

Ludwig von Auer

Ökonometrie

Eine Einführung

Vierte, verbesserte Auflage

Mit 69 Abbildungen und 57 Tabellen

4ü 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	8
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	Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeitsverteilung	24
2.2.2	Erwartungswert einer Zufallsvariable.	27
2.2.3	Varianz einer Zufallsvariable.	28
2.2.4	Bedingte und gemeinsame Wahrscheinlichkeitsverteilung	29
2.2.5	Kovarianz zweier Zufallsvariablen.	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
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
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 y_t	81
4.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer.	81
4.6	Zusammenfassung.	82
Anhang.		83
Schätzung II: Intervallschätzer		85
5.1	Konfidenzintervalle und Intervallschätzer.	86
5.2	Intervallschätzer für σ bei bekanntem σ^2	88
5.3	Intervallschätzer für β bei unbekanntem σ^2	91
5.3.1	Herleitung des Intervallschätzers.	92
5.3.2	Interpretation des Intervallschätzers.	97

5.3.3	Aussagekraft von Intervallschätzern	99
5.4	Intervallschätzer für a	99
5.5	Zusammenfassung	100
6	Hypothesentest	103
6.1	Zweiseitiger Hypothesentest	103
6.1.1	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	104
6.1.2	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	106
6.1.3	Zusammenhang zwischen analytischem und grafischem Vorgehen	110
6.2	Einseitiger Hypothesentest	111
6.2.1	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	112
6.2.2	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	113
6.3	p-Wert	116
6.4	Wahl der geeigneten Nullhypothese und des geeigneten Signifikanzniveaus	118
6.4.1	Strategie A: Nullhypothese behauptet Gegenteil der Anfangsvermutung.	118
6.4.2	Strategie B: Nullhypothese stimmt mit Anfangsvermutung überein	121
6.4.3	Trennschärfe von Tests.	122
6.4.4	Anmerkungen zu zweiseitigen Tests.	122
6.5	Zusammenfassung.	123
7	Prognose	125
7.1	Punktprognose.	125
7.1.1	Prognosewert und Prognosefehler.	125
7.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose.	126
7.2	Prognoseintervall.	128
7.3	Zusammenfassung.	130
II	Multiples lineares Regressionsmodell	131
8	Spezifikation	135
8.1	A-Annahmen.	136
8.1.1	Erster Schritt: Formulierung eines plausiblen linearen Modells.	136
8.1.2	Zweiter und dritter Schritt: Hinzufügung eines Beobachtungsindex und einer Störgröße.	138
8.1.3	Formulierung der A-Annahmen.	140
8.2	B-Annahmen	140
8.2.1	Formulierung der B-Annahmen	140
8.2.2	Interpretation der B-Annahmen.	141

8.3	C-Annahmen	142
8.4	Zusammenfassung	145
8.5	Repetitorium Matrixalgebra I	146
8.5.1	Notation und Terminologie	146
8.5.2	Rechnen mit Matrizen	148
8.5.3	Rang einer Matrix und ihre Inversion	150
8.5.4	Quadratische Form	152
8.5.5	Differentiation von linearen Funktionen	152
8.5.6	Erwartungswert und Varianz-Kovarianz-Matrix	153
8.5.7	Spur einer Matrix	154
8.5.8	Definite und Semidefinite Matrizen	155
8.6	Matrixalgebraischer Anhang	157
8.6.1	Multipl. Regressionsmodell in Matrixschreibweise	157
8.6.2	Formulierung der A-, B- und C-Annahmen	158
	Schätzung	161
9.1	Punktschätzer	163
9.2	Interpretation der Schätzer	166
9.2.1	Formale Interpretation	166
9.2.2	ökonomische Interpretation	166
9.3	Bestimmtheitsmaß R^2	168
9.3.1	Definition des Bestimmtheitsmaßes	168
9.3.2	Grafische Veranschaulichung des Bestimmtheitsmaßes	169
9.3.3	Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	170
9.4	Unverzerrtheit und Effizienz der KQ-Methode	171
9.4.1	Erwartungswert und Varianz der KQ-Schätzer	171
9.4.2	Interpretation der Formeln	171
9.4.3	Schätzformeln für $var(a)$, $var(\beta_k)$ und $cov(\beta_1, \beta_2)$	173
9.4.4	BLUE- bzw. BUE-Eigenschaft der KQ-Schätzer	174
9.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der KQ-Schätzer	174
9.5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung der y_t	174
9.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer a und β_k	175
9.6	Intervallschätzer	175
9.7	Zusammenfassung	179
	Anhang	180
9.8	Matrixalgebraischer Anhang	181
9.8.1	Herleitung der KQ-Schätzer	182
9.8.2	Bestimmtheitsmaß	186
9.8.3	Erwartungswert der KQ-Schätzer	188
9.8.4	Varianz-Kovarianz-Matrix der KQ-Schätzer	189
9.8.5	Was genau bedeutet BLUE?	190
9.8.6	KQ-Schätzer sind BLUE: Gauss-Markov-Theorem	192
9.8.7	Schätzung der Störgrößenvarianz	194
9.8.8	Wahrscheinlichkeitsverteilung der KQ-Schätzer	196

