

Ökonometrie

Band 1

Einführung in die multiple
Regression und Ökonometrie

von

Prof. Dr. Josef Gruber, Ph. D.

FernUniversität - Gesamthochschule -

in Hagen

Lehrgebiet Statistik und Ökonometrie

Verlag Franz Vahlen München

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	XVI
1 Einführung und Übersicht	1
1.1 Übersicht über das 1. Kapitel und Lernziele	1
1.1.1 Inhaltsübersicht	1
1.1.2 Lernziele	1
1.2 Skizze des Regressionsproblems.	2
1.3 Numerisches Regressionsbeispiel: Umsatzfunktion für Filialen eines Unternehmens.	3
1.4 Auflistung von typischen Regressionsproblemen.	6
1.5 Einige Vereinbarungen zur Schreibweise.	8
1.5.1 Zufallsvariable und Realisation	8
1.5.2 Index t an Variablen.	9
1.5.3 Zweiter Index an Variablen und Parametern.	9
1.5.4 Unterscheidung wahrer Werte und Schätzwerte.	9
1.5.5 Erster Regressionskoeffizient als Absolutglied.	9
1.5.6 Numerierung von Textteilen, Gleichungen usw.	10
1.6 Ökonometrische Gleichungssysteme zur Prognose und Entscheidung	10
1.6.1 Interdependente, rekursive und blockrekursive Modelle als Weiterentwicklung von Regressionsmodellen.	10
1.6.2 Gesamtwirtschaftsmodell I (2 Gleichungen).	12
1.6.3 Gesamtwirtschaftsmodell II (4 Gleichungen).	18
2 Skizze des klassischen Regressionsmodells	24
2.1 Übersicht über das 2. Kapitel und Lernziele.	24
2.1.1 Inhaltsübersicht	24
2.1.2 Lernziele.	24
2.2 Hauptbestandteile des klassischen Modells der Normalregression.	24
2.2.1 Zwei Hauptbestandteile eines linearen Regressionsmodells.	24

2.2.2	Lineare Regressionsfunktion für die t -te Beobachtung	25
2.2.3	Lineare Regressionsfunktion für T Beobachtungen und Datenmatrix	26
2.2.4	Übersicht über die wichtigsten Modellannahmen beim klassischen Regressionsmodell und Verallgemeinerungen.	28
2.3	Empirische lineare Regressionsfunktion, Regressionshyperebene und Fehlervektor.	29
2.3.1	Vorbemerkungen.	29
2.3.2	Systematischer Teil und Erwartungswert des Regressanden.	31
2.3.3	Empirische lineare Regressionsfunktion.	31
2.3.4	Regressionshyperebene.	32
2.3.5	Fehler in der Regressionsgleichung (Residuum).	33
3	Einstufige Kleinstquadratschätzung im klassischen Regressionsmodell	37
3.1	Übersicht über das 3. Kapitel und Lernziele.	37
3.1.1	Inhaltsübersicht	37
3.1.2	Lernziele.	37
3.2	Minimierung der Summe der Fehlerquadrate als Schätzprinzip.	38
3.2.1	Vorbemerkungen zum KQ-Schätzprinzip und seiner besonderen Wichtigkeit	38
3.2.2	Herleitung der Zielfunktion.	39
3.2.3	Illustration des KQ-Schätzprinzips an einem Beispiel.	39
3.3	Einstufige Kleinstquadratschätzung der Regressionskoeffizienten, des Regressanden, des Störvariablenvektors und der Störvariablenvarianz	40
3.3.1	Herleitung der Normalgleichungen.	40
3.3.2	Lösen der Normalgleichungen durch Matrixinversion.	42
3.3.3	IKQ-Schätzung des Regressionskoeffizientenvektors β	43
3.3.4	Interpretation des IKQ-Schätzers β	44
3.3.5	IKQ-Schätzer \hat{y} für den Erwartungswert des Regressandenvektors .	45
3.3.6	IKQ-Schätzer \hat{u} für den Störvariablenvektor u sowie relativer Prognosefehler.	45
3.3.7	IKQ-Schätzer $\hat{\sigma}^2$ für die Störvariablenvarianz σ^2	46
3.3.8	Numerische Beispiele zur IKQ-Schätzung im multiplen Regressionsmodell.	47
3.3.9	Lineare Einfachregression als Spezialfall der Mehrfachregression . . .	50
3.3.10	Standardisierte Regressionskoeffizienten.	52
3.3.11	Elastizitätskoeffizienten	53

