

Ludwig von Auer

Ökonometrie

Eine Einführung

Zweite, erweiterte Auflage
mit 64 Abbildungen
und 51 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	5
1.3.3	Hypothesentest	9
1.3.4	Prognose	9
1.4	Aufbau des Lehrbuches.	9
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.	21
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	30
2.2.6	Rechenregeln für Erwartungswert und Varianz	33
2.2.7	Eine spezielle Wahrscheinlichkeitsverteilung: Normalverteilung	34
2.3	B-Annahmen.	34
2.3.1	Begründungen für die Existenz der Störgröße.	35
2.3.2	Formulierung der B-Annahmen.	36

2.4	Statistisches Repetitorium II	42
2.4.1	Stichproben-Mittelwert einer Variable	42
2.4.2	Stichproben-Varianz einer Variable	43
2.4.3	Stichproben-Kovarianz zweier Variablen	44
2.5	C-Annahmen	44
2.6	Zusammenfassung	45
	Schätzung I: Punktschätzung	47
3.1	KQ-Methode - eine Illustration	49
3.2	KQ-Methode - eine algebraische Formulierung	51
3.2.1	Summe der Residuenquadrate	51
3.2.2	Herleitung der Schätzformeln	53
3.3	Interpretation der KQ-Schätzer	56
3.4	Bestimmtheitsmaß R^2	57
3.4.1	Grafische Veranschaulichung	57
3.4.2	Definition des Bestimmtheitsmaßes	60
3.4.3	Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	61
3.5	Zusammenfassung	62
	Anhang	63
	Indikatoren für die Qualität von Schätzverfahren	65
4.1	Statistischer Hintergrund	66
4.1.1	Konzept einer wiederholten Stichprobe	66
4.1.2	Warum ist y_t eine Zufallsvariable?	66
4.1.3	Warum sind die Schätzer Zufallsvariablen?	68
4.2	Zwei Indikatoren: Unverzerrtheit und Effizienz	69
4.3	Unverzerrtheit und Effizienz der KQ-Methode	72
4.4	Statistisches Repetitorium III	74
4.4.1	Standard-Normalverteilung	74
4.4.2	χ^2 -Verteilung	75
4.4.3	t -Verteilung	76
4.4.4	F -Verteilung	77
4.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der KQ-Schätzer	78
4.5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung von y_t	78
4.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer	79
4.6	Zusammenfassung	79
	Anhang	80
	Schätzung II: Intervallschätzer	83
5.1	Konfidenzintervalle und Intervallschätzer	84
5.2	Intervallschätzer für β bei bekanntem σ^2	86
5.3	Intervallschätzer für β bei unbekanntem σ^2	89
5.3.1	Herleitung des Intervallschätzers	89
5.3.2	Interpretation des Intervallschätzers	95

5.3.3	Aussagekraft von Intervallschätzern	96
5.4	Intervallschätzer für a	97
5.5	Zusammenfassung	98
6	Hypothesentest	99
6.1	Zweiseitiger Hypothesentest	99
6.1.1	Nullhypothese und Konfidenzintervall	100
6.1.2	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	100
6.1.3	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	102
6.1.4	Zusammenhang zwischen analytischem und grafischem Vorgehen	105
6.2	Einseitiger Hypothesentest	106
6.2.1	Ein grafisches Entscheidungsverfahren	107
6.2.2	Ein analytisches Entscheidungsverfahren	108
6.3	p-Wert	111
6.4	Wahl der geeigneten Nullhypothese und des geeigneten Signifikanzniveaus	113
6.4.1	Strategie A: Nullhypothese behauptet Gegenteil der Anfangsvermutung	113
6.4.2	Strategie B: Nullhypothese stimmt mit Anfangsvermutung überein	115
6.4.3	Trennschärfe von Tests	116
6.4.4	Anmerkungen zu zweiseitigen Tests	117
6.5	Zusammenfassung	117
7	Prognose	119
7.1	Punktprognose	119
7.1.1	Prognosewert und Prognosefehler	119
7.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose	120
7.2	Prognoseintervall	121
7.3	Zusammenfassung	124
II	Multiples lineares Regressionsmodell	125
8	Spezifikation	129
8.1	A-Annahmen	130
8.1.1	Erster Schritt: Formulierung eines plausiblen linearen Modells	130
8.1.2	Zweiter und dritter Schritt: Hinzufügung eines Beobachtungsindex und einer Störgröße	132
8.1.3	Formulierung der A-Annahmen	134
8.2	B-Annahmen	134
8.2.1	Formulierung der B-Annahmen	134