9.8.9	Intervallschätzung	197
9.8.10	Resümee.	198
10	Hypothesentest	199
10.1	Testen einer Linearkombination von Parametern: t-Test	199
10.1.1	Zweiseitiger <i>t-Test</i>	199
10.1.2	Einseitiger t-Test	203
10.2	Simultaner Test mehrerer Linearkombinationen von Parametern: F-Test	204
10.2.1	Eine wichtige Nullhypothese.	205
10.2.2	Test einer allgemeinen Nullhypothese.	211
10.3	Zusammenhang zwischen t-Test und F-Test bei $L = 1$	212
10.3.1	Zweiseitiger F-Test einer einzelnen Linearkombination	212
10.3.2	Probleme des <i>F</i> -Tests bei einseitigen Hypothesen	214
10.4	Zusammenhang zwischen t-Test und F-Test bei $L = 2$	215
10.4.1	Numerisches Beispiel.	216
10.4.2	Unterschied zwischen individuellen und simultanen Tests.	216
10.5	Zusammenfassung.	219
10.6	Matrixalgebraischer Anhang	220
10.6.1	t-Test	220
10.6.2	F-Test	222
10.6.3	Zusammenhang zwischen t-Test und F-Test bei $L = 1$	227
10.6.4	Warum besitzen F-Werte eine F-Verteilung?	228
10.6.5	Warum besitzen t-Werte eine t-Verteilung?	228
11	Prognose	231
11.1	Punktprognose.	231
11.1.1	Prognosewert und Prognosefehler.	231
11.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose.	232
11.2	Prognoseintervall.	233
11.3	Zusammenfassung.	234
11.4	Matrixalgebraischer Anhang	234
12	Präsentation der Schätzergebnisse und deren computergestützte Berechnung	237
12.1	Computergestützte ökonomische Analyse.	238
12.1.1	ökonomische Software.	238
12.1.2	Interpretation des Computeroutputs.	239
12.2	Präsentation von Schätzergebnissen.	240

III Ökonometrische Probleme der wirtschaftsempirischen Praxis: Verletzungen der A-, B- oder C-Annahmen 243