3.4	Einstufige Kleinstquadratschätzung der Kovarianzmatrix der geschätzten Regressionskoeffizienten	55
3.4.1	Wahre Kovarianzmatrix von β	55
3.4.2	Nach IKQ geschätzte Kovarianzmatrix von β	56
3.4.3	Anwendung auf ein Beispiel	57
3.5	Über statistische Eigenschaften des IKQ-Schätzers β im klassischen Regressionsmodell	58
3.5.1	Übersicht	58
3.5.2	Über erwünschte statistische Eigenschaften von Schätzern allgemein	59
3.5.3	Statistische Eigenschaften des IKQ-Schätzers β im klassischen linearen Regressionsmodell	65
3.5.4	Ausblick: Schätzverfahren für das klassische Regressionsmodell als Entwicklungsbasis für ökonometrische Verfahren	67
3.6	Echte Punkt- und Intervallprognosen des Regressanden im klassischen Regressionsmodell	68
3.6.1	Bisher erläuterte Punktprognosen des Regressanden für den Schätzzeitraum (Ex-post-Prognosen).	68
3.6.2	Echte Punktprognosen des Regressanden (Ex-ante-Prognosen)	68
3.6.3	Prognosefehler und ihre Varianzen	69
3.6.4	Intervallprognose für den Erwartungswert des Regressanden	71
3.6.5	Intervallprognose für einen individuellen Wert des Regressanden	71
3.6.6	Über Eigenschaften der echten Prognosen im klassischen Regressionsmodell	72
3.6.7	Anwendungen auf Beispiele und Übungsaufgaben	72
3.6.8	Ausblick: Prognosen in ökonometrischen Gleichungssystemen	76
3.7	Anpassungsgütemaße im klassischen Regressionsmodell	76
3.7.1	Übersicht über Anpassungsgütemaße	76
3.7.2	Drei äquivalente Definitionen des Bestimmtheitsmaßes B^2	77
3.7.3	Partielles Bestimmtheitsmaß AR_k^2	81
3.7.4	Korrigierte Bestimmtheitsmaße R_T^2 und R_A^2	83
3.8	/-Test und Konfidenzintervalle für einzelne Regressionskoeffizienten und einzelne Linearkombinationen	87
3.8.1	Vorbemerkungen zu f-Test und F-Test im klassischen Regressionsmodell	87
3.8.2	Grundlagen des «-Tests	87
3.8.3	Der i-Test beim zweiseitigen Hypothesenpaar	88
3.8.4	Der t-Test bei einseitigen Hypothesenpaaren	89

3.8.5	Anmerkungen zur Durchführung des t -Tests.	90
3.8.6	Anwendungen des t -Tests auf eine Beispielsregression	92
3.8.7	Der t -Test von Hypothesen über eine Linearkombination von Regressionskoeffizienten.	93
3.8.8	Konfidenzintervalle für einzelne Koeffizienten und für einzelne Linearkombinationen von Koeffizienten.	96
3.8.9	Prognoseintervalle als Konfidenzintervalle einer Linearkombination von Regressionskoeffizienten	99
3.9	F-Test von Hypothesen über Gruppen von Regressionskoeffizienten bzw. Linearkombinationen	99
3.9.1	Hypothesen beim F-Test	99
3.9.2	Teststatistik und Entscheidungsregel beim F-Test	101
3.9.3	Durchführung des F-Tests und Spezialfälle.	102
4	Schätzen und Testen in verallgemeinerten Regressionsmodellen:	
	einige Verbindungslinien zu ökonometrischen Modellen	105
4.1	Übersicht über das 4. Kapitel und Lernziele.	105
4.1.1	Übergeordnetes Ziel dieses Kapitels.	105
4.1.2	Anpassung der klassischen Regressionsanalyse an die Erfordernisse der empirischen Wirtschafts- und Sozialforschung	105
4.1.3	Ökonometrie: Skizze einer Definition, Ziele ökonometrischer Analyse und Vorteile.	106
4.1.4	Lernziele im 4. Kapitel.	107
4.2	Das verallgemeinerte lineare Regressionsmodell im Überblick	108
4.2.1	Spezielle Bedeutung des Begriffes "verallgemeinertes lineares Regressionsmodell".	108
4.2.2	Kovarianzmatrix des Störvariablenvektors U im verallgemeinerten Regressionsmodell.	108
4.2.3	Folgen der IKQ-Schätzung im verallgemeinerten Regressionsmodell .	112
4.2.4	Verallgemeinerte Kleinstquadratschätzung im verallgemeinerten Regressionsmodell.	112
4.3	Autokorrelation der Störvariablen und verallgemeinerte Kleinstquadrat- schätzung (Aitkensschätzung).	114
4.3.1	Autokorrelation der Störvariablen als häufig auftretende Krankheit des klassischen Regressionsmodells: Definition, „Diagnose und Therapie in Übersicht.	114
4.3.2	Autoregressiver Prozeß 1. Ordnung der Störvariablen.	115
4.3.3	Durbin-Watson-d-Test auf Autokorrelation der Störvariablen	117
4.3.4	Schätzung des autoregressiven Parameters ρ , Datentransformation und Schätzung des Hilfsmodells: Aitkensschätzung	122

