123
7.1.1	Prognosewert und Prognosefehler	123
7.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose	124
7.2	Prognoseintervall	125
7.3	Zusammenfassung	128
II	Multiplres lineares Regressionsmodell	129
8	Spezifikation	133
8.1	A-Annahmen	134
8.1.1	Erster Schritt: Formulierung eines plausiblen linearen Modells	134
8.1.2	Zweiter und dritter Schritt: Hinzufügung eines Beobachtungsindex und einer Störgröße	136
8.1.3	Formulierung der A-Annahmen	138
8.2	B-Annahmen	138
8.2.1	Formulierung der B-Annahmen	138

8.2.2	Interpretation der B-Annahmen	139
8.3	C-Annahmen	140
8.4	Zusammenfassung	143
8.5	Repetitorium Matrixalgebra I	144
8.5.1	Notation und Terminologie	144
8.5.2	Rechnen mit Matrizen	146
8.5.3	Rang einer Matrix und ihre Inversion	148
8.5.4	Quadratische Form	150
8.5.5	Differentiation von linearen Funktionen	150
8.5.6	Erwartungswert und Varianz-Kovarianz-Matrix	151
8.5.7	Spur einer Matrix	152
8.5.8	Definite und Semidefinite Matrizen	153
8.6	Matrixalgebraischer Anhang	155
8.6.1	Multiples Regressionsmodell in Matrixschreibweise	155
8.6.2	Formulierung der A-, B- und C-Annahmen	156
9	Schätzung	159
9.1	Punktschätzer	161
9.2	Interpretation der Schätzer	164
9.2.1	Formale Interpretation	164
9.2.2	ökonomische Interpretation	164
9.3	Bestimmtheitsmaß JR^2	166
9.3.1	Definition des Bestimmtheitsmaßes	166
9.3.2	Grafische Veranschaulichung des Bestimmtheitsmaßes	167
9.3.3	Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	168
9.4	Unverzerrtheit und Effizienz der KQ-Methode	169
9.4.1	Erwartungswert und Varianz der KQ-Schätzer	169
9.4.2	Interpretation der Formeln	169
9.4.3	Schätzformeln für $var(a)$, $var(\beta_k)$ und $cov(\beta_1^2)$	171
9.4.4	BLUE- bzw. BUE-Eigenschaft der KQ-Schätzer	172
9.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der KQ-Schätzer	172
9.5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung der y_t	172
9.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer a und β_k	173
9.6	Intervallschätzer	173
9.7	Zusammenfassung	177
	Anhang	178
9.8	Matrixalgebraischer Anhang	179
9.8.1	Herleitung der KQ-Schätzer	180
9.8.2	Bestimmtheitsmaß	184
9.8.3	Erwartungswert der KQ-Schätzer	186
9.8.4	Varianz-Kovarianz-Matrix der KQ-Schätzer	187
9.8.5	Was genau bedeutet BLUE?	188
9.8.6	KQ-Schätzer sind BLUE: Gauss-Markov-Theorem	190
9.8.7	Schätzung der Störgrößenvarianz	192

9.8.8	Wahrscheinlichkeitsverteilung der KQ-Schätzer	194
9.8.9	Intervallschätzung	195
9.8.10	Resümee	196
10	Hypothesentest	197
10.1	Testen einer Linearkombination von Parametern: fr-Test	197
10.1.1	Zweiseitiger fr-Test	197
10.1.2	Einseitiger fr-Test	201
10.2	Simultaner Test mehrerer Linearkombinationen von Parametern: F-Test	202
10.2.1	Eine wichtige Nullhypothese	203
10.2.2	Test einer allgemeinen Nullhypothese	209
10.3	Zusammenhang zwischen fr-Test und F-Test bei $L = 1$	210
10.3.1	Zweiseitiger F-Test einer einzelnen Linearkombination	210
10.3.2	Probleme des F-Tests bei einseitigen Hypothesen	212
10.4	Zusammenhang zwischen fr-Test und F-Test bei $L = 2$	213
10.4.1	Numerisches Beispiel	213
10.4.2	Unterschied zwischen individuellen und simultanen Tests	214
10.5	Zusammenfassung	217
10.6	Matrixalgebraischer Anhang	218
10.6.1	fr-Test	218
10.6.2	F-Test	220
10.6.3	Zusammenhang zwischen fr-Test und F-Test bei $L = 1$	225
10.6.4	Warum besitzen F-Werte eine F-Verteilung?	226
10.6.5	Warum besitzen fr-Werte eine t -Verteilung?	226
11	Prognose	229
11.1	Punktprognose	229
11.1.1	Prognosewert und Prognosefehler	229
11.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose	230
11.2	Prognoseintervall	231
11.3	Zusammenfassung	232
11.4	Matrixalgebraischer Anhang	232
12	Präsentation der Schätzergebnisse und deren computergestützte Berechnung	235
12.1	Computergestützte ökonomische Analyse	236
12.1.1	ökonomische Software	236
12.1.2	Interpretation des Computeroutputs	237
12.2	Präsentation von Schätzergebnissen	238