13 Verletzung der Annahme A1:	
Fehlerhafte Auswahl der exogenen Variablen	247
13.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	248
13.1.1 Auslassen relevanter Variablen	250
13.1.2 Verwendung irrelevanter Variablen	256
13.2 Diagnose und Neu-Spezifikation	258
13.2.1 Korrigiertes Bestimmtheitsmaß \bar{R}^2	259
13.2.2 Weitere Kennzahlen: AIC, SC und PC	261
13.2.3 F-Test	263
13.2.4 t-Test	264
13.2.5 Zusammenhang zwischen korrigiertem Bestimmtheitsmaß, F-Test und (-Test)	265
13.2.6 Ungenesteter F-Test	266
13.2.7 J-Test	268
13.3 Spezifikations-Methodologien	270
13.3.1 Steinmetz- versus Maurer-Methodologie	270
13.3.2 Ein wichtiges Problem bei der Variablenauswahl	270
13.4 Zusammenfassung	271
Anhang	272
13.5 Repetitorium Matrixalgebra II	273
13.5.1 Blockmatrizen	273
13.5.2 Rechnen mit Blockmatrizen	274
13.5.3 Inversion von Blockmatrizen	274
13.6 Matrixalgebraischer Anhang	277
13.6.1 Auslassen relevanter Variablen	278
13.6.2 Verwendung irrelevanter Variablen	280
13.6.3 Instrumente der Variablenauswahl	283
14 Verletzung der Annahme A2:	
Nicht-lineare Wirkungszusammenhänge	285
14.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	286
14.2 Einige alternative Funktionsformen	286
14.2.1 Semi-logarithmisches Modell	287
14.2.2 Inverses Modell	289
14.2.3 Exponential-Modell	289
14.2.4 Logarithmisches Modell	290
14.2.5 Log-inverses Modell	291
14.2.6 Quadratisches Modell	292
14.2.7 Eine vergleichende Anwendung	292
14.3 Diagnose und Neu-Spezifikation	294

14.3.1	Regression Specification Error Test (RESET)	295
14.3.2	Bestimmtheitsmaß R^2	299
14.3.3	Box-Cox-Test	300
14.4	Zusammenfassung	305
	Anhang	306
14.5	Matrixalgebraischer Anhang	308
15	Verletzung der Annahme A3:	
	Variable Parameterwerte	311
15.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	313
15.1.1	Ein geeignetes Strukturbruchmodell	315
15.1.2	Schätzung und Interpretation der Parameter des Strukturbruchmodells	317
15.1.3	Getrennte Schätzung der zwei Phasen	319
15.1.4	Eine mögliche alternative Formulierung des Strukturbruchmodells	320
15.1.5	Komplexere Strukturbrüche	321
15.1.6	Konsequenzen aus einer Vernachlässigung des Strukturbruchs	322
15.2	Diagnose	323
15.2.1	F-Test	323
15.2.2	t-Test	324
15.2.3	Prognostischer Chow-Test	325
15.2.4	Zeitpunkt des Strukturbruchs	326
15.3	Stetige Veränderung von Parameterwerten	327
15.4	Exkurs: Anwendung von Dummy-Variablen bei qualitativen exogenen Variablen	328
15.4.1	Einführung einer Dummy-Variable	329
15.4.2	Ein allgemeines Dummy-Variablen-Modell	329
15.5	Zusammenfassung	331
15.6	Matrixalgebraischer Anhang	332
15.6.1	Strukturbruchmodelle	332
15.6.2	F-Tests und (-Tests)	334
15.6.3	Exkurs: Umgang mit qualitativen exogenen Variablen	336
16	Verletzung der Annahme B1:	
	Erwartungswert der Störgröße von null verschieden	339
16.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	340
16.1.1	Konstanter Messfehler bei der Erfassung der endogenen Variable	341
16.1.2	Konstanter Messfehler bei der Erfassung einer exogenen Variable	346
16.1.3	Funktionale Modelltransformation	347
16.1.4	Gestützte endogene Variable	349

