AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.

Jarosch, J., Murschel, B.: Methodik und Datenerfordernisse zur Integration ökonomischer und ökologischer Ziele in einzelbetrieblichen Entscheidungsmodellen. In: Hanf, C.-H., Scheper, W.: Neuer Forschungskonzepte und -methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 25, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1989), S. 363-369.

METHODIK UND DATENERFORDERNISSE ZUR INTEGRATION ÖKONOMISCHER UND ÖKOLOGISCHER ZIELE IN EINZELBETRIEBLICHEN ENTSCHEIDUNGSMODELLEN

von

J. JAROSCH und B. MURSCHEL, Hohenheim

1 EINFÜHRUNG

Die zunehmende Sensibilisierung der Gesellschaft gegenüber Umweltfragen besonders im Bereich der Landwirtschaft begründet einen verstärkten umwelt- und agrarpolitischen Handlungsbedarf. Die Landwirtschaft unterliegt dem Druck, auf eine den Umfang negativer externer Effekte reduzierende umweltgerechtere Bewirtschaftungsweise überzugehen.

Negative Umweltwirkungen entstehen häufig durch Entscheidungen auf der einzelbetrieblichen Ebene, da die tatsächliche Ausgestaltung der Produktionsverfahren der einzelnen Landwirte maßgeblich für die Grundwasserbelastung oder andere externe umweltschädigende Effekte der landwirtschaftlichen Produktion ist. Der Einzelbetrieb ist somit ein Ansatzpunkt für die Verknüpfung der ökologischen und ökonomischen Problemstellung. Er steht unter dem Druck von Gesellschaft und Ökologie geforderten Programmen und ist bestrebt, notwendige Anpassungsmaßnahmen unter möglichst geringen Einkommensverlusten durchzuführen.

Aufgrund dieses Drucks auf landwirtschaftliche Betriebe sieht sich die Betriebswirtschaftslehre mit der Aufgabe der Ableitung ökologisch und ökonomisch befriedigender Entscheidungsstrategien konfrontiert. Hierfür ist eine geeignete Informationsgrundlage und ein methodisches Instrumentarium zu erstellen. Die vorliegenden Ausführungen legen die Ansatzmöglichkeiten zur Problemlösung exemplarisch für die Bereiche Grundwasserverschmutzung und Bodenerosion dar.

2 PROBLEMBEREICHE BEI DER INTEGRATION ÖKONOMISCHER UND ÖKOLOGISCHER ZIELE

Die Aufnahme ökologischer Ziele in die einzelbetriebliche Entscheidungssituation bewirkt sowohl eine Erweiterung des Zielraums als auch eine Ausdehnung des Entscheidungsraums. Die zentralen Problempunkte werden im folgenden aufgeführt.

Im Zielraum besteht das Hauptproblem in der Mehrdimensionalität. Die Mehrdimensionalität wird durch die Aufnahme der ökologischen Ziele besonders relevant, zumal in neueren Arbeiten im Bereich der Erosionsforschung (BORK 1988) der Hinweis auf den Bedarf einer weitestmöglichen Reduzierung des Bodenabtrags erfolgt. Entsprechendes gilt für die Grundwasserbelastung durch Nitrat und Pestizide (SIMON et al. 1988).

Im Entscheidungsraum treten eine Reihe von Problemen auf. Im Vordergrund steht die Bewertung der externen Effekte. Das verwendete Referenzsystem und der Referenzzeitraum können durch ihre subjektive Festsetzung deutlichen Einfluß auf die Höhe des Bewertungsansatzes für den Schaden nehmen. Die dynamischen Beziehungen, die zwischen Faktoren innerhalb des Entscheidungsraumes auftreten, sind besonders zu beachten. Bei der Ableitung von Lösungsstrategien müssen ein langer Planungszeitraum und die Wechselbeziehungen zwischen den Betrachtungsperioden berücksichtigt werden.

Das Problem der Entscheidung unter Unsicherheit, welches bei Ertragserwartungen und deren Schwankungen vorliegt, wird durch die Nitrat-Auswaschung (unterschiedliche Düngerausnutzung) verschärft. Die im Bereich der Düngung und Nitrat-Auswaschung vorliegende Nicht-Linearität in den Ursache-Wirkungs-Beziehungen muß bei der Lösungsfindung speziell berücksichtigt werden. Schließlich sind nach Lage der Problemstellung mehrere Entscheidungsebenen simultan zu betrachten.