8.2.2	Interpretation der B-Annahmen	135
8.3	C-Annahmen	136
8.4	Zusammenfassung	139
8.5	Repetitorium Matrixalgebra I	140
8.5.1	Notation und Terminologie	140
8.5.2	Rechnen mit Matrizen	142
8.5.3	Rang einer Matrix und ihre Inversion	144
8.5.4	Quadratische Form	146
8.5.5	Differentiation von linearen Funktionen	146
8.5.6	Erwartungswert und Varianz-Kovarianz-Matrix	147
8.5.7	Spur einer Matrix	148
8.5.8	Definite und Semidefinite Matrizen	148
8.6	Matrixalgebraischer Anhang	151
8.6.1	Multiples Regressionsmodell in Matrixschreibweise	151
8.6.2	Formulierung der A-, B- und C-Annahmen	151
	Schätzung	155
9.1	Punktschätzer	157
9.2	Interpretation der Schätzer	160
9.2.1	Formale Interpretation	160
9.2.2	ökonomische Interpretation	160
9.3	Bestimmtheitsmaß R^2	162
9.3.1	Definition des Bestimmtheitsmaßes	162
9.3.2	Grafische Veranschaulichung des Bestimmtheitsmaßes	163
9.3.3	Berechnung des Bestimmtheitsmaßes	164
9.4	Unverzerrtheit und Effizienz der KQ-Methode	165
9.4.1	Erwartungswert und Varianz der KQ-Schätzer	165
9.4.2	Interpretation der Formeln	165
9.4.3	Schätzformeln für $var(y)$, $var(\beta_k)$ und $cov(\beta_1, \beta_2)$	167
9.4.4	BLUE- bzw. BUE-Eigenschaft der KQ-Schätzer	168
9.5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der KQ-Schätzer	168
9.5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung der y_t	168
9.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Schätzer	169
9.6	Intervallschätzer	169
9.7	Zusammenfassung	173
	Anhang	174
9.8	Matrixalgebraischer Anhang	175
9.8.1	Herleitung der KQ-Schätzer	176
9.8.2	Bestimmtheitsmaß	180
9.8.3	Erwartungswert der KQ-Schätzer	182
9.8.4	Varianz-Kovarianz-Matrix der KQ-Schätzer	183
9.8.5	Was genau bedeutet BLUE?	184
9.8.6	KQ-Schätzer sind BLUE: Gauss-Markov-Theorem	186
9.8.7	Schätzung der Störgrößenvarianz	188

9.8.8	Wahrscheinlichkeitsverteilung der KQ-Schätzer	190
9.8.9	Intervallschätzung	191
9.8.10	Resümee	192
10	Hypothesentest	193
10.1	Testen einer Linearkombination von Parametern: i-Test	193
10.1.1	Zweiseitiger i-Test	193
10.1.2	Einseitiger t-Test	197
10.2	Simultaner Test mehrerer Linearkombinationen von Parametern: F-Test	198
10.2.1	Eine wichtige Nullhypothese	199
10.2.2	Test einer allgemeinen Nullhypothese	205
10.3	Zusammenhang zwischen i-Test und F-Test bei $L = 1$	206
10.3.1	Zweiseitiger F-Test einer einzelnen Linearkombination	206
10.3.2	Probleme des F-Tests bei einseitigen Hypothesen	208
10.4	Zusammenhang zwischen t-Test und F-Test bei $L = 2$	209
10.4.1	Numerisches Beispiel	210
10.4.2	Unterschied zwischen individuellen und simultanen Tests	210
10.5	Zusammenfassung	213
10.6	Matrixalgebraischer Anhang	214
10.6.1	t-Test	214
10.6.2	F-Test	216
10.6.3	Zusammenhang zwischen i-Test und F-Test bei $L = 1$	221
10.6.4	Warum besitzen F -Werte eine F -Verteilung?	222
10.6.5	Warum besitzen t -Werte eine t -Verteilung?	222
11	Prognose	225
11.1	Punktprognose	225
11.1.1	Prognosewert und Prognosefehler	225
11.1.2	Verlässlichkeit der Punktprognose	226
11.2	Prognoseintervall	227
11.3	Zusammenfassung	228
11.4	Matrixalgebraischer Anhang	228
12	Präsentation der Schätzergebnisse und deren computergestützte Berechnung	231
12.1	Computergestützte ökonomische Analyse	232
12.1.1	Ökonomische Software	232
12.1.2	Interpretation des Computeroutputs	233
12.2	Präsentation von Schätzergebnissen	234