16.2	Diagnose	352
16.2.1	Überprüfung der Datenerhebung	352
16.2.2	Überprüfung auf Basis der Daten	352
16.3	Anwendbare Schätzverfahren	352
16.4	Zusammenfassung	353
Anhang		354
16.5	Matrixalgebraischer Anhang	354
16.5.1	Partitionierte Regression	354
16.5.2	Eine spezielle Partition	356
16.5.3	Konstante Messfehler: Konsequenzen für die KQ-Schätzung	358
16.5.4	Gestutzte Daten: Konsequenzen für die KQ-Schätzung	362
17 Verletzung der Annahme B2:		
Heteroskedastizität		363
17.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	364
17.1.1	Konsequenzen für die Punktschätzung	365
17.1.2	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	369
17.2	Diagnose	370
17.2.1	Goldfeld-Quandt-Test	370
17.2.2	White-Test	373
17.3	Anwendbare Schätzverfahren	374
17.3.1	VKQ-Methode	375
17.3.2	GVKQ-Methode	376
17.4	Zusammenfassung	379
17.5	Matrixalgebraischer Anhang	380
17.5.1	Herleitung des transformierten Modells	381
17.5.2	Vergleich des VKQ-Schätzers mit dem KQ-Schätzer des ursprünglichen Modells	384
17.5.3	GVKQ-Schätzer	386
18 Verletzung der Annahme B3:		
Autokorrelation		389
18.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	391
18.1.1	AR(1)-Prozess	391
18.1.2	Erwartungswert von u_t	393
18.1.3	Varianz von u_t	393
18.1.4	Kovarianz von u_t und u_{t-T}	394
18.1.5	Konsequenzen für die Punktschätzung	395
18.1.6	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	396
18.2	Diagnose	397
18.2.1	Grafische Analyse	398

18.2.2	Schätzer für p	399
18.2.3	Durbin-Watson-Test	401
18.3	Anwendbare Schätzverfahren.	406
18.3.1	Ermittlung von $x\backslash$ und $y\backslash$	406
18.3.2	VKQ-Methode von Hildreth und Lu.	408
18.3.3	GVKQ-Methode von Cochrane und Orcutt	409
18.4	Zusammenfassung.	410
Anhang	412
18.5	Matrixalgebraischer Anhang	412
18.5.1	Herleitung des transformierten Modells.	413
18.5.2	Konsequenzen der Autokorrelation.	416
18.5.3	Schätzung des transformierten Modells.	417

19 Verletzung der Annahme B4:

Störgrößen nicht normal verteilt	419	
19.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung.	420
19.2	Diagnose.	422
19.2.1	Grafische Analyse.	422
19.2.2	Jarque-Bera-Test	424
19.3	Zusammenfassung.	426
19.4	Matrixalgebraischer Anhang.	427

20 Verletzung der Annahme C1:

Zufallsabhängige exogene Variablen	429	
20.1	Weitere Qualitätskriterien für Schätzer: Konsistenz und asymptotische Effizienz	430
20.1.1	Konsistenz.	431
20.1.2	Rechenregeln für Wahrscheinlichkeitsgrenzwerte.	433
20.1.3	Asymptotische Effizienz.	434
20.2	Konsequenzen der Annahmeverletzung.	434
20.2.1	Fall 1: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable unabhängig	435
20.2.2	Fall 2: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär unkorreliert.	439
20.2.3	Eine mögliche Ursache für Fall 2: $y_t - i$ als „exogene Variable“.	440
20.2.4	Fall 3: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär korreliert	440
20.2.5	Eine mögliche Ursache für Fall 3: Probleme bei der Erfassung der exogenen Variable	442
20.3	Anwendbare Schätzverfahren.	447
20.3.1	Eigenschaften einer Instrumentvariable.	448
20.3.2	IV-Schätzung.	448
20.3.3	Konsistenz der IV-Schätzer.	450

20.3.4	Wahrscheinlichkeitsverteilung und Varianz der IV-Schätzer	451
20.3.5	Fazit der IV-Schätzung	452
20.4	Diagnose	453
20.4.1	Vorüberlegungen	453
20.4.2	Spezifikationstest von Hausman	453
20.5	Zusammenfassung	455
20.6	Matrixalgebraischer Anhang	456
20.6.1	Bedingter Erwartungswert	457
20.6.2	Fall 1: Störgrößen und exogene Variablen sind unabhängig	460
20.6.3	Fall 2: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär nicht korreliert	469
20.6.4	Fall 3: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär korreliert	470
20.6.5	Instrumentvariablen-Schätzung	471
20.6.6	Hausman-Test	477
21	Verletzung der Annahme C2:	
	Perfekte Multikollinearität	479
21.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	482
21.1.1	Grafische Veranschaulichung	482
21.1.2	Konsequenzen <i>perfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests	483
21.1.3	Konsequenzen <i>imperfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests	484
21.2	Diagnose	486
21.2.1	Diagnose von Multikollinearität	486
21.2.2	Hohe Schätzvarianz der Punktschätzer: Multikollinearität oder Fehlspezifikation?	488
21.3	Angemessener Umgang mit Multikollinearität	491
21.3.1	Verfahren zur Eindämmung des Multikollinearitätsproblems.	491
21.3.2	Verwendung zusätzlicher Informationen.	493
21.4	Zusammenfassung	496
21.5	Matrixalgebraischer Anhang	497
21.5.1	Auswirkungen hoher Multikollinearität auf die KQ-Schätzer.	497
21.5.2	Diagnose der Multikollinearität	499
21.5.3	Restringierte KQ-Schätzung	499