III Ökonometrische Probleme der wirtschaftsempirischen Praxis:	
Verletzungen der A-, B- oder C-Annahmen	241
13 Verletzung der Annahme A1:	
Fehlerhafte Auswahl der exogenen Variablen	245
13.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	246
13.1.1 Auslassen relevanter Variablen	248
13.1.2 Verwendung irrelevanter Variablen	253
13.2 Diagnose und Neu-Spezifikation	256
13.2.1 Korrigiertes Bestimmtheitsmaß R	256
13.2.2 Weitere Kennzahlen: AIC, SC und PC	259
13.2.3 fr-Test	260
13.2.4 F-Test	261
13.2.5 Zusammenhang zwischen korrigiertem Bestimmtheitsmaß, F-Test und fr-Test	262
13.2.6 Ungenesteter F-Test	263
13.2.7 J-Test	265
13.3 Spezifikations-Methodologien	267
13.3.1 Steinmetz- versus Maurer-Methodologie	267
13.3.2 Ein wichtiges Problem bei der Variablenauswahl	267
13.4 Zusammenfassung	268
Anhang	269
13.5 Repetitorium Matrixalgebra II	270
13.5.1 Blockmatrizen	270
13.5.2 Rechnen mit Blockmatrizen	271
13.5.3 Inversion von Blockmatrizen	271
13.6 Matrixalgebraischer Anhang	274
13.6.1 Auslassen relevanter Variablen	275
13.6.2 Verwendung irrelevanter Variablen	277
13.6.3 Instrumente der Variablenauswahl	280
14 Verletzung der Annahme A2:	
Nicht-lineare Wirkungszusammenhänge	281
14.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	282
14.2 Einige alternative Funktionsformen	282
14.2.1 Semi-logarithmisches Modell	283
14.2.2 Inverses Modell	285
14.2.3 Exponential-Modell	285
14.2.4 Logarithmisches Modell	286
14.2.5 Log-inverses Modell	287
14.2.6 Quadratisches Modell	288
14.2.7 Eine vergleichende Anwendung	288
14.3 Diagnose und Neu-Spezifikation	290

14.3.1	Regression Specification Error Test (RESET)	290
14.3.2	Bestimmtheitsmaß R^2	295
14.3.3	Box-Cox-Test	296
14.4	Zusammenfassung	301
14.5	Matrixalgebraischer Anhang	302

15 Verletzung der Annahme A3:

Variable Parameterwerte	305	
15.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	307
15.1.1	Ein geeignetes Strukturbruchmodell	309
15.1.2	Schätzung und Interpretation der Parameter des Strukturbruchmodells	311
15.1.3	Getrennte Schätzung der zwei Phasen	313
15.1.4	Eine mögliche alternative Formulierung des Strukturbruchmodells	314
15.1.5	Komplexere Strukturbrüche	315
15.1.6	Konsequenzen aus einer Vernachlässigung des Strukturbruchs	316
15.2	Diagnose	317
15.2.1	F-Test	317
15.2.2	fr-Test	318
15.2.3	Prognostischer Chow-Test	318
15.2.4	Zeitpunkt des Strukturbruchs	320
15.3	Stetige Veränderung von Parameterwerten	321
15.4	Exkurs: Anwendung von Dummy-Variablen bei qualitativen exo- genen Variablen	322
15.4.1	Einführung einer Dummy-Variable	323
15.4.2	Ein allgemeines Dummy-Variablen-Modell	323
15.5	Zusammenfassung	325
15.6	Matrixalgebraischer Anhang	326
15.6.1	Strukturbruchmodelle	326
15.6.2	F-Tests und t-Tests	328
15.6.3	Exkurs: Umgang mit qualitativen exogenen Variablen	330

16 Verletzung der Annahme B1:

Erwartungswert der Störgröße von null verschieden	333	
16.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	334
16.1.1	Konstanter Messfehler bei der Erfassung der endogenen Variable	335
16.1.2	Konstanter Messfehler bei der Erfassung einer exogenen Variable	340
16.1.3	Funktionale Modelltransformation	340
16.1.4	Gestutzte endogene Variable	343
16.2	Diagnose	346

