

Ökonometrie in Theorie und Praxis

Panchanan Das

Ökonometrie in Theorie und Praxis

Analyse von Querschnitt-, Zeitreihen- und Paneldaten mit Stata 15.1

 Springer Gabler

Panchanan Das
Department of Economics
University of Calcutta
Kolkata, Indien

ISBN 978-981-99-5939-6 ISBN 978-981-99-5940-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-981-99-5940-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Carina Reibold

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Singapore Pte Ltd. und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: 152 Beach Road, #21-01/04 Gateway East, Singapore 189721, Singapore

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

*Gewidmet meinem verstorbenen Vater
Bibhuti Bhusan Das*

Vorwort

Dieses Buch ist das Ergebnis meiner Erfahrung im Lernen und Lehren von Ökonometrie seit mehr als 3 Jahrzehnten. Gute Bücher zur Ökonometrie sind verfügbar, aber es fehlt an benutzerfreundlichen Büchern mit einer angemessenen Kombination aus Theorie und Anwendungspraxis mit statistischer Software. Die Bücher insbesondere von Maddala, Wooldridge, Greene, Enders, Maddala und Kim, Hsiao und Baltagi sind sehr wertvoll. Das Buch von Gujarati zeugt auch von beachtlichen Fähigkeiten, ökonometrische Theorien für Graduiertenstudenten zu erläutern. Viele Wissenschaftler, Studenten und Forscher verwenden jedoch heute statistische Software für empirische Analysen. Ich habe sowohl EViews als auch Stata in meiner Lehre und Forschung eingesetzt und persönlich festgestellt, dass Stata im Vergleich mit EViews genauso leistungsfähig oder flexibel ist. Darüber hinaus wird Stata umfangreich verwendet, um große Datensätze zu verarbeiten. Dieses Buch ist eine sinnvolle Kombination aus ökonometrischer Theorie und Anwendung von Stata 15.1.

Der grundlegende Zweck dieses Textes besteht darin, die ökonometrische Analyse von Querschnittsdaten, Zeitreihen und Paneldaten mit der Anwendung statistischer Software einzuführen. Es kann als Grundlage für diejenigen dienen, die ökonometrische Analysen in der empirischen Forschung erlernen und anwenden möchten. Das Präsentationsniveau wird so einfach wie möglich gehalten, damit das Buch sowohl für Bachelor- als auch für Masterstudenten geeignet ist. Es enthält mehrere Beispiele mit echten Daten und Stata-Programmen sowie Interpretation der Ergebnisse.

Dieses Buch richtet sich in erster Linie an Graduierte und Postgraduierte in Universitäten in Indien und im Ausland sowie an Forscher auf den Gebieten der Sozialwissenschaften, Wirtschaft, Management, Operations Research, Ingenieurwesen oder der angewandten Mathematik. In diesem Buch wird die Ökonometrie als ein Fach betrachtet, das sich mit einer Reihe von Datenanalysetechniken befasst, die in der empirischen Forschung umfangreich eingesetzt werden. Ziel ist es, den Studierenden die Fähigkeiten zu vermitteln, die für die Durchführung unabhängiger angewandter Forschung mit modernen ökonometrischen Methoden erforderlich sind. Es behandelt die statistischen Werkzeuge, die zum

Verständnis empirischer Wirtschaftsforschung und zur Planung und Durchführung unabhängiger Forschungsprojekte benötigt werden. Es versucht, ein Gleichgewicht zwischen Theorie und angewandter Forschung zu schaffen. Verschiedene Konzepte und Techniken der ökonometrischen Analyse werden durch sorgfältig entwickelte Beispiele mit dem Einsatz des statistischen Softwarepakets Stata 15.1 unterstützt. Hoffentlich wird dieses Buch erfolgreich sein, die Lücke zwischen dem Erlernen der Ökonometrie und dem Erlernen der Verwendung von Stata zu schließen.

Es ist ein Versuch, ökonometrische Theorien auf studentenfreundliche Weise in den Lernkanon zu integrieren, um die für die empirische Forschung benötigten Techniken richtig zu verstehen. Es fordert sowohl Studenten als auch professionelle Analysten aufgrund seiner ausgewogenen Diskussion der Theorien mit Softwareanwendungen. Dieses Buch sollte jedoch nicht als Ersatz für die etablierten Texte, die in der Akademie verwendet werden, dienen; vielmehr kann es als ergänzender Text in Ökonometrikursen auf Bachelor- und Masterniveau dienen. Die Diskussion in diesem Buch basiert auf der Annahme, dass der Leser ein wenig mit der Stata-Software und anderen statistischen Programmierungen vertraut ist. Die Stata-Handbücher der Stata Corporation bieten eine detaillierte Erklärung und Syntax für alle in diesem Buch verwendeten Befehle. Die zur Illustration verwendeten Daten stammen hauptsächlich aus offiziellen Quellen wie CSO (Central Statistical Office; Government of India), NSSO (National Sample Survey Office) und ILO (International Labour Organization).