Die Vielfalt der Beschränkungen, die den Entscheidungsraum begrenzen, ergibt sich aus den Vorgaben unterschiedlicher Sichtweisen.

3 VORSTELLUNG UND DISKUSSION DER METHODIK ZUR LÖSUNG DER ENTSCHEIDUNGSSITUATION

3.1 Vergleich von Versuchs- und Modellansatz

Zur Ermittlung der Lösungsstrategien können Versuche oder Modelle zum Einsatz kommen. Die Durchführung von praktischen Versuchen scheidet im allgemeinen in der Ökonomie aufgrund des großen Aufwands – bei Einbeziehung verschiedener Alternativen bzw. Szenarios – aus. Im Gegensatz dazu besitzen Versuchsanstellungen im Forschungsbereich der Standortskunde und Pflanzenproduktion eine traditionell starke Bedeutung. Es erscheint hier naheliegend, auf Versuchsergebnisse zurückzugreifen. Ihre Einsatzmöglichkeiten können beispielhaft für die Nitrat-Auswaschung beurteilt werden, da von TIMMERMANN et al. (1987) und WALTHER et al. (1985) umfassende Untersuchungen in diesem Bereich durchgeführt wurden. Das bei beiden Recherchen zusammengetragene umfangreiche Datenmaterial zeigt, daß es nur bedingt möglich ist, befriedigende Auswaschungsfunktionen (in Abhängigkeit von der Düngungshöhe) abzuleiten.

Das Fehlen bereits vorliegender Ergebnisse und der große Aufwand zur Ermittlung von Versuchsdaten legen den Einsatz von Modellen nahe, als Alternative der Abbildung der funktionalen Zusammenhänge zwischen Bewirtschaftungsweise und Umwelteffekten. Darüber hinaus können das Systemverhalten studiert und Zukunftsprognosen erstellt werden. Die Anwendung von Modellen im Bereich der Ökosystemforschung bzw. Standortskunde gewinnt zunehmend an Bedeutung (HUWE und VAN DER PLOEG 1988).

3.2 Diskussion des Modellansatzes

Das breite Spektrum der vorliegenden bzw. denkbaren Modellansätze sowie die unterschiedlichen Sichtweisen erfordern eine umfassende Diskussion, um die geeigneten sachgerechten Ansätze herauszufiltern. Die Voraussetzung ist die Abgrenzung des Betrachtungsbereichs sowie die Erarbeitung der Art der Integration der Modelle. Von den zur Verfügung stehenden Modellarten muß ein Entscheidungsmodell gewählt werden, das in der Lage ist, die in Kapitel 2 aufgeführten Anforderungen zur Ermittlung optimaler Strategien zu erfüllen.

Bei Modellen auf einzelbetrieblicher Ebene wird zwischen Partial- Modellen und gesamtbetrieblichen Modellen unterschieden. Erstere beschränken sich auf die Betrachtung eines Produktionsverfahrens oder auf einen Teilbereich eines Produktionsverfahrens. Sie bieten die Möglichkeit, die Problemstellung sehr exakt nachzuvollziehen. Von Nachteil ist, daß normalerweise eine Beschränkung auf die Ermittlung von optimaler Aufwandshöhe und –zusammensetzung ohne Einbeziehung der Interdependenzen mit anderen Produktionsverfahren oder –faktoren erfolgt. Dagegen ermöglicht der gesamtbetriebliche Ansatz die simultane Betrachtung aller Einflußfaktoren und demzufolge das Erreichen des betrieblichen Gleichgewichts. Bei hohem allgemeinem Disaggregationsgrad kann dies zu großdimensionierten Modellen führen.

Partialmodelle können für spezifische Fragestellungen wertvolle Hinweise geben (FINCK 1986). Sie sollten nur als Zwischenstufe oder zur Ermittlung und Bereitstellung von Informationen für gesamtbetriebliche Modelle gesehen werden, die in den relevanten Bereichen disaggregiert aufgebaut sein müssen.