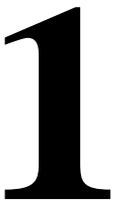
III Ökonometrische Probleme der wirtschaftsempirischen Praxis: Verletzungen der A-, B- oder C-Annahmen 237

13 Verletzung der Annahme A1:	
Fehlerhafte Auswahl der exogenen Variablen	241
13.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	242
13.1.1 Auslassen relevanter Variablen	244
13.1.2 Verwendung irrelevanter Variablen	249
13.2 Diagnose und Neu-Spezifikation	252
13.2.1 Korrigiertes Bestimmtheitsmaß R^2	252
13.2.2 Weitere Kennzahlen: AIC, SC und PC	255
13.2.3 t-Test	256
13.2.4 F-Test	257
13.2.5 Zusammenhang zwischen korrigiertem Bestimmtheitsmaß, F-Test und t-Test	258
13.2.6 Ungenesteter F-Test	259
13.2.7 J-Test	261
13.3 Spezifikations-Methodologien	262
13.3.1 Steinmetz- versus Maurer-Methodologie	263
13.3.2 Ein wichtiges Problem bei der Variablenauswahl	263
13.4 Zusammenfassung	264
Anhang	265
13.5 Repetitorium Matrixalgebra II	266
13.5.1 Blockmatrizen	266
13.5.2 Rechnen mit Blockmatrizen	267
13.5.3 Inversion von Blockmatrizen	267
13.6 Matrixalgebraischer Anhang	270
13.6.1 Auslassen relevanter Variablen	270
13.6.2 Verwendung irrelevanter Variablen	273
13.6.3 Instrumente der Variablenauswahl	276
14 Verletzung der Annahme A2:	
Nicht-lineare Wirkungszusammenhänge	277
14.1 Konsequenzen der Annahmeverletzung	278
14.2 Einige alternative Funktionsformen	278
14.2.1 Semi-logarithmisches Modell	279
14.2.2 Inverses Modell	281
14.2.3 Exponential-Modell	281
14.2.4 Logarithmisches Modell	282
14.2.5 Log-inverses Modell	283
14.2.6 Quadratisches Modell	284
14.2.7 Eine vergleichende Anwendung	284
14.3 Diagnose und Neu-Spezifikation	286

14.3.1	Regression Specification Error Test (RESET)	286
14.3.2	Bestimmtheitsmaß R^2	291
14.3.3	Box-Cox-Test	292
14.4	Zusammenfassung	297
14.5	Matrixalgebraischer Anhang	298
15 Verletzung der Annahme A3:		
	Variable Parameterwerte	301
15.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	303
15.1.1	Ein geeignetes Strukturbruchmodell	305
15.1.2	Schätzung und Interpretation der Parameter des Strukturbruchmodells	307
15.1.3	Getrennte Schätzung der zwei Phasen	309
15.1.4	Eine mögliche alternative Formulierung des Strukturbruchmodells	310
15.1.5	Komplexere Strukturbrüche	311
15.1.6	Konsequenzen aus einer Vernachlässigung des Strukturbruchs	312
15.2	Diagnose	312
15.2.1	F-Test	313
15.2.2	Prognostischer Chow-Test	314
15.2.3	«-Test	315
15.2.4	Zeitpunkt des Strukturbruchs	316
15.3	Stetige Veränderung von Parameterwerten	317
15.4	Exkurs: Anwendung von Dummy-Variablen bei qualitativen exogenen Variablen	318
15.4.1	Einführung einer Dummy-Variable	318
15.4.2	Ein allgemeines Dummy-Variablen-Modell	319
15.5	Zusammenfassung	321
15.6	Matrixalgebraischer Anhang	322
15.6.1	Strukturbruchmodelle	322
15.6.2	F-Tests und t-Tests	324
15.6.3	Exkurs: Umgang mit qualitativen exogenen Variablen	325
16 Verletzung der Annahme B1:		
	Erwartungswert der Störgröße von null verschieden	329
16.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	330
16.1.1	Konstanter Messfehler bei der Erfassung der endogenen Variable	331
16.1.2	Konstanter Messfehler bei der Erfassung einer exogenen Variable	336
16.1.3	Funktionale Modelltransformation	336
16.1.4	Gestutzte endogene Variable	339
16.2	Diagnose	342