Die in diesem Buch behandelten Themen sind in 4 Teile unterteilt. Teil I ist die Diskussion über einführende ökonometrische Methoden, die den Lehrplan von Graduiertenkursen an der Universität von Kalkutta, der Universität von Delhi und anderen führenden Universitäten in Indien und im Ausland abdecken. Dieser Teil des Buches bietet eine Einführung in grundlegende ökonometrische Methoden zur Datenanalyse, die Ökonomen und andere Sozialwissenschaftler verwenden, um die wirtschaftlichen und sozialen Beziehungen einzuschätzen und mit realen Daten Hypothesen darüber zu testen. Die 5 Kapitel in diesem Teil decken die Datenmanagementprobleme, Details der linearen Regressionsmodelle und die damit aufgrund der Verletzung der klassischen Annahmen verbundenen Probleme ab. Kap. 1 bietet einige grundlegende Schritte, die in der Ökonometrie und der statistischen Software Stata 15,1 für die nützliche Anwendung ökonometrischer Theorien verwendet werden. Kap. 2 diskutiert das lineare Regressionsmodell und seine Anwendung mit Querschnittsdaten. Kap. 3 befasst sich mit diesem Problem der statistischen Inferenz eines linearen Regressionsmodells. Kap. 4 lockert die Homoskedastizität und Nichtautokorrelations-Annahmen des zufälligen Fehlers eines linearen Regressionsmodells und zeigt, wie die Parameter des linearen Modells korrekt geschätzt werden. Kap. 5 diskutiert das Erkennen von Multi-kollinearität und Alternativen zur Behandlung des Problems.

Teil II diskutiert einige erweiternde Themen, die häufig in der empirischen Forschung mit Querschnittsdaten verwendet werden. Dieser Teil enthält 3 Kapitel, die einige spezifische Probleme der Regressionsanalyse einbeziehen. Kap. 6 erklärt, wie qualitative erklärende Variablen in ein lineares Modell integriert

werden können. Kap. 7 bietet ökonometrische Modelle mit begrenzten abhängigen Variablen und Probleme der abgeschnittenen Verteilung, der Stichprobenauswahlverzerrung und der multinomialen Logit. Ein besonderer Schwerpunkt wird aufgrund ihrer Beliebtheit in der empirischen Forschung mit Querschnittsdaten auf die multivariate Analyse, insbesondere die Hauptkomponentenanalyse und die Faktorenanalyse gelegt. Kap. 8 erfasst diese Fragen.

Teil III befasst sich mit der ökonometrischen Analyse von Zeitreihen. Zeitreihendaten haben einige besondere Merkmale, und sie sollten sehr vorsichtig behandelt werden. Die Ökonometrie von Zeitreihen wurde in modernem Ansatz seit den frühen 1980er Jahren mit den Veröffentlichungen von Engle und Granger gestaltet und wurde mit der Entwicklung benutzerfreundlicher Software sehr populär in der empirischen Forschung. Dieses Buch behandelt eingehend sowohl die univariaten als auch die multivariaten Zeitreihen-Ökonometriemodelle und ihre Anwendungen mit Softwareprogrammierung in 6 Kapiteln. Dieser Teil beginnt mit der Diskussion über den Datengenerierungsprozess von Zeitreihendaten in Kap. 9. Kap. 10 befasst sich mit verschiedenen Merkmalen des Datengenerierungsprozesses (DGP) einer Zeitreihe in einem univariaten Rahmen. Das Vorhandensein von Einheitswurzeln in makroökonomischen Zeitreihen hat seit den frühen 1980er Jahren einen großen Bereich der theoretischen und angewandten Forschung erhalten. Kap. 11 stellt einige Fragen bezüglich Einheitswurzeltests vor und untersucht einige der Implikationen für die makroökonomische Theorie und Politik. Kap. 12 untersucht die grundlegenden konzeptionellen Fragen, die bei der Schätzung der Beziehung zwischen 2 oder mehr nichtstationären Zeitreihen mit Einheitswurzeln beteiligt sind. Kap. 13 untersucht das Verhalten der Volatilität in Bezug auf das Modell der bedingten Heteroskedastizität. Prognosen sind wichtig in der Wirtschaft, im Handel und in verschiedenen Disziplinen der Sozialwissenschaft und der Naturwissenschaften. Kap. 14 zielt darauf ab, einen Überblick über die Prognose auf der Grundlage der Zeitreihenanalyse zu geben.

Teil IV befasst sich mit der Analyse von Paneldaten in 4 Kapiteln. Paneldaten haben mehrere Vorteile gegenüber den Querschnitts- und Zeitreihendaten. Die Ökonometrie von Paneldaten gewinnt heutzutage an Popularität aufgrund der Verfügbarkeit von Paneldaten im öffentlichen Bereich. Verschiedene Aspekte von festen Effekten und zufälligen Effekten werden hier diskutiert. Ich habe die Analyse von Paneldaten durch die Aufnahme von dynamischen Paneldatenmodellen erweitert, die am besten für die makroökonomische Forschung geeignet sind. Kap. 15 diskutiert verschiedene Arten von Paneldatenmodellen in einem statischen Zusammenhang. Kap. 16 befasst sich mit Hypothesentests zur Untersuchung von Paneldaten in einem statischen Rahmen. Paneldaten mit langen Zeiträumen werden überwiegend in der angewandten makroökonomischen Forschung verwendet, wie zum Beispiel Kaufkraftparität, Wachstumskonvergenz, Geschäftszyklussynchronisation usw. Kap. 17 beleuchtet einige theoretische Fragen und die Anwendung beim Testen auf Einheitswurzeln in Paneldaten. Das dynamische Modell im Rahmen von Paneldaten ist sehr populär in der empirischen Forschung. Kap. 18 konzentriert sich auf einige Fragen des dynamischen Paneldatenmodells.