Die Art der Einbeziehung eines standortskundlichen Modells in das einzelbetriebliche Entscheidungsmodell, das Umweltparameter oder Informationen über diese bereitstellen kann, ist ein weiterer Problempunkt. Die Möglichkeiten der Verkopplung mit einem ökonomischen Modell müssen deshalb diskutiert werden.

Unter der integrierten Verkopplung wird in diesem Zusammenhang der Einbau der ökonomischen und der ökologischen Beziehungen in ein Modell verstanden. Nachteile bestehen im Erstellen dieses ausgesprochen umfangreichen und komplexen Modells und im hohen Anspruch an die Interdisziplinarität. Der Einsatz der integrierten Modelle wird sich im allgemeinen auf Partialmodelle oder auf die Verwendung einer vereinfachten Beschreibung für einen der beiden Teilbereiche beschränken.

Der integrierten Verkopplung steht die hierarchische entgegen, bei der die beiden Modellteile aufeinanderfolgend gerechnet werden. Die Problemlösung kann daher nicht simultan erfolgen.

Zwischen den aufgeführten Ansätzen steht die interaktive Verkopplung der Modellteile. Unter interaktiver Kopplung wird der abwechselnde Einsatz beider Modelle verstanden, die aufeinander aufbauend sich auf die optimale Lösung zu bewegen. Die in einem der Teilmodelle ermittelten gemeinsamen Variablen werden jeweils als quasi-externe Daten an das andere Modell weitergegeben. Die Vorteile dieses Ansatzes bestehen darin, daß die getrennte Entwicklung der Modelle möglich ist. Der erforderliche Kenntnisstand über die verbundene Disziplin ist geringer. Für eine sachgerechte und störungsfreie Kopplung der beiden Modelle ist eine intensive Auseinandersetzung mit Problemstruktur und Lösungsweise aus der Sicht der jeweils anderen Seite dennoch Voraussetzung. Nachteile treten gegenüber einem integrierten Ansatz aufgrund längerer Rechenzeiten auf. Der Anspruch der simultanen Lösung ist gewährleistet. Die Rückkopplung der Modelle bewirkt, daß die Ausweisung von Ergebnissen nicht ohne Überprüfung durch das andere Modell erfolgt.

Die interaktive Verkopplung bietet sich im Vergleich zu der integrierten und der hierarchischen aufgrund der entscheidenden Vorteile an, daß auf vorhandene Modelle zurückgegriffen und eine simultane Lösung ermittelt werden kann.

3.3 Diskussion der verfügbaren Modelle und Ableiten eines sachgerechten Ansatzes

3.3.1 Ökologisches Teilmodell

Die Untersuchung der ökologischen Modelle beschränkt sich auf jene, die den Wasser- und Stofftransport in Böden simulieren.

Zur Beurteilung der umweltrelevanten Auswirkungen unterschiedlicher Produktionsverfahren für eine spezifische Entscheidungssituation sind rein mathematisch-statistische Modelle wegen ihrer begrenzten Aussagefähigkeit und Übertragbarkeit nur bedingt einsetzbar. Hierfür müssen Modelle verwendet werden, die spezifische Ereignisse – tägliche Niederschlagswerte oder Düngungstermine – verarbeiten und die dynamischen Beziehungen zwischen den Anbauperioden abbilden. Beschränkend auf den Disaggregationsgrad und auf den Genauigkeitsgrad wirkt, daß die Eingabegrößen entweder allgemein verfügbar sind oder mit angemessenem Aufwand – mit vollautomatischen Wetterstationen, Bodenproben, Schlagkarteien, geographischen Informationssystemen – erfaßt werden können. Diese Ansprüche erfüllt beispielsweise das CREAMS-MODELL (KNISEL 1980), das auf unterschiedlichen Standorten erprobt ist und sich als ökologisches Teilmodell für die vorliegende Problemstellung anbietet.

3.3.2 Ökonomisches Teilmodell

Aufgrund der Bedingung, eine optimale Organisation auszuweisen, bieten sich für den ökonomischen Modellteil des einzelbetrieblichen Entscheidungsmodells Verfahren an, die optimale Lösungen ermitteln können. Die im Bereich des Operations Research zur Verfügung stehenden Rechenansätze sind vorrangig die Lineare Programmierung, die Dynamische Programmierung und weitere mit diesen Ansätzen verwandte Methoden. Darüber hinaus lassen sich mit Simulationsmodellen annähernd optimale Lösungen erstellen.