IV	Weiterführende Themenbereiche	505
22	Dynamische Modelle	507
22.1	Stochastische Prozesse und Stationarität	508
22.1.1	Stochastische Prozesse	508
22.1.2	Stationarität von stochastischen Prozessen	509
22.1.3	I(1)-Prozesse	510
22.2	Interpretation dynamischer Modelle	511
22.2.1	Interpretation einzelner Parameter	511
22.2.2	Kurzfristiger und langfristiger Multiplikator	512
22.2.3	Median-Lag	515
22.3	Allgemeine Schätzprobleme dynamischer Modelle	516
22.3.1	Zwei zentrale Schätzprobleme	516
22.3.2	Mögliche Lösungsstrategien	517
22.4	Modelle mit geometrischer Lag-Verteilung	517
22.4.1	Geometrische Lag-Verteilungen	517
22.4.2	Koyck-Modell	518
22.4.3	Ein Verwandter des Koyck-Modells: Partielles Anpassungsmodell	521
22.4.4	Ein weiterer Verwandter des Koyck-Modells: Modell adaptiver Erwartungen	523
22.5	Modelle mit rationaler Lag-Verteilung und ihre Fehlerkorrektur-Formulierung	524
22.5.1	Langfristige Gleichgewichtsbeziehung	525
22.5.2	Fehlerkorrektur-Formulierung des ADL(1,1)-Modells	526
22.5.3	Schätzung des Fehlerkorrekturmodells	527
22.5.4	Fehlerkorrekturmodell und ökonomische Theorie	529
22.6	Zusammenfassung	530
22.7	Matrixalgebraischer Anhang	531
22.7.1	Allgemeines dynamisches Modell	531
22.7.2	Formulierung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	532
22.7.3	Schätzung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	532
23	Interdependente Gleichungssysteme	535
23.1	Nicht-Konsistenz der KQ-Schätzer	536
23.2	Indirekte KQ-Methode (IKQ-Methode)	537
23.2.1	Strukturelle Form versus reduzierte Form	537
23.2.2	Schätzung der Parameter der reduzierten Form	539
23.2.3	Schätzung der Parameter der strukturellen Form	539
23.3	Identifikationsproblem	541
23.3.1	Ein verkleinertes Gleichungssystem	541
23.3.2	Ein erweitertes Gleichungssystem	542

23.3.3	Ordnungskriterium	543
23.4	Zweistufige KQ-Methode (ZSKQ-Methode).	545
23.4.1	Erste Stufe der ZSKQ-Schätzung	545
23.4.2	Zweite Stufe der ZSKQ-Schätzung	546
23.4.3	ZSKQ-Schätzung im Überblick	547
23.5	Weitere Beispiele interdependenter Gleichungssysteme	548
23.5.1	Gleichungssysteme mit Lag-Variablen	548
23.5.2	Keynesianisches Makromodell.	549
23.5.3	Partielles Marktgleichgewichtsmodell.	549
23.6	Zusammenfassung	550
	Anhang	552
23.7	Matrixalgebraischer Anhang	553
23.7.1	Kompakte Darstellung der strukturellen Form.	553
23.7.2	Reduzierte Form	556
23.7.3	Identifikation einer Gleichung.	558
23.7.4	Schätzung mit der IKQ-Methode.	559
23.7.5	Schätzung mit der ZSKQ-Methode.	560
	Literaturverzeichnis	563
	Tabellenanhang	567
	Index	575