Alle Kapitel in diesem Buch bieten Anwendungen von ökonometrischen Modellen unter Verwendung von Stata. Die einfache und trotzdem gründliche Darstellung einiger schwieriger Themen ist die größte Stärke dieses Buches. Während die Bayes'sche Ökonometrie, nichtparametrisch und semiparametrisch, heute eine populäre Methode ist, um die Eigenschaften der Daten in einer komplexeren realen Situation zu erfassen, versuche ich nicht, diese Themen abzudecken, da ich in diesen Bereichen einen vergleichsweise großen Nachteil habe und um den technischen Schwierigkeitsgrad auf einem möglichst niedrigen Niveau zu halten. Trotz dieser Einschränkungen sind die in diesem Buch behandelten Themen grundlegend und notwendig für die ökonometrische Ausbildung jedes Studenten in Wirtschaftswissenschaften und anderen Disziplinen. Ich hoffe, die Studierenden der Ökonometrie werden meinen Optimismus und meine Begeisterung für die Bedeutung der verschiedenen ökonometrischen Methoden teilen, die sie durch die Lektüre dieses Buches erlernen werden. Hoffentlich wird es ihr Interesse an der empirischen Forschung in Wirtschafts- und anderen Bereichen der Sozialwissenschaften erhöhen.

Kalkutta, Indien
Mai 2019

Panchanan Das

Danksagungen

Mein seit mehr als 3 Jahrzehnten andauerndes Interesse an der Ökonometrie wurde von meinen Lehrern auf verschiedenen Ebenen initiiert. Ich würdige den Beitrag von Amiya Kumar Bagchi, meinem Lehrer und Doktorvater, auf dem Gebiet der empirischen Forschung, der mich ermutigte, die Ökonometrie zumindest indirekt zu erlernen. Neben anderen sollte ich Dipankor Coondoo vom Indian Statistical Institute, Kalkutta, erwähnen, der mir geholfen hat, verschiedene Aspekte des Fachs klar zu verstehen. Sankar Kumar Bhoumik, mein älterer Kollege und Freund, hat mir sehr geholfen, das Fach zu erlernen, indem er mir Zugang zum Unterricht auf postgradualer Ebene an der Wirtschaftsfakultät der Universität von Kalkutta ermöglichte, sogar lange bevor ich der Fakultät als ständiger Dozent beitrug. Ich bin auch meinem Lehrer, Manoj Kumar Sanyal, sehr dankbar, der in der Tat eine ständige Quelle der Ermutigung zum Lernen und Denken ist. Ich bin überzeugt, dass sie auf irgendeine Weise sie den Hintergrund dafür geschaffen haben, dass dieses Buch geschrieben wurde.

Eine Reihe von Freunden und Kollegen haben frühere Entwürfe des Buches kommentiert oder auf andere Weise geholfen. Ich bin Maniklal Adhikary, Anindita Sengupta, Pradip Kumar Biswas und anderen für ihre Hilfe und Ermutigung dankbar. Diskussionen mit Oleg Golichenko und Kirdina Svetlana von der Higher School Economics, Moskau, waren hilfreich, um einige meiner Ideen zu verdeutlichen.

Alle verbleibenden Fehler und Auslassungen liegen natürlich in meiner Verantwortung, und ich freue mich, wenn sie mir zur Kenntnis gebracht werden.

Ich bin der Wirtschaftsfakultät der Universität von Kalkutta dankbar, die eine angemessene Infrastruktur bereitgestellt hat, in der ich während meines Lernens und Lehrens Zeit verbracht habe. Ein besonderer Dank gilt dem Leiter der Wirtschaftsfakultät und den Amtsträgern der Universität von Kalkutta.

Ich bin meiner Frau, Krishna, äußerst dankbar, die während der Vorbereitung der Manuskripte viele meiner Aufgaben im Haushalt übernommen hat.

Schließlich danke ich dem Redaktionsteam des Springer-Verlags für die Hilfe bei der Indizierung und im Lektorat. Ich bin Sagarika Ghosh von Springer für die Ermutigung zu diesem Projekt dankbar.