4.4	Querschnittskorrelation der Störvariablen und gewöhnliche IKQ-Schätzung	125
4.4.1	Querschnittskorrelation gleicher Stärke als oft realistische Alternative bei Querschnittsdatenanalysen	125
4.4.2	IKQ-Schätzung mit der ursprünglichen Datenmatrix ist in diesem Spezialfall AKQ-Schätzung	126
4.5	Heteroskedastie der Störvariablen und verallgemeinerte Kleinstquadrat-schätzung (Aitkenschätzung)	126
4.5.1	Heteroskedastie der Störvariablen als häufig auftretende Krankheit des klassischen Regressionsmodells: Definition, Diagnose und Therapie in Übersicht	126
4.5.2	Goldfeld/Quandt-Test auf Heteroskedastie der Störvariablen	127
4.5.3	Aitkenschätzung durch Datentransformation und IKQ-Schätzung des Hilfsmodells	128
4.6	Skizze zweier weiterer Verallgemeinerungen des klassischen Regressionsmodells: endogene Regressoren und diskrete abhängige Variablen	132
4.6.1	Endogene Regressoren als eine häufig erforderliche Verallgemeinerung des klassischen Regressionsmodells und zweistufige Kleinstquadratschätzung (2KQ)	132
4.6.2	Diskrete (binäre) abhängige Variable in Logit- und Probitmodellen	135
5	Annahmen des klassischen Regressionsmodells und mehrere Verallgemeinerungen als Brücke zu ökonometrischen Modellen	138
5.1	Übersicht über das 5. Kapitel und Lernziele	138
5.1.1	Inhaltsübersicht	138
5.1.2	Lernziele	139
5.2	Annahmen über die erklärte Variable (den Regressanden)	140
5.2.1	Erklärte Variable bzw. Regressand	140
5.2.2	Skizze einiger Skalierungen des Regressanden	140
5.2.3	Skalierung des Regressanden als ein den Modelltyp mitbestimmender Faktor	143
5.3	Annahmen über die erklärenden Variablen (die Regressoren)	144
5.3.1	Erklärende Variablen bzw. Regressoren	144
5.3.2	Annahme 4: Die Regressoren sind frei von extremer Kollinearität (X hat vollen Spaltenrang)	144
5.3.3	Annahme 5: Die Datenreihenlänge ist größer als die Anzahl der Regressoren	145
5.3.4	Annahme 6FN: Die Regressoren sind feste (nichtstochastische) Größen	146
5.3.5	Annahme 6EX: Die Regressoren sind im Regressionsmodell exogen	146
5.3.6	Annahme 6EN: Die Regressoren sind im Regressionsmodell endogen	146