16.2.1	Überprüfung der Datenerhebung	342
16.2.2	Überprüfung auf Basis der Daten.	342
16.3	Anwendbare Schätzverfahren	342
16.4	Zusammenfassung.	343
Anhang	343
16.5	Matrixalgebraischer Anhang	344
16.5.1	Partitionierte Regression.	344
16.5.2	Eine spezielle Partition	346
16.5.3	Konstante Messfehler: Konsequenzen für die KQ-Schätzung	348
16.5.4	Gestutzte Daten: Konsequenzen für die KQ-Schätzung .	352
17	Verletzung der Annahme B2:	
	Heteroskedastizität	353
17.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung.	354
17.1.1	Konsequenzen für die Punktschätzung	355
17.1.2	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	359
17.2	Diagnose.	360
17.2.1	Goldfeld-Quandt-Test	360
17.2.2	White-Test	363
17.3	Anwendbare Schätzverfahren.	364
17.3.1	VKQ-Methode.	365
17.3.2	GVKQ-Methode.	366
17.4	Zusammenfassung	369
17.5	Matrixalgebraischer Anhang.	370
17.5.1	Herleitung des transformierten Modells.	371
17.5.2	Vergleich des VKQ-Schätzers mit dem KQ-Schätzer des ursprünglichen Modells.	373
17.5.3	GVKQ-Schätzer.	375
18	Verletzung der Annahme B3:	
	Autokorrelation	377
18.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung.	379
18.1.1	AR(1)-Prozess.	379
18.1.2	Erwartungswert von ut	380
18.1.3	Varianz von ut	381
18.1.4	Kovarianz von u_t und u_{t-T}	382
18.1.5	Konsequenzen für die Punktschätzung	382
18.1.6	Konsequenzen für Intervallschätzung und Hypothesentest	384
18.2	Diagnose.	385
18.2.1	Grafische Analyse.	385
18.2.2	Schätzer für p	387

18.2.3	Durbin-Watson-Test	388
18.3	Anwendbare Schätzverfahren	393
18.3.1	Ermittlung von x_i und y_i	394
18.3.2	VKQ-Methode von Hildreth und Lu	395
18.3.3	GVKQ-Methode von Cochrane und Orcutt	396
18.4	Zusammenfassung	398
Anhang	399
18.5	Matrixalgebraischer Anhang	400
18.5.1	Herleitung des transformierten Modells	401
18.5.2	Konsequenzen der Autokorrelation	403
18.5.3	Schätzung des transformierten Modells	404
19	Verletzung der Annahme B4:	
	Störgrößen nicht normalverteilt	405
19.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	406
19.2	Diagnose	408
19.2.1	Grafische Analyse	408
19.2.2	Jarque-Bera-Test	410
19.3	Zusammenfassung	412
19.4	Matrixalgebraischer Anhang	412
20	Verletzung der Annahme C1:	
	Zufallsabhängige exogene Variablen	413
20.1	Weitere Qualitätskriterien für Schätzer: Konsistenz und asymptotische Effizienz	414
20.1.1	Konsistenz	415
20.1.2	Rechenregeln für Wahrscheinlichkeitsgrenzwerte	417
20.1.3	Asymptotische Effizienz	417
20.2	Konsequenzen der Annahmeverletzung	417
20.2.1	Fall 1: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable unabhängig	418
20.2.2	Fall 2: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär unkorreliert	422
20.2.3	Eine mögliche Ursache für Fall 2: y_{t-i} als „exogene Variable“.	423
20.2.4	Fall 3: Störgrößen und Beobachtungen der exogenen Variable kontemporär korreliert	423
20.2.5	Eine mögliche Ursache für Fall 3: Probleme bei der Erfassung der exogenen Variable	425
20.3	Anwendbare Schätzverfahren	430
20.3.1	Eigenschaften einer Instrumentvariable	430
20.3.2	IV-Schätzung	431
20.3.3	Konsistenz der IV-Schätzer	432



