

Studien zur Agrar- und Umweltpolitik

Herausgegeben von
Prof. Dr. W. Henrichsmeyer

Johannes Umstätter

Calibrating Regional Production Models Using Positive Mathematical Programming

An Agro-environmental Policy Analysis in Southwest Germany

D 100 (Diss. Universität Hohenheim)

Shaker Verlag
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Umstätter, Johannes:

Calibrating Regional Production Models Using Positive
Mathematical Programming : An Agro-environmental Policy Analysis
in Southwest Germany / Johannes Umstätter.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 1999
(Studien zur Agrar- und Umweltpolitik)
Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6674-2

Copyright Shaker Verlag 1999

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6674-2

ISSN 0945-4675

Shaker Verlag GmbH • P.O. Box 1290 • D-52013 Aachen
Telefon: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Calibrating Regional Production Models Using Positive Mathematical Programming

An Agro-environmental Policy Analysis in Southwest Germany

von Johannes Umstätter

Kurzauszug

Bei der Positiven Mathematischen Programmierung handelt es sich um eine neue Kalibrierungsmethode für mathematische Programmierungsmodelle. Sie wurde Anfang der achtziger Jahre entwickelt und seitdem in verschiedenen Regional- und Sektormodellen der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzt. Trotz der Bedeutung von PMP wurde diese Kalibrierungsmethodik bisher noch nicht ausführlich beschrieben. Angesichts des zu erwartenden Potentials in agrarökonomischen Modellen mit ökologischen Modellkomponenten besteht das Ziel dieser Arbeit darin, das theoretische Konzept und eine Anwendung von PMP im Rahmen einer agrarumweltpolitischen Analyse in Südwestdeutschland im Detail darzustellen.

Zunächst wird die historische Entwicklung des PMP-Konzeptes ausgehend von den in der linearen Programmierung verwendeten Kalibrierungsrestriktionen und der Kalibrierung in traditionellen nichtlinearen Modellen erläutert. Die anschließende umfangreiche Dokumentation der Methodik von PMP umfaßt die quadratische Originalversion sowie drei auf ihr aufbauende Varianten. Die algebraischen und grafischen Darstellungen schließen mit einer praktischen Anleitung zur Implementierung der verschiedenen PMP-Versionen in einem Modell-Kode. Dazu werden anhand eines Beispielsmodells zwei einfache Szenarien berechnet. Abschließend wird ein Überblick über bisherige Anwendungen von PMP gegeben.

Die agrarumweltpolitische Analyse in Südwestdeutschland erfolgt im Kraichgau mit Hilfe eines Regionalmodells. Das Modell kann in technischer Hinsicht als nahbereichs-differenziertes, komparativ-statisches regionales Optimierungsmodell bezeichnet werden. Insgesamt werden mehr als 90 % der landwirtschaftlichen Produktion im Kraichgau erfaßt. Im Hinblick auf die Berechnung der Bodenerosion wird bei den Pflanzenbau- und Futterbauaktivitäten zwischen konventioneller Bodenbearbeitung, Mulchsaat und Zwischenfruchtanbau unterschieden. Das Ausmaß der Bodenerosion wird mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung berechnet. Im Hinblick auf die Berechnung der Nitratkonzentration werden für die Marktfruchtaktivitäten quadratische Ertragsfunktionen geschätzt. Das mit ihnen ermittelte optimale Stickstoffdüngungsniveau geht in die Berechnung der Stickstoffbilanz ein. Das Nitratmodul enthält eine Nitratgleichung, bei der mit Hilfe der Stickstoffbilanz die Nitratkonzentration im Sickerwasser berechnet wird.

Mit dem Regionalmodell werden im Rahmen der agrarumweltpolitischen Analyse im Kraichgau die Auswirkungen von drei Szenarien berechnet. Sie umfassen ein Stickstoffsteuer-, ein Mulchsaat- und ein Flächenentzugsszenario. Im Stickstoffsteuerszenario werden die Auswirkungen einer Erhöhung des Stickstoffpreises von 1,10 DM/kg auf 4 DM/kg untersucht. Wie erwartet sinken die Gesamtdeckungsbeiträge in den Nahbereichen deutlich. Die Höhe der Stickstoffdüngung geht ebenfalls zurück. Folglich verringert sich auch die Nitratkonzentration im Sickerwasser. Das Mulchsaatszenario wird in die Untersuchung

einbezogen, weil Bodenerosion aus ökologischer Sicht aufgrund der hügeligen Landschaft und des hohen Anteils an Lössböden im Kraichgau das wichtigste mit der Landnutzung einhergehende Problem darstellt. Die Berechnungen zeigen, daß ein obligatorischer Mindestumfang an Mulchsaat in speziell ausgewählten Gebieten die Bodenerosion deutlich reduzieren kann. Die Kosten dieser Maßnahme wären jedoch beträchtlich. Das Flächenentzugsszenario wird in die Analyse einbezogen, weil der Bestand an Biotopflächen in einigen Teilen des Kraichgau, insbesondere in flurbereinigten Gebieten, gering ist. Hinzu kommt, daß die Artenzusammensetzung auf den verbleibenden Biotopflächen in starkem Maß von Nährstoffeinträgen aus angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen beeinflusst ist und an Vielfalt eingebüßt hat. Beim obligatorischen Entzug von bestimmten Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung könnte das für naturschutzgebundene Zwecke verfügbare Areal deutlich vergrößert werden. Das landwirtschaftliche Einkommen würde jedoch stark sinken. Demgegenüber sind keine positiven Nebeneffekte auf das Ausmaß von Bodenerosion und Nitratkonzentration erkennbar.

Aus den ausführlichen theoretischen Beschreibungen wird deutlich, daß die Positive Mathematische Programmierung eine Innovation auf dem Gebiet der mathematischen Programmierung darstellt, indem es die Vorteile von linearer und traditioneller nicht-linearer Programmierung verbindet und dabei wesentliche Schwächen dieser Methoden überwindet. Nichtsdestotrotz werden einige Besonderheiten von PMP offenkundig, die sich aus den zugrundeliegenden Annahmen ergeben und bei der Modellerstellung sorgfältig beachtet werden müssen.

Bei der Berechnung der Szenarien zeigt sich, daß der im Regionalmodell gewählte Modellansatz die landwirtschaftliche Produktion auf regionaler Ebene verlässlich abbilden kann. Durch die Anwendung von PMP kann das Untersuchungsgebiet bis auf Nahbereichsebene disaggregiert werden, was insbesondere für die Genauigkeit der Berechnung der Umweltindikatoren Bodenerosion und Nitratkonzentration von Vorteil ist. Der hohe Grad an räumlicher Auflösung sowie die Kombination von PMP mit ökologischen Modulen in Form der Ertragsfunktionen, der Bodenerosions- und der Nitratgleichung erweisen sich als innovativer Modellansatz für ökonomisch-ökologische Regionalmodelle.

Die Unterteilung in Nahbereiche macht deutlich, daß sich selbst in relativ homogenen Regionen die Auswirkungen einer umweltpolitischen Maßnahme auf kleinstem Raum deutlich unterscheiden können. Dies muß bei der Ausgestaltung dieser Maßnahmen beachtet werden. Die Ergebnisse des Regionalmodells zeigen, daß es angebracht ist, umweltpolitische Maßnahmen differenziert auszugestalten und besser an unterschiedliche natürliche Bedingungen anzupassen, als dies in vielen bestehenden Umweltprogrammen der Fall ist.