Kalkutta, Indien

Mai 2019

Panchanan Das

Inhaltsverzeichnis

Teil I Einführende Ökonometrie

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Einführung in die Ökonometrie und statistische Software | 3 |
| 1.1 | Einleitung | 3 |
| 1.2 | Ökonomisches Modell und ökonometrisches Modell | 6 |
| 1.3 | Populationsregressionsfunktion und Stichprobenregressionsfunktion | 9 |
| 1.4 | Parametrisches und nichtparametrisches oder semiparametrisches Modell | 12 |
| 1.5 | Schritte bei der Formulierung eines ökonometrischen Modells | 12 |
| 1.5.1 | Spezifikation | 13 |
| 1.5.2 | Schätzung | 14 |
| 1.5.3 | Testen von Hypothesen | 15 |
| 1.5.4 | Prognose | 16 |
| 1.6 | Daten | 17 |
| 1.6.1 | Querschnittsdaten | 17 |
| 1.6.2 | Zeitreihendaten | 18 |
| 1.6.3 | Gepoolte Querschnittsdaten | 19 |
| 1.6.4 | Paneldaten | 19 |
| 1.7 | Verwendung von ökonometrischer Software: <i>Stata 15.1</i> | 20 |
| 1.7.1 | Datenmanagement | 21 |
| 1.7.2 | Variablen generieren | 24 |
| 1.7.3 | Daten beschreiben | 25 |
| 1.7.4 | Grafiken | 25 |
| 1.7.5 | Logische Operatoren in Stata | 26 |
| 1.7.6 | Funktionen in Stata | 26 |
| 1.8 | Matrixalgebra | 27 |
| 1.8.1 | Matrix und Vektor: Grundoperationen | 27 |
| 1.8.2 | Partitionierte Matrizen | 31 |
| 1.8.3 | Rang einer Matrix | 31 |
| 1.8.4 | Inverse Matrix | 33 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.8.5 | Positive definite Matrix | 33 |
| 1.8.6 | Spur einer Matrix | 34 |
| 1.8.7 | Orthogonale Vektoren und Matrizen | 34 |
| 1.8.8 | Eigenwerte und Eigenvektoren | 35 |
| | Literatur | 38 |
| 2 | Lineares Regressionsmodell: Eigenschaften und Schätzung | 39 |
| 2.1 | Einleitung | 39 |
| 2.2 | Das einfache lineare Regressionsmodell. | 40 |
| 2.3 | Mehrfaches lineares Regressionsmodell. | 44 |
| 2.4 | Annahmen des linearen Regressionsmodells | 49 |
| 2.4.1 | Nichtstochastische Regressoren. | 49 |
| 2.4.2 | Linearität | 49 |
| 2.4.3 | Nullbedingter Durchschnitt | 50 |
| 2.4.4 | Exogenität | 50 |
| 2.4.5 | Homoskedastizität | 51 |
| 2.4.6 | Nichtautokorrelation | 51 |
| 2.4.7 | Vollständiger Rang. | 52 |
| 2.4.8 | Normalverteilung | 53 |
| 2.5 | Schätzmethoden | 53 |
| 2.5.1 | Die Momentenmethode (MM). | 53 |
| 2.5.2 | Die Methode der kleinsten Quadrate ("ordinary least squares"; OLS). | 54 |
| 2.5.3 | Maximum-Likelihood-Methode | 62 |
| 2.6 | Eigenschaften der OLS-Schätzung | 66 |
| 2.6.1 | Algebraische Eigenschaften. | 66 |
| 2.6.2 | Statistische Eigenschaften | 69 |
| | Literatur | 75 |
| 3 | Lineares Regressionsmodell: Güte der Anpassung und Hypothesentest | 77 |
| 3.1 | Einleitung | 77 |
| 3.2 | Güte der Anpassung | 78 |
| 3.2.1 | Das R^2 als Maß für die Güte der Anpassung | 79 |
| 3.2.2 | Das angepasste R^2 als Maß für die Güte der Anpassung | 81 |
| 3.3 | Testen von Hypothesen | 83 |
| 3.3.1 | Stichprobenverteilungen der OLS-Schätzer. | 84 |
| 3.3.2 | Testen von Hypothesen für einen einzelnen Para- meter | 86 |
| 3.3.3 | Verwendung des p -Werts | 92 |
| 3.3.4 | Intervallschätzungen | 92 |
| 3.3.5 | Prüfung von Hypothesen für mehr als einen Parameter: t -Test | 92 |
| 3.3.6 | Testen der Signifikanz der Regression: F -Test | 94 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.3.7 | Testen auf Linearität | 96 |
| 3.3.8 | Tests für Stabilität | 98 |
| 3.3.9 | Varianzanalyse | 99 |
| 3.3.10 | Likelihood-Ratio-Test, Wald- und Lagrange-Multiplikatorstest | 100 |
| 3.4 | Lineares Regressionsmodell mit Stata 15.1 | 104 |
| 3.4.1 | OLS-Schätzung in Stata | 104 |
| 3.4.2 | Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE) in Stata | 107 |
| | Literatur | 111 |
| 4 | Lineares Regressionsmodell: Lockerung der klassischen Annahmen | 113 |
| 4.1 | Einleitung | 113 |
| 4.2 | Heteroskedastizität | 114 |
| 4.2.1 | Probleme mit heteroskedastischen Daten | 115 |
| 4.2.2 | Heteroskedastizitätsrobuste Varianz. | 117 |
| 4.2.3 | Testen auf Heteroskedastizität | 119 |
| 4.2.4 | Problem der Schätzung | 121 |
| 4.2.5 | Illustration der heteroskedastischen linearen Regression mit Stata | 123 |
| 4.3 | Autokorrelation | 130 |
| 4.3.1 | Lineares Regressionsmodell mit autokorreliertem Fehler | 131 |
| 4.3.2 | Test auf Autokorrelation: Durbin-Watson-Test | 133 |
| 4.3.3 | Folgen der Autokorrelation | 135 |
| 4.3.4 | Korrektur für Autokorrelation | 135 |
| 4.3.5 | Illustration durch Verwendung von Stata | 136 |
| | Literatur | 140 |
| 5 | Analyse von kollinearen Daten: Multikollinearität | 141 |
| 5.1 | Einleitung | 141 |
| 5.2 | Multiple Korrelation und partielle Korrelation | 142 |
| 5.3 | Probleme in Anwesenheit von Multikollinearität | 144 |
| 5.4 | Multikollinearität erkennen | 147 |
| 5.4.1 | Determinante von $(X'X)$ | 147 |
| 5.4.2 | Determinante der Korrelationsmatrix | 147 |
| 5.4.3 | Inspektion der Korrelationsmatrix | 148 |
| 5.4.4 | Messung basierend auf partieller Regression | 148 |
| 5.4.5 | Theil's measure of multicollinearity (Theils Maß für Multikollinearität) | 148 |
| 5.4.6 | Variance Inflation Factor (VIF) | 149 |
| 5.4.7 | Eigenwerte und Konditionszahlen | 150 |
| 5.5 | Umgang mit Multikollinearität | 152 |
| 5.6 | Illustration mit Stata | 154 |
| | Literatur | 156 |