20.3.4	Wahrscheinlichkeitsverteilung und Varianz der IV-Schätzer	433
20.3.5	Fazit der IV-Schätzung	435
20.4	Diagnose	435
20.4.1	Vorüberlegungen	435
20.4.2	Spezifikationstest von Hausman	436
20.5	Zusammenfassung	437
20.6	Matrixalgebraischer Anhang	439
20.6.1	Bedingter Erwartungswert	440
20.6.2	Fall 1: Störgrößen und exogene Variablen sind unabhängig	442
20.6.3	Fall 2: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär nicht korreliert	451
20.6.4	Fall 3: Störgrößen und exogene Variablen sind kontemporär korreliert	453
20.6.5	Instrumentvariablen-Schätzung	453
20.6.6	Hausman-Test	460
21	Verletzung der Annahme C2:	
	Perfekte Multikollinearität	461
21.1	Konsequenzen der Annahmeverletzung	464
21.1.1	Grafische Veranschaulichung	464
21.1.2	Konsequenzen <i>perfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests	466
21.1.3	Konsequenzen <i>imperfekter</i> Multikollinearität für Punkt-, Intervallschätzung und Hypothesentests	466
21.2	Diagnose	468
21.2.1	Diagnose von Multikollinearität	468
21.2.2	Hohe Schätzvarianz der Punktschätzer: Multikollinearität oder Fehlspezifikation?	471
21.3	Angemessener Umgang mit Multikollinearität	473
21.3.1	Verfahren zur Eindämmung des Multikollinearitätsproblems	473
21.3.2	Verwendung zusätzlicher Informationen	475
21.4	Zusammenfassung	477
21.5	Matrixalgebraischer Anhang	478
21.5.1	Auswirkungen hoher Multikollinearität auf die KQ-Schätzer	479
21.5.2	Diagnose der Multikollinearität	481
21.5.3	Restringierte KQ-Schätzung	481

IV	Weiterführende Themenbereiche	487
22	Dynamische Modelle	489
22.1	Stochastische Prozesse und Stationarität	490
22.1.1	Stochastische Prozesse	490
22.1.2	Stationarität von stochastischen Prozessen	491
22.1.3	I(1)-Prozesse	492
22.2	Interpretation dynamischer Modelle	493
22.2.1	Interpretation einzelner Parameter	493
22.2.2	Kurzfristiger und langfristiger Multiplikator	494
22.2.3	Median-Lag	497
22.3	Allgemeine Schätzprobleme dynamischer Modelle	498
22.3.1	Zwei zentrale Schätzprobleme	498
22.3.2	Mögliche Lösungsstrategien	499
22.4	Modelle mit geometrischer Lag-Verteilung	499
22.4.1	Geometrische Lag-Verteilungen	499
22.4.2	Koyck-Modell	500
22.4.3	Ein Verwandter des Koyck-Modells: Partielles Anpassungsmodell	503
22.4.4	Ein weiterer Verwandter des Koyck-Modells: Modell adaptiver Erwartungen	505
22.5	Modelle mit rationaler Lag-Verteilung und ihre Fehlerkorrektur-Formulierung	506
22.5.1	Langfristige Gleichgewichtsbeziehung	507
22.5.2	Fehlerkorrektur-Formulierung des rationalen Modells	507
22.5.3	Schätzung des Fehlerkorrekturmodells	509
22.5.4	Fehlerkorrekturmodell und ökonomische Theorie	510
22.6	Zusammenfassung	511
22.7	Matrixalgebraischer Anhang	513
22.7.1	Allgemeines dynamisches Modell	513
22.7.2	Formulierung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	513
22.7.3	Schätzung von Modellen mit geometrischer Lag-Verteilung	514
23	Interdependente Gleichungssysteme	515
23.1	Nicht-Konsistenz der KQ-Schätzer	516
23.2	Indirekte KQ-Methode (IKQ-Methode)	517
23.2.1	Strukturelle Form versus reduzierte Form	517
23.2.2	Schätzung der Parameter der reduzierten Form	519
23.2.3	Schätzung der Parameter der strukturellen Form	519
23.3	Identifikationsproblem	521
23.3.1	Ein verkleinertes Gleichungssystem	521
23.3.2	Ein erweitertes Gleichungssystem	522

23.3.3	Ordnungskriterium	523
23.4	Zweistufige KQ-Methode (ZSKQ-Methode).	525
23.4.1	Erste Stufe der ZSKQ-Schätzung	525
23.4.2	Zweite Stufe der ZSKQ-Schätzung	526
23.4.3	ZSKQ-Schätzung im Überblick	527
23.5	Weitere Beispiele interdependenter Gleichungssysteme.	528
23.5.1	Gleichungssysteme mit Lag-Variablen	528
23.5.2	Keynesianisches Makromodell	529
23.5.3	Partielles Marktgleichgewichtsmodell.	529
23.6	Zusammenfassung	530
	Anhang	532
23.7	Matrixalgebraischer Anhang	533
23.7.1	Kompakte Darstellung der strukturellen Form	533
23.7.2	Reduzierte Form	536
23.7.3	Identifikation einer Gleichung.	538
23.7.4	Schätzung mit der IKQ-Methode	539
23.7.5	Schätzung mit der ZSKQ-Methode.	540
	Literaturverzeichnis	543
	Tabellenanhang	547
	Index	555