Dem ökonomischen Teilmodell entsprechende partielle und gesamtbetriebliche Modelle wurden in den letzten Jahren unter Verwendung der aufgeführten Rechenansätze erstellt. Unter Verwendung des Simulationsansatzes erfolgte die Entwicklung einzelbetrieblicher Modelle zur Umweltschutzplanung im Bereich Güllewirtschaft (NEUMANN 1985, STEFFEN und ZELLER 1987). Für Simulationsmodelle spricht der geringe Anspruch an die formalen Voraussetzungen, die Flexibilität des Modells und die Möglichkeit der Verwendung nichtlinearer Funktionen. Von Nachteil sind die bei der Verknüpfung nicht-linearer Beziehungen für die Erstellung analytischer Lösungen vorzunehmenden Umwandlungen und das Erreichen annähernd optimaler Ergebnisse erst nach mehreren Verdichtungsschritten (STEFFEN und BORN 1987).

Auf dem Linearen Programmierungsansatz (LP) basierende disaggregierte gesamtbetriebliche Modelle wurden für die Erosionskontrolle, den Pestizid- und den Düngemitteleinsatz formuliert (TAYLOR und FROHBERG 1977, POPE et al. 1982). Die Vorteile des LP-Ansatzes liegen in der garantierten Ermittlung einer optimalen Lösung, in der übersichtlichen Struktur aufgrund linearer Beziehungen, im problemlosen Einbau von Beschränkungen, im Berücksichtigen von Teilzielen mittels Restriktionen und im Ableiten von Substitutionsraten durch Parametrisieren von Beschränkungen. Die direkte Ausgabe von Schattenpreisen, die Lösung des Unsicherheitsproblems beispielsweise mit dem MOTAD-Ansatz und die durch die Flexibilität mögliche Änderung der Ausrichtung ergänzen die Einsatzmöglichkeiten. Dagegen können nicht-lineare Beziehungen nur approximativ abgebildet werden. Unter Verwendung eines Matrixgeneratoren- und eines Auswertungsprogramms ist die direkte Übertragung der umweltrelevanten Parameter von und zum ökologischen Teilmodell durchführbar. Die Vielseitigkeit des LP- Ansatzes legt seinen Einsatz als ökonomisches Teilmodell nahe.

Bei Verwendung von umfassenden Simulations- und LP-Modellen zur Ermittlung einer Lösung können diese für langfristige Betrachtungszeiträume aufgrund des notwendigen Umfangs nur komparativ-statisch gerechnet werden. Spezielle dynamische Modellansätze – beispw. Dynamische Programmierung und Optimale Kontrolltheorie (BURT 1981) – bieten sich für diesen Problembereich an. Diese Ansätze verwenden von dem statischen oder komparativ-statischen Modell jene Variablen als Entscheidungs- und Zustandsvariablen, die das Entscheidungsproblem charakterisieren. Die Betriebsorganisation wird mittels einer vergleichsweise einfachen Abbildung unter Berücksichtigung der Umweltwirkung über den Betrachtungszeitraum optimiert. Die ausgewählten Variablen sind durch die spezifische Betriebssituation definiert. Die Effizienz dieser Verfahren ermöglicht es, verschiedene für die Zukunft wahrscheinliche Szenarios zu überprüfen.

Die sachgerechte Formulierung des Ansatzes stellt sich wie folgt dar. Die Ausgestaltung des interaktiv gekoppelten einzelbetrieblichen Entscheidungsmodells wird mit einem deterministisch-analytischen Simulationsmodell (CREAMS) als ökologischem Teilmodell vorgenommen. Das ökonomische Teilmodell besteht aus einem Linearen Programmierungs-Modell als statischem bzw. komparativ- statischem sowie einem Optimalen Kontrolltheorie-Modell (KTM) als dynamischem Ansatz (Abbildung 1).