Teil II Erweiterte Analyse von Querschnittsdaten

| | | |
|----------|--|-----|
| 6 | Lineares Regressionsmodell: Qualitative Variablen als Prädiktoren | 159 |
| 6.1 | Einleitung | 159 |
| 6.2 | Regressionsmodell mit Intercept-Dummy | 161 |
| 6.2.1 | Dichotomer Faktor | 161 |
| 6.2.2 | Polynome Faktoren | 162 |
| 6.3 | Regressionsmodell mit Interaktions-Dummy | 164 |
| 6.4 | Illustration durch Verwendung von Stata | 166 |
| 7 | Modell mit begrenzter abhängiger Variable | 173 |
| 7.1 | Einleitung | 173 |
| 7.2 | Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell | 174 |
| 7.3 | Binäre Antwortmodelle: Logit und Probit | 176 |
| 7.3.1 | Das Logit-Modell | 179 |
| 7.3.2 | Das Probit-Modell | 180 |
| 7.3.3 | Unterschied zwischen Logit- und Probit-Modellen | 181 |
| 7.4 | Maximum-Likelihood-Schätzung von Logit- und Probit-Modellen | 181 |
| 7.4.1 | Interpretation der geschätzten Koeffizienten | 183 |
| 7.4.2 | Anpassungsgüte | 184 |
| 7.4.3 | Testen von Hypothesen | 185 |
| 7.4.4 | Illustration des binären Antwortmodells mit Stata | 186 |
| 7.5 | Regressionsmodell mit trunkierter (gestutzter) Verteilung | 191 |
| 7.5.1 | Illustration der trunkierten (gestutzten) Regression mit Stata | 195 |
| 7.6 | Problem der Zensur: Tobit-Modell | 199 |
| 7.6.1 | Illustration des Tobit-Modells mit Stata | 200 |
| 7.7 | Modelle mit Stichprobenauswahlverzerrung | 203 |
| 7.7.1 | Illustration des Stichprobenauswahlmodells mit Stata | 207 |
| 7.8 | Multinomiale Logit-Regression | 208 |
| 7.8.1 | Illustration mit Stata | 211 |
| | Literatur | 214 |
| 8 | Multivariate Analyse | 217 |
| 8.1 | Einleitung | 217 |
| 8.2 | Darstellung multivariater Daten | 218 |
| 8.2.1 | Multivariate Beobachtungen | 218 |
| 8.2.2 | Mittelwertvektor der Stichprobe | 221 |
| 8.2.3 | Populationsmittelwertvektor | 221 |
| 8.2.4 | Kovarianzmatrix | 222 |
| 8.2.5 | Korrelationsmatrix | 223 |
| 8.2.6 | Lineare Kombination von Variablen | 224 |
| 8.3 | Multivariate Normalverteilung | 227 |

- 8.4 Hauptkomponentenanalyse 228
 - 8.4.1 Berechnung der Hauptkomponenten 229
 - 8.4.2 Eigenschaften der Hauptkomponenten 232
 - 8.4.3 Veranschaulichung mit Stata 232
- 8.5 Faktorenanalyse 235
 - 8.5.1 Orthogonales Faktorenmodell 236
 - 8.5.2 Schätzung von Beladungen und
Gemeinsamkeiten 238
 - 8.5.3 Faktorladungen sind nicht eindeutig 241
 - 8.5.4 Faktorrotation 242
 - 8.5.5 Illustration mit Stata 242
- 8.6 Multivariate Regression 245
 - 8.6.1 Struktur des Regressionsmodells 246
 - 8.6.2 Eigenschaften der kleinsten Quadrate
Schätzer von B 247
 - 8.6.3 Modell korrigiert für Mittelwerte 248
 - 8.6.4 Kanonische Korrelationen 249
- Literatur 252

Teil III Analyse von Zeitreihendaten

- 9 Zeitreihen: Datenerzeugender Prozess 255**
 - 9.1 Einleitung 255
 - 9.2 Datengenerierender Prozess (DGP) 256
 - 9.2.1 Stationärer Prozess 259
 - 9.2.2 Nichtstationärer Prozess 261
 - 9.3 Methoden der Zeitreihenanalyse 262
 - 9.4 Saisonalität und saisonale Anpassung 263
 - 9.5 Erstellung einer Zeitvariablen mit Stata 264
 - Literatur 268