16.2.1	Überprüfung der Datenerhebung	346
16.2.2	Überprüfung auf Basis der Daten.	346
16.3	Anwendbare Schätzverfahren	346
16.4	Zusammenfassung	347
Anhang		347
16.5	Matrixalgebraischer Anhang	348
16.5.1	Partitionierte Regression.	348
16.5.2	Eine spezielle Partition.	350
16.5.3	Konstante Messfehler: Konsequenzen für die KQ-Schätzung	352
16.5.4	Gestutzte Daten: Konsequenzen für die KQ-Schätzung .	356
17 Verletzung der Annahme B2:		
Heteroskedastizität		357
17.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung.	358
17.1.1	Konsequenzen für die Punktschätzung	359
17.1.2	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	363
17.2	Diagnose.	364
17.2.1	Goldfeld-Quandt-Test	364
17.2.2	White-Test	367
17.3	Anwendbare Schätzverfahren.	368
17.3.1	VKQ-Methode.	369
17.3.2	GVKQ-Methode.	370
17.4	Zusammenfassung.	373
17.5	Matrixalgebraischer Anhang.	374
17.5.1	Herleitung des transformierten Modells.	375
17.5.2	Vergleich des VKQ-Schätzers mit dem KQ-Schätzer des ursprünglichen Modells.	378
17.5.3	GVKQ-Schätzer.	380
18 Verletzung der Annahme B3:		
Autokorrelation		383
18.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	385
18.1.1	AR(1)-Prozess.	385
18.1.2	Erwartungswert von u_t	386
18.1.3	Varianz von u_t	387
18.1.4	Kovarianz von u_t und u_{t-T}	388
18.1.5	Konsequenzen für die Punktschätzung.	388
18.1.6	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	390
18.2	Diagnose.	391
18.2.1	Grafische Analyse.	392
18.2.2	Schätzer für ρ	393

18.2.3	Durbin-Watson-Test	394
18.3	Anwendbare Schätzverfahren	399
18.3.1	Ermittlung von $x\backslash$ und $y\backslash$	400
18.3.2	VKQ-Methode von Hildreth und Lu	401
18.3.3	GVKQ-Methode von Cochrane und Orcutt	402
18.4	Zusammenfassung	404
Anhang	406
18.5	Matrixalgebraischer Anhang	406
18.5.1	Herleitung des transformierten Modells.	407
18.5.2	Konsequenzen der Autokorrelation.	409
18.5.3	Schätzung des transformierten Modells.	411
19	Verletzung der Annahme B4:	
	Störgrößen nicht normalverteilt	413
19.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	414
19.2	Diagnose.	416
19.2.1	Grafische Analyse.	416
19.2.2	Jarque-Bera-Test	418
19.3	Zusammenfassung	420
19.4	Matrixalgebraischer Anhang	421
20	Verletzung der Annahme C1:	
	Zufallsabhängige exogene Variablen	423
20.1	Weitere Qualitätskriterien für Schätzer: Konsistenz und asymptotische Effizienz	424
20.1.1	Konsistenz.	425
20.1.2	Rechenregeln für Wahrscheinlichkeitsgrenzwerte.	427
20.1.3	Asymptotische Effizienz.	428
20.2	Konsequenzen der Annahmeverletzung	428
20.2.1	Fall 1: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable unabhängig	429
20.2.2	Fall 2: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär unkorreliert.	432
20.2.3	Eine mögliche Ursache für Fall 2: $y\backslash$ als „exogene Variable“.	433
20.2.4	Fall 3: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär korreliert	434
20.2.5	Eine mögliche Ursache für Fall 3: Probleme bei der Erfassung der exogenen Variable	436
20.3	Anwendbare Schätzverfahren.	441
20.3.1	Eigenschaften einer Instrumentvariable.	441
20.3.2	IV-Schätzung	442
20.3.3	Konsistenz der IV-Schätzer.	443

20.3.4	Wahrscheinlichkeitsverteilung und Varianz der IV-Schätzer.	444
20.3.5	Fazit der IV-Schätzung.	446
20.4	Diagnose.	446
20.4.1	Vorüberlegungen.	446
20.4.2	Spezifikationstest von Hausman.	447
20.5	Zusammenfassung.	448
20.6	Matrixalgebraischer Anhang.	450
20.6.1	Bedingter Erwartungswert.	451
20.6.2	Fall 1: Störgrößen und exogene Variablen sind unabhängig.	453
20.6.3	Fall 2: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär nicht korreliert.	462
20.6.4	Fall 3: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär korreliert.	463
20.6.5	Instrumentvariablen-Schätzung.	464
20.6.6	Hausman-Test.	470