5.3.7	Annahme 7: Die Regressoren sind frei von Fehlern in den Variablen .	147
5.3.8	Annahme 8: Die Regressormatrix X enthält alle wichtigen Bestimmungsfaktoren des Regressanden	148
5.4	Annahmen über die Regressionskoeffizienten und Strukturänderungen . . .	148
5.4.1	Annahme 9: Die Regressionskoeffizienten sind feste und konstante Größen in der Zeit bzw. im Querschnitt	148
5.4.2	Entwicklung von Hypothesen über Strukturänderungen der Regressionskoeffizienten	149
5.5	Annahmen über die Störvariable in der Gleichung	156
5.5.1	Aufbau der Störvariablen und Querverweise	156
5.5.2	Annahme 1: Die Störvariable hat den Erwartungswert Null	157
5.5.3	Annahme 2: Die Störvariable ist homoskedastisch und frei von Autokorrelation bzw. von Querschnittskorrelation	158
5.5.4	Annahme 3: Die Störvariable ist mehrdimensional normalverteilt . . .	163
5.6	Annahmen über die gesamte Regressionsgleichung	166
5.6.1	Annahme 10: Die Regressionsgleichung ist identifiziert	166
5.6.2	Annahme 11: Das lineare Regressionsmodell ist korrekt spezifiziert .	170
5.6.3	Annahme 12: Die Datenmatrix enthält die gesamte zur Parameterschätzung verwertbare Information	171
6	Zweistufige Kleinstquadratschätzung bei endogenen Regressoren	
	(= Einzelgleichungs-Schätzung interdependenter Systeme)	172
6.1	Übersicht über das 6. Kapitel und Lernziele	172
6.1.1	Inhaltsübersicht	172
6.1.2	Lernziele im 6. Kapitel	172
6.2	Endogene Regressoren und ihre Folgen für die IKQ-Schätzung struktureller Gleichungen interdependenter Systeme	173
6.2.1	Endogenität von Regressoren verletzt eine Annahme des klassischen Regressionsmodells.	173
6.2.2	Unerwünschte Folge: Inkonsistenz von IKQ-Schätzern bei Endogenität von Regressoren.	174
6.3	Eigenschaften und Prinzip der 2KQ-Schätzung einzelner struktureller Gleichungen	177
6.3.1	Konsistenz und asymptotische Normalverteilung der 2KQ-Schätzer der strukturellen Koeffizienten	177
6.3.2	Prinzip der 2KQ-Schätzung	177
6.3.3	Erläuterung des 2KQ-Prinzips an einem Beispielsmodell.	178
6.4	2KQ-Schätzung aller Modell-Parameter in interdependenten ökonomischen Modellen	181

6.4.1	Wichtige Vorbemerkungen	181
6.4.2	Allgemeine Schreibweise für Gleichungen der strukturellen Form und der Prognoseform interdependenter ökonomischer Modelle	181
6.4.3	2KQ-Schätzung der strukturellen Koeffizienten im allgemeinen Fall	185
6.4.4	2KQ-Schätzung sonstiger Modellgrößen	186
6.4.5	2KQ-Schätzergebnisse für das GM II	188
7	Verschiedene Ergänzungen zur Einführung in die multiple Regression und Ökonometrie	190
7.1	Übersicht über das 7. Kapitel und Lernziele	190
7.2	Zur Funktionsweise des klassischen Regressionsmodells und der stochastischen Simulation (Monte Carlo-Methode)	191
7.2.1	Übersicht	191
7.2.2	Beispiel für eine deterministische Gleichung	192
7.2.3	Beispiel für eine stochastische Gleichung mit einer diskreten Stör- variablen	193
7.2.4	Beispiel für eine stochastische Gleichung mit einer kontinuierlichen Störvariablen	194
7.2.5	Stochastische Simulation im klassischen Regressionsmodell mit einer standardnormalverteilten Störvariablen	195
7.3	Lineare Regressionsgleichung durch Transformationen	200
7.3.1	Vorteil einer linearen Regressionsfunktion	200
7.3.2	Transformation beobachtbarer Größen	201
7.3.3	Transformation nichtlinearer Modellgleichungen	202
7.3.4	Logarithmische Transformation der Potenzfunktion als Beispiel für eine häufig verwendete Transformation	202
7.3.5	Konstante Elastizitäten der Variablen in der Potenzfunktion	203
7.3.6	Variable marginale Quoten in der Potenzfunktion	204
7.3.7	Tabellarische Übersicht über einige häufig verwendete Funktions- und Transformationsformen	205
7.3.8	Änderungen gegenüber der Vorperiode und konstante Elastizitäten in der Potenzfunktion	205
7.4	Über Folgen der Kollinearität der Regressoren	207
7.4.1	Übersicht	207
7.4.2	Vergrößerte Varianzen und Kovarianzen der Schätzer für die Regressionskoeffizienten	207
7.4.3	Mangelnde Schätzbarkeit und Instabilität der empirischen Regressionskoeffizienten	209
7.5	Maße für Kollinearität der Regressoren	211