- 10 Stationäre Zeitreihen 269**
 - 10.1 Einleitung 269
 - 10.2 Univariates Zeitreihenmodell 270
 - 10.3 Autoregressiver Prozess (AR) 272
 - 10.3.1 Der autoregressive Prozess 1. Ordnung 273
 - 10.3.2 Der autoregressive Prozess 2. Ordnung 277
 - 10.3.3 Der autoregressive Prozess der Ordnung p 283
 - 10.3.4 Allgemeine lineare Prozesse 284
 - 10.4 Der gleitende Durchschnitt (MA-Prozess) 286
 - 10.4.1 Der Prozess der Moving Average 1. Ordnung 286
 - 10.4.2 Der Moving Average-Prozess 2. Ordnung 287
 - 10.4.3 Der gleitende Durchschnittsprozess der
Ordnung q 288
 - 10.4.4 Umkehrbarkeit im gleitenden
Durchschnittsprozess 288

| | | |
|-----------|---|------------|
| 10.5 | Autoregressiver gleitender Durchschnitt (ARMA-Prozess) | 289 |
| 10.6 | Autokorrelationsfunktion | 292 |
| 10.6.1 | Autokorrelationsfunktion für AR(1) | 293 |
| 10.6.2 | Autokorrelationsfunktion für AR(2) | 294 |
| 10.6.3 | Autokorrelationsfunktion für AR(p) | 297 |
| 10.6.4 | Autokorrelationsfunktion für MA(1) | 298 |
| 10.6.5 | Autokorrelationsfunktion für MA(2) | 299 |
| 10.6.6 | Autokorrelationsfunktion für MA(q) | 300 |
| 10.6.7 | Autokorrelationsfunktion für ARMA-Prozess | 300 |
| 10.7 | Partielle Autokorrelationsfunktion (PACF) | 301 |
| 10.7.1 | Partielle Autokorrelation für AR-Serien | 303 |
| 10.7.2 | Partielle Autokorrelation für MA-Serien | 305 |
| 10.8 | Stichprobenautokorrelationsfunktion | 306 |
| 10.8.1 | Illustration durch Verwendung von Stata | 306 |
| | Literatur | 310 |
| 11 | Nichtstationarität, Einheitswurzel und Strukturbruch | 311 |
| 11.1 | Einleitung | 312 |
| 11.2 | Analyse des Trends | 313 |
| 11.2.1 | Deterministische Funktion der Zeit | 313 |
| 11.2.2 | Stochastische Funktion der Zeit | 314 |
| 11.2.3 | Stochastische und deterministische Funktion der Zeit | 316 |
| 11.3 | Konzept der Einheitswurzel | 318 |
| 11.4 | Einheitswurzeltest | 320 |
| 11.4.1 | Dickey-Fuller-Einheitswurzeltest | 321 |
| 11.4.2 | Erweiterter Dickey-Fuller-Einheitswurzeltest (ADF-Einheitswurzeltest) | 325 |
| 11.4.3 | Phillips-Perron-Einheitswurzeltest | 332 |
| 11.4.4 | Dickey-Fuller-GLS-Test | 334 |
| 11.4.5 | Stationaritätstests | 337 |
| 11.4.6 | Mehrere Einheitswurzeln | 340 |
| 11.4.7 | Einige Probleme mit Einheitswurzeltests | 342 |
| 11.4.8 | Makroökonomische Implikationen der Einheitswurzel | 342 |
| 11.5 | Testen auf Strukturbruch | 343 |
| 11.5.1 | Tests mit bekannten Bruchpunkten | 343 |
| 11.5.2 | Tests mit unbekanntem Bruchpunkt | 347 |
| 11.6 | Einheitswurzeltest mit Bruch | 356 |
| 11.6.1 | Wenn der Break Point exogen ist | 356 |
| 11.6.2 | Wenn der Bruchpunkt endogen ist | 361 |
| 11.7 | Jahreszeitliche Anpassung | 362 |
| 11.7.1 | Einheitswurzeln bei verschiedenen Frequenzen: Saisonale Einheitswurzel | 364 |
| 11.7.2 | Erzeugung von Zeitvariablen und saisonalen Dummies in Stata | 366 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 11.8 | Zerlegung einer Zeitreihe in Trend und Zyklus | 368 |
| | Literatur | 372 |
| 12 | Kointegration, Fehlerkorrektur und Vektorautoregression | 375 |
| 12.1 | Einleitung | 375 |
| 12.2 | Regression mit Trendvariablen | 376 |
| 12.3 | Konzept der Kointegration | 378 |
| 12.4 | Granger-Repräsentationstheorem | 382 |
| 12.5 | Testen auf Kointegration: 2-Schritte-Methode nach Engle u. Granger | 383 |
| | 12.5.1 Illustrationen mit Stata | 385 |
| 12.6 | Vektorautoregression (VAR) | 387 |
| | 12.6.1 Stationaritätsbeschränkung eines VAR-Prozesses | 390 |
| | 12.6.2 Autokovarianzmatrix eines VAR-Prozesses | 393 |
| | 12.6.3 Schätzung eines VAR-Prozesses | 395 |
| | 12.6.4 Auswahl der Verzögerungslänge eines VAR-Modells | 399 |
| | 12.6.5 Illustration mit Stata | 399 |
| 12.7 | Vektor-Moving-Average-Prozesse | 400 |
| 12.8 | Impulsantwortfunktion | 401 |
| | 12.8.1 Illustration mit Stata | 405 |
| 12.9 | Varianzzerlegung | 407 |
| 12.10 | Granger-Kausalität | 408 |
| | 12.10.1 Illustration durch Verwendung von Stata | 409 |
| 12.11 | Vektorfehlerkorrekturmodell | 410 |
| | 12.11.1 Illustration mit Stata | 414 |
| 12.12 | Schätzung und Testen von Hypothesen von kointegrierten Systemen | 416 |
| | 12.12.1 Illustration mit Stata | 420 |
| | Literatur | 422 |
| 13 | Modellierung von Volatilitätsclustering | 425 |
| 13.1 | Einleitung | 425 |
| 13.2 | Modellierung von nichtkonstanter bedingter Varianz | 428 |
| 13.3 | Das ARCH-Modell | 429 |
| 13.4 | Das GARCH-Modell | 433 |
| 13.5 | Asymmetrische ARCH-Modelle | 437 |
| 13.6 | ARCH-in-Mean-Modell | 439 |
| 13.7 | Testen und Schätzen eines GARCH-Modells | 440 |
| | 13.7.1 Testen auf ARCH-Effekt | 440 |
| | 13.7.2 Maximum-Likelihood-Schätzung für GARCH (1, 1) | 440 |
| 13.8 | Das ARCH-Regressionsmodell in Stata | 441 |
| | 13.8.1 Illustration mit Daten zur Marktkapitalisierung | 443 |
| | Literatur | 445 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 14 | Prognose von Zeitreihen | 447 |
| 14.1 | Einleitung | 447 |
| 14.2 | Einfache exponentielle Glättung | 448 |
| 14.3 | Prognose – univariates Modell | 449 |
| 14.4 | Prognose mit allgemeinen linearen Prozessen | 453 |
| 14.5 | Multivariate Prognose | 455 |
| 14.6 | Prognose eines VAR-Modells | 456 |
| 14.7 | Vorhersage von GARCH-Prozessen | 457 |
| 14.8 | Zeitreihenprognose mit Stata | 458 |
| | Literatur | 461 |