4 DATENERFORDERNISSE DES GEWÄHLTEN ANSATZES

Die spezifischen Datenerfordernisse haben maßgeblichen Einfluß auf die Einsatzfähigkeit des einzelbetrieblichen Entscheidungsmodells. Diese müssen mit geringem Aufwand erfüllbar sein.

Bei Verwendung von Simulationsmodellen zur Schätzung des Bodenwasserhaushalts sind exakte

- meteorologische Größen
- Bodenparameter
- topographische Informationen und
- pflanzenbauliche Größen

Voraussetzung.

Für das ökonomische Teilmodell muß eine entsprechende Datengrundlage über die Zusammenhänge im Produktions- und Entscheidungsprozeß vorliegen. Es sind Daten erforderlich, die sowohl die existierenden Produktionsverfahren und die möglichen Produktionsalternativen als auch die betrieblichen Faktorkapazitäten beschreiben. Im folgenden werden die im Hinblick auf die sachgerechte Erfassung von Grundwasserverschmutzung und Bodenerosion besonders wichtigen Produktionsbereiche aufgeführt:

- mineralische Düngung
- Pflanzenschutz
- organische Düngung
- Bodenbearbeitungsverfahren
- kulturtechnische Maßnahmen
- Alternativen zur Ackernutzung
- Kapazitäten: Boden, Arbeit, Kapital

Die Bildung für die Problemlösung geeigneter Fruchtfolgen benötigt ein weites Spektrum an verfügbaren Kulturarten. Alle Informationen über Maßnahmen und Verfahren, die eine weitgehende Dauerbedeckung der Bodenoberfläche bewirken (Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Mulchsaatverfahren), sind einzubeziehen.

5 EINSATZMÖGLICHKEITEN UND ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN DES EINZELBETRIEBLICHEN ENTSCHEIDUNGSMODELLS

Hauptsächlich kann das einzelbetriebliche Entscheidungsmodell als unterstützendes Instrument für die Betriebsplanung im Rahmen der Beratung eingesetzt werden. Auf der Grundlage der aufgeführten Datenbasis stellt das Modell Daten bereit, die die Entwicklung hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Bewirtschaftung nachvollziehbar machen und für betriebsspezifische Analysen Voraussetzung sind.

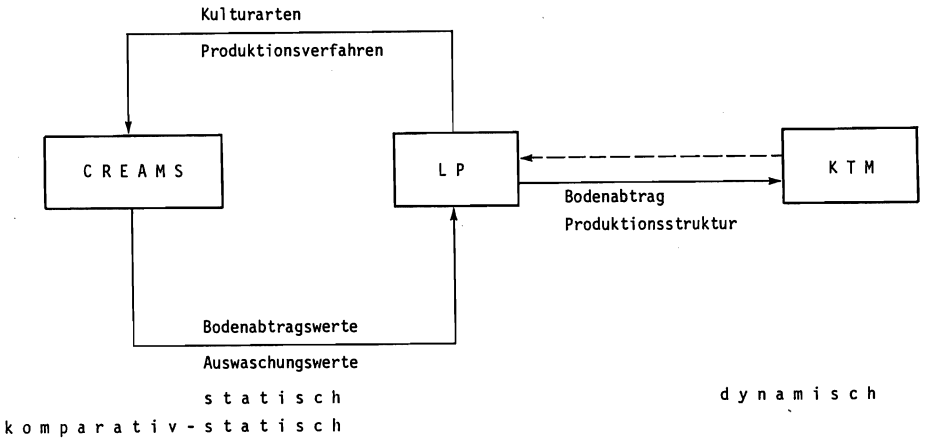
Die gesamtbetriebliche Auswertung ermöglicht Einblicke in die bisherige Betriebsentwicklung, in die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten und in den Beitrag bestimmter Produktionsverfahren bzw. Produktionszweige zu Betriebsergebnis und Umweltbelastung. Hieraus kann die Umstellung auf eine umweltgerechtere Produktionsstruktur unter möglichst geringen Effizienzverlusten abgeleitet werden.