7.5.1	Übersicht	211
7.5.2	Unterscheidung zwischen extremer und nichtextremer Kollinearität sowie zwischen verschiedenen Graden nichtextremer Kollinearität . . .	211
7.5.3	Determinante der Kreuzproduktmatrix als KoUinearitätsmaß	213
7.5.4	Determinante der Korrelationsmatrix als KoUinearitätsmaß	213
7.5.5	Einzelne Korrelationskoeffizienten als KoUinearitätsmaß	214
7.5.6	Varianzinflationsfaktor als KoUinearitätsmaß	215
7.5.7	KoUinearitätsmaße auf der Basis von Eigenwerten und Eigenvektoren	216
7.5.8	Abschließende Bemerkungen, Beispiele und Übungsaufgaben	217
7.6	Phasen der Konstruktion und Anwendung von ökonomischen Modellen	220
7.6.1	Spezifikation eines fachwissenschaftlich sinnvoll und statistisch schätzbaren Modells	220
7.6.2	Statistische Schätzung der unbekannt Parameter	222
7.6.3	Prüfung von Hypothesen und Beurteilung der Modellgüte	222
7.6.4	Anwendung des Modells zur Prognose und Entscheidung (einschließlich Simulation).	223
7.6.5	Weiterführende Literatur	224
7.7	Ökonometrierer als Nobelpreisträger	224
7.8	Leontiefsche Input-Output-Modelle als Verbindung zwischen ökonomischen Modellen im engeren Sinn und Optimierungs-Modellen	226

Anhang 0: Einleitende Übersicht, Lernziele, Prioritäten und gute Ratschläge für ein zeitsparendes und erfolgreiches Ökonometrie-Studium

0.1	Übersicht über das Ökonometrie-Lehrprogramm: Grobstruktur und Zielsetzung	228
0.2	Kurze Übersicht über den Inhalt von vier Ökonometrikursen und über Vorteile ökonomischer Analyse	229
0.2.1	Skizze des Inhalts von Ökonometrie 1: Einführung	229
0.2.2	Skizze des Inhalts von Ökonometrie 2: Ökonometrische Prognose- und Optimierungsmodelle sowie Vorteile ökonomischer Analyse	232
0.2.3	Skizze des Inhalts von Ökonometrie 3: Schätz- und Testverfahren	236
0.2.4	Skizze des Inhalts von "Empirische Statistik und Ökonometrie mit SAS".	237
0.3	Hilfen und Ratschläge zum zeitsparenden und erfolgreichen Studium der Ökonometrikurse	238
0.3.1	Ausführliche Darstellung im Lehrmaterial, Beispiele und Übungsaufgaben	238
0.3.2	Angaben von Lernzielen und Prioritäten	239
0.3.3	Weitere Ratschläge für ein erfolgreiches Ökonometrie-Studium	240

0.4	Lernziel- und Prioritätsangaben zu Ökonometrie 1 sowie Voraussetzungen .	241
0.4.1	Ein übergeordnetes Lernziel von Ökonometrie 1.	241
0.4.2	Prioritätsstufen als eine Folgerung aus dem übergeordneten Lernziel in Ökonometrie 1.	242
0.4.3	Voraussetzungen für den Kurs Ökonometrie 1.	243
Anhang 1:	Einige statistische Tabellen.	245
Anhang 2:	Rechnerausdrucke zu Beispielsregressionen.	252
Anhang 3:	Grundlagen der Matrizenrechnung.	259
Anhang 4:	Lösungen der Übungsaufgaben.	286
Anhang 5:	Formelsammlung zur 1KQ- und AKQ-Schätzung.	317
Literaturverzeichnis.	320
Stichwortverzeichnis.	324