Teil IV Analyse von Paneldaten

| | | |
|-----------|---|-----|
| 15 | Paneldatenanalyse: Statische Modelle | 465 |
| 15.1 | Einleitung | 465 |
| 15.2 | Struktur und Arten von Paneldaten | 467 |
| | 15.2.1 Datenbeschreibung mit Stata 15.1 | 469 |
| 15.3 | Vorteile von Paneldaten | 474 |
| 15.4 | Quellen der Variation in Paneldaten | 474 |
| 15.5 | Unbeschränktes Modell mit Paneldaten | 476 |
| 15.6 | Vollständig eingeschränktes Modell: Pooled Regression | 477 |
| | 15.6.1 Illustration mit Stata | 478 |
| 15.7 | Fehlerkomponentenmodell | 481 |
| 15.8 | Schätzer der ersten Differenz (FD) | 482 |
| | 15.8.1 Illustration mit Stata | 482 |
| 15.9 | Einweg-Fehlerkomponentenmodell mit festen Effekten | 483 |
| | 15.9.1 Die „within“-Schätzung | 484 |
| | 15.9.2 Least-Squares-Dummy-Variable-Regression (LSDV-Regression) | 493 |
| 15.10 | Einweg-Fehlerkomponenten-Zufallseffektmodell | 497 |
| | 15.10.1 GLS-Schätzung | 500 |
| | 15.10.2 Maximum-Likelihood-Schätzung | 502 |
| | 15.10.3 Illustration durch Verwendung von Stata | 504 |
| | Literatur | 508 |
| 16 | Statisches Panelmodell: Hypothesentests | 509 |
| 16.1 | Einleitung | 509 |
| 16.2 | Messgrößen für die Anpassungsgüte | 510 |
| 16.3 | Testen auf gepoolte Regression | 511 |
| 16.4 | Testen auf feste Effekte | 513 |
| | 16.4.1 Illustration mit Stata | 514 |
| 16.5 | Testen auf zufällige Effekte | 515 |
| | 16.5.1 Illustration mit Stata | 516 |
| 16.6 | Fester oder zufälliger Effekt: Hausman-Test | 517 |
| | 16.6.1 Illustration mit Stata | 519 |
| | Literatur | 520 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 17 | Panelunitwurzeltest | 521 |
| 17.1 | Einleitung | 521 |
| 17.2 | Einheitswurzeltests der 1. Generation für Paneldaten | 523 |
| 17.2.1 | Einheitswurzeltest nach Wu (1996) | 524 |
| 17.2.2 | Einheitswurzeltest nach Levin, Lin und Chu (LLC) | 524 |
| 17.2.3 | Einheitswurzeltest nach Im, Pesaran und Shin (IPS) | 529 |
| 17.2.4 | Fisher-Typ-Einheitswurzeltests | 532 |
| 17.3 | Stationaritätstests | 535 |
| 17.3.1 | Illustration mit Stata. | 536 |
| 17.4 | Panelunitwurzeltests der 2. Generation | 537 |
| 17.4.1 | Der Ansatz der Kovarianzbeschränkungen | 538 |
| 17.4.2 | Der Ansatz der Faktorstruktur | 540 |
| | Literatur | 548 |
| 18 | Dynamisches Panelmodell | 549 |
| 18.1 | Einleitung | 549 |
| 18.2 | Lineares dynamisches Modell. | 550 |
| 18.3 | Schätzung von festen und zufälligen Effekten | 552 |
| 18.3.1 | Illustration mit Stata. | 555 |
| 18.4 | Schätzung durch Instrumentalvariable | 556 |
| 18.4.1 | Illustration mit Stata. | 557 |
| 18.5 | Arellano-Bond-GMM-Schätzer | 560 |
| 18.5.1 | Illustration mit Stata. | 564 |
| 18.6 | System-GMM-Schätzer | 569 |
| 18.6.1 | Illustration mit Stata. | 570 |
| | Anhang: Generalisierte Momentenmethode | 572 |
| | Literatur | 573 |