21 Verletzung der Annahme C2:

	Perfekte Multikollinearität	473
21.1	Konsequenzen der Annahme Verletzung.....	476
21.1.1	Grafische Veranschaulichung.	476
21.1.2	Konsequenzen <i>perfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests.	477
21.1.3	Konsequenzen <i>imperfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests.	478
21.2	Diagnose.	480
21.2.1	Diagnose von Multikollinearität.	480
21.2.2	Hohe Schätzvarianz der Punktschätzer: Multikollinearität oder Fehlspezifikation?.	482
21.3	Angemessener Umgang mit Multikollinearität.	485
21.3.1	Verfahren zur Eindämmung des Multikollinearitätsproblems.	485
21.3.2	Verwendung zusätzlicher Informationen.	488
21.4	Zusammenfassung.	490
21.5	Matrixalgebraischer Anhang.	491
21.5.1	Auswirkungen hoher Multikollinearität auf die KQ-Schätzer.	491
21.5.2	Diagnose der Multikollinearität.	493
21.5.3	Restringierte KQ-Schätzung.	493

IV	Weiterführende Themenbereiche	499
22	Dynamische Modelle	501
22.1	Stochastische Prozesse und Stationarität	502
22.1.1	Stochastische Prozesse	502
22.1.2	Stationarität von stochastischen Prozessen	503
22.1.3	I(1)-Prozesse	504
22.2	Interpretation dynamischer Modelle	505
22.2.1	Interpretation einzelner Parameter	505
22.2.2	Kurzfristiger und langfristiger Multiplikator	506
22.2.3	Median-Lag	509
22.3	Allgemeine Schätzprobleme dynamischer Modelle	510
22.3.1	Zwei zentrale Schätzprobleme	510
22.3.2	Mögliche Lösungsstrategien	511
22.4	Modelle mit geometrischer Lag-Verteilung	511
22.4.1	Geometrische Lag-Verteilungen	511
22.4.2	Koyck-Modell	512
22.4.3	Ein Verwandter des Koyck-Modells: Partielles Anpassungsmodell	515
22.4.4	Ein weiterer Verwandter des Koyck-Modells: Modell adaptiver Erwartungen	517
22.5	Modelle mit rationaler Lag-Verteilung und ihre Fehlerkorrektur-Formulierung	518
22.5.1	Langfristige Gleichgewichtsbeziehung	519
22.5.2	Fehlerkorrektur-Formulierung des ADL(1,1)-Modells	520
22.5.3	Schätzung des Fehlerkorrekturmodells	521
22.5.4	Fehlerkorrekturmodell und ökonomische Theorie	522
22.6	Zusammenfassung	523
22.7	Matrixalgebraischer Anhang	525
22.7.1	Allgemeines dynamisches Modell	525
22.7.2	Formulierung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	525
22.7.3	Schätzung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	526
23	Interdependente Gleichungssysteme	527
23.1	Nicht-Konsistenz der KQ-Schätzer	528
23.2	Indirekte KQ-Methode (IKQ-Methode)	529
23.2.1	Strukturelle Form versus reduzierte Form	529
23.2.2	Schätzung der Parameter der reduzierten Form	531
23.2.3	Schätzung der Parameter der strukturellen Form	531
23.3	Identifikationsproblem	533
23.3.1	Ein verkleinertes Gleichungssystem	533
23.3.2	Ein erweitertes Gleichungssystem	534

23.3.3	Ordnungskriterium	535
23.4	Zweistufige KQ-Methode (ZSKQ-Methode)	537
23.4.1	Erste Stufe der ZSKQ-Schätzung	537
23.4.2	Zweite Stufe der ZSKQ-Schätzung	538
23.4.3	ZSKQ-Schätzung im Überblick	539
23.5	Weitere Beispiele interdependenter Gleichungssysteme.	540
23.5.1	Gleichungssysteme mit Lag-Variablen.	540
23.5.2	Keynesianisches Makromodell.	541
23.5.3	Partielles Marktgleichgewichtsmodell.	541
23.6	Zusammenfassung.	542
Anhang.		544
23.7	Matrixalgebraischer Anhang.	545
23.7.1	Kompakte Darstellung der strukturellen Form.	545
23.7.2	Reduzierte Form	548
23.7.3	Identifikation einer Gleichung.	550
23.7.4	Schätzung mit der IKQ-Methode.	551
23.7.5	Schätzung mit der ZSKQ-Methode.	552
Literaturverzeichnis		555
Tabellenanhang		559
Index		567