Eine kleinräumige Ausgestaltung des Ansatzes ermöglicht den Einsatz im Rahmen der Landschaftsplanung. Die Ausweisung der Produktionsstruktur und der Simulation der entstehenden Umwelteffekte von Betrieben im Wassereinzugsgebiet eines Brunnens oder Wasserwerks unterstützt die Erstellung von Konzepten zur kleinräumlichen

Emissionsreduzierung unter Berücksichtigung der Belange der Landwirtschaft. Darüber hinaus ist das Modell für die Beurteilung umwelt- und agrarpolitischer Maßnahmen einsetzbar, um den politischen Entscheidungsträgern Aufschlüsse über die ökonomische und "ökologische" Effizienz alternativer Maßnahmen zu geben.

Die Ausdehnung der Fragestellung über Erosion und Nitrat-Auswaschung hinaus erfordert die Erweiterung vorhandener bzw. die Aufnahme neuer Modellteile. Die Einbeziehung der Auswaschung von Pestiziden kann durch einen im CREAMS-Modell vorliegenden Ansatz erfolgen. Die Abbildung von Problembereichen im Rahmen einer Biotopvernetzung erfordert eine überbetriebliche Ausrichtung des Ansatzes. Hierzu werden die einzelbetrieblichen Modelle über die Datenbank eines geographischen Informationssystems verbunden. Mit diesem Ansatz kann unter Verwendung repräsentativer Betriebe einerseits die Abschätzung der Umweltbelastung einer Region erfolgen, und andererseits können die regionalen Auswirkungen unterschiedlicher Strategien zur Reduzierung der Umweltbelastung nachvollzogen werden.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Gesamt-Modells



BORK, H.R., 1988: Bodenerosion und Umwelt – Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion. Habilitationsschrift Braunschweig.

BURT, O.R., 1981: Farm level economics of soil conservation in the Palouse area of the Northwest, Am. J. Agric. Econ., Vol. 63, pp. 83 – 92.

FINCK, H.F., 1986: Ansatzpunkte zur Vermeidung der Nitratbelastung des Grundwassers unter besonderer Berücksichtigung einer Besteuerung von Stickstoff. Agrarwirtschaft 35, H. 7.

HUWE, B. und R.R. VAN DER PLOEG, 1988: Modelle zur Simulation des N-Haushalts von Standorten mit unterschiedlicher Nutzung. Mitteilungen Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Heft 69.

KNISEL, W.G.: CREAMS, A field-scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. USDA Conservation Research Report No 26, 1980.

NEUMANN, K., 1985: Betriebliche Umweltschutzplanung mit Hilfe der Simulation in einem landwirtschaftlichen Betrieb mit Massentierhaltung. Beiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft. Osnabrück.

POPE, C.A., S. BHIDE and E.O. HEADY, 1982: The economics of soil and water conservation practices in Iowa: Model and Data Documentation. Ames, Iowa.

SIMON, W., B. HUWE und R.R. VAN DER PLOEG, 1988: Die Abschätzung von Nitratausträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe von N_{min}-Daten. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 151, im Druck.

STEFFEN, G. und D. BORN, 1987: Betriebs- und Unternehmensführung in der Landwirtschaft. Stuttgart.

STEFFEN, L. und M. ZELLER, 1987: Beurteilung des Betriebsmitteleinsatzes und der Fruchtfolge mit Hilfe dynamischer Steuerungs- und Regelungsmodelle. Ber. ü. Landw. 65, S. 570-595.

TAYLOR, C.R. and K.K. FROHBERG, 1977: The Welfare Effects of Erosion Control, Banning Pesticides and Limiting Fertilizer Application in the Corn Belt. Am. J. Agric. Econ. Vol. 59, pp. 25 – 36.

TIMMERMANN, F., A. NUSKE-SCHÜLER und K.M. SYRING, 1987: Produktionsökologische Funktionen für düngungs- und bodenbürtige Nitratbelastungen des Grundwassers aus landwirtschaftlichen Flächen. In: Nitratbelastungen des Grundwassers. Angewandte Wissenschaft, H. 350, Münster-Hiltrup.

WALTHER, W., B. SCHEFFER und B. TEICHGRÄBER, 1985: Ergebnisse langjähriger Lysimeter-, Drän- und Saugkerzenversuche zur N- Auswaschung bei landbaulich genutzten Böden und Bedeutung für die Belastung des Grundwassers. Schriftenreihe des Instituts für Stadtbauwesen der TU Braunschweig, H. 40.