Über den Autor

Panchanan Das ist Professor für Wirtschaftswissenschaften und lehrt derzeit Zeitreihen- und Paneldatenökonometrie am Department of Economics, University of Calcutta. Seine Hauptforschungsgebiete sind Entwicklungsökonomie, Indische Ökonomie und Angewandte Makroökonomie. Er hat mehrere Artikel und Buchkapitel über Wachstum, Ungleichheit und Armut veröffentlicht und ist Hauptautor von *Economics I* und *Economics II*, Graduierten-Lehrbücher, die bei Oxford University Press, New Delhi, veröffentlicht wurden. Er hat auch maßgeblich zum *West Bengal Development Report – 2008* beigetragen, der von der Academic Foundation, New Delhi, in Zusammenarbeit mit der Planning Commission, Government of India, veröffentlicht wurde.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----|
| Abb. 1.1 | Einkommensnachfragebeziehung | 7 |
| Abb. 1.2 | Bedingte Mittelwertfunktion | 10 |
| Abb. 1.3 | Stichprobenregressionsfunktion. | 11 |
| Abb. 2.1 | Beziehung zwischen Ausgaben und Einkommen für Haushalte in Westbengalen. | 45 |
| Abb. 2.2 | Beziehung zwischen Projektions- und Fehlervektoren | 69 |
| Abb. 3.1 | Histogramm | 83 |
| Abb. 3.2 | a Zwei-Schwänze-Test, b Ein-Schwanz-Test (linker Schwanz), c Ein-Schwanz-Test (rechter Schwanz) | 90 |
| Abb. 3.3 | Vergleich von LR-, W- und LM-Tests | 103 |
| Abb. 3.4 | Log-Likelihood | 110 |
| Abb. 4.1 | Verteilung von Y mit heteroskedastischem Fehler. | 115 |
| Abb. 4.2 | Variabilität von $\ln(\text{wage})$ im Verhältnis zur Anzahl der Aus- bildungsjahre. (Quelle: NSS 68. Runde (2011–2012) Daten zur Beschäftigung und Arbeitslosigkeit) | 116 |
| Abb. 4.3 | Streudiagramm der Residuen. | 124 |
| Abb. 4.4 | Muster der Residuen | 137 |
| Abb. 4.5 | Muster der korrigierten Residuen | 139 |
| Abb. 6.1 | Beziehung zwischen Bildung und Einkommen bei Männern und Frauen | 161 |
| Abb. 6.2 | Bedingte Mittelfunktionen für weibliche und männliche Gruppen | 162 |
| Abb. 7.1 | Vorhergesagte Wahrscheinlichkeitsfunktion | 176 |
| Abb. 7.2 | Dichtefunktion für Logit- (grün) und Probit-Modelle (rot). | 181 |
| Abb. 7.3 | Kumulative Verteilungsfunktion (CDF) für Logit- (blau) und Probit-Modelle (rot). | 182 |
| Abb. 9.1 | Unterschiedliche Formen von Zeitreihen | 258 |
| Abb. 9.2 | Zeitverhalten des BSE Sensex | 266 |
| Abb. 9.3 | Zeitverhalten der ersten Differenz des BSE Sensex | 267 |
| Abb. 10.1 | Stationaritätsregion für den AR(2)-Prozess | 281 |
| Abb. 10.2 | Autokorrelationsfunktion der Logarithmusreihe des BIP | 308 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Abb. 10.3 | Autokorrelationsfunktion der 1. Differenz der Logarithmusreihe des BIP | 309 |
| Abb. 10.4 | Partielle Autokorrelationsfunktion der Logarithmusreihe des BIP | 309 |
| Abb. 11.1 | Zeitpfad einer Reihe ohne Trend | 323 |
| Abb. 11.2 | Zeitpfad einer Reihe mit Trend | 324 |
| Abb. 11.3 | Wald-Teststatistiken | 357 |
| Abb. 11.4 | Index der industriellen Produktion | 363 |
| Abb. 11.5 | Saisonal bereinigter Index des verarbeitenden Gewerbes in Indien | 367 |
| Abb. 12.1 | Impulsantwortfunktion | 406 |
| Abb. 12.2 | Bewegung von BIP und Konsumausgaben | 414 |
| Abb. 13.1 | Zeitlicher Verlauf von Aktienkurs und Rendite | 426 |
| Abb. 13.2 | Autokorrelationsfunktion (ACF) von Renditen und quadrierten Renditen | 426 |
| Abb. 13.3 | Zeitpfad der erst-differenzierten Reihe der Markt- kapitalisierung am Bombay Stock Exchange im Zeitraum von Januar 1994 (1994m1) bis Dezember 2014 (2014m12) | 443 |
| Abb. 15.1 | Linienplots des BIP-Wachstums | 473 |
| Abb. 15.2 | Linienplots des BIP-Wachstums (Überlagerung) | 473 |
| Abb. 15.3 | Beziehung zwischen Beschäftigung und Arbeitsproduktivität | 479 |
| Abb. 15.4 | Beziehung zwischen Beschäftigung und BIP-Wachstum | 480 |
| Abb. 15.5 | Mittelwerte der Variablen nach Land | 489 |
| Abb. 15.6 | Geschätzte Beziehung zwischen Arbeitsbeschäftigung und Arbeitsproduktivität | 497 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tab. 7.1 | Verteilung des Zufallsfehlers | 175 |
| Tab. 15.1 | Datenmatrix einer einzelnen Variable (X) | 468 |