



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.*

Meyer-Aurich, A., Schuler, J., Zander, P., Bachinger, J.: Integration von Umweltzielen in die Betriebsoptimierung – Vergleich der Möglichkeiten und Grenzen ökologisch und konventionell wirtschaftender Betriebe am Beispiel des Versuchsbetriebes Klostergut Scheyern. In: S. Dabbert, W. Grosskopf, F. Heidhues und J. Zeddis: Perspektiven der Landnutzung – Regionen, Landschaften, Betriebe – Entscheidungsträger und Instrumente. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 39, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2004), S. 343-350.

INTEGRATION VON UMWELTZIELEN IN DIE BETRIEBSOPTIMIERUNG – VERGLEICH DER MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN ÖKOLOGISCH UND KONVENTIONELL WIRTSCHAFTENDER BETRIEBE AM BEISPIEL DES VERSUCHSBETRIEBES KLOSTERGUT SCHEYERN

von

Andreas Meyer-Aurich*, Johannes Schuler**, Peter Zander** und Johann Bachinger***

1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Landnutzung ist mit einer Reihe von Umweltbelastungen verbunden, die bei fehlender Berücksichtigung zu einer aus gesellschaftlicher Sicht ineffizienten Nutzung der Ressourcen führt. Theoretisch betrachtet würde eine Berücksichtigung dieser Externalitäten im Produktionsprozess zu einer aus gesellschaftlicher Sicht optimalen Nutzung (soziales Optimum) führen. Hierzu müssten allerdings neben den Vermeidungskosten die externen Kosten der Produktion bekannt und quantifiziert sein. Spezifische Politiken können dann sicherstellen, dass die Externalitäten im Produktionsprozess berücksichtigt werden und somit zum sozialen Optimum führen.

Die aus gesellschaftlicher Sicht optimale Produktion ist derart gestaltet, dass die Grenzkosten der Vermeidung der externen Kosten gleich dem dadurch entstehenden Grenznutzen sind. Da die externen Kosten nur mit hohem Aufwand bestimmbar und methodische Unsicherheiten mit der Bestimmung verbunden sind, schlagen WEERSINK et al. (2002) als alternatives Verfahren vor, Trade-offs bzw. Grenzvermeidungskostenkurven direkt mit Entscheidungsträgern zu diskutieren, um optimale Vermeidungsstrategien zu bestimmen.

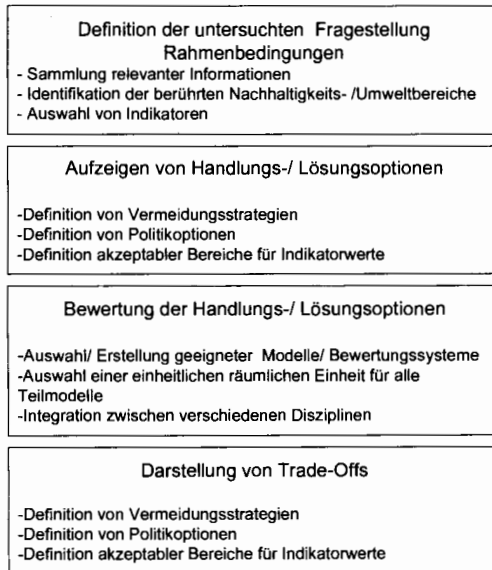
WEERSINK et al. (2002) empfehlen für die Analyse ökonomisch-ökologischer Trade-offs ein mehrstufiges Rahmenwerk (Abbildung 1). Demnach sollten zunächst Fragestellung und Rahmenbedingungen der Analyse festgelegt werden. Dazu gehört auch die Auswahl von geeigneten Indikatoren, die für eine Diskussion der Umweltwirkungen herangezogen werden sollen. Als nächster Schritt ist das Aufzeigen von Entscheidungsmöglichkeiten einschließlich unterschiedlicher Lösungsoptionen vorgesehen. Für die Erstellung von Trade-offs ist die Auswahl geeigneter Modellsysteme notwendig, mit denen eine Integration der unterschiedlichen disziplinären Wissensbasen erfolgen kann und ökonomische und ökologische Modelle miteinander in Beziehung gestellt werden können. Der letzte Schritt umfasst die Darstellung und Diskussion von Trade-offs sowie verschiedener Politik-, bzw. Vermeidungsstrategien.

* Dr. Andreas Meyer-Aurich, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München, Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan, e-mail: ameyer@wzw.tum.de .

** Johannes Schuler und Peter Zander, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung, Münchenberg, Institut für Soziökonomie, Eberswalder Str. 84, 15374 Münchenberg.

*** Johann Bachinger, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung, Münchenberg, Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Eberswalder Str. 84, 15374 Münchenberg.

Abbildung 1 Rahmenwerk zur ökonomisch-ökonomischen Analyse landwirtschaftlicher Betriebe



Quelle: nach WEERSINK et al., 2002, verändert

2 Untersuchungsgegenstand und Fragestellung

Im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) wurden auf der Versuchsstation Scheyern zwei Betriebe etabliert, die als Prototypen für eine nachhaltige Landwirtschaft dienen sollten (SCHRÖDER et al., 2002, siehe auch Tabelle 1). Einer der Betriebe wirtschaftet nach den Richtlinien des ökologischen Landbaues und stellt aufgrund seiner weitgehend geschlossenen Kreisläufe, der vielfältigen Fruchtfolge und dem Verzicht auf chemisch-synthetische Dünger und Pflanzenschutzmittel ein als nachhaltig angesehenes Nutzungssystem dar. Der andere Betrieb wirtschaftet nach den Prinzipien des Integrierten Landbaues mit reduzierter Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau. In beiden Betrieben ist ein vergleichsweise großer Teil der Flächen als Puffer- bzw. Brachefläche oder Rain umgenutzt worden, um die Strukturvielfalt in dem Landschaftsausschnitt zu erhöhen und die Erosion einzudämmen.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die im FAM etablierten Strategien optimal im Sinne der Erreichung von Umweltzielen sind. Um dies zu analysieren wurden Modellrechnungen mit dem Modellsystem MODAM durchgeführt, mit denen die beiden Betriebe sowie deren Umweltwirkungen simuliert wurden. Der Fokus der Analyse liegt auf der Analyse der Flächennutzung. Im Modell wurden daher Tierhaltung und Flächenausstattung als fix vorgegeben. Als Indikatoren für die Umweltwirkungen wurden hier die Bodenerosion und die Emission treibhausrelevanter Gase herangezogen.

Tabelle 1 Betriebsspiegel der Betriebe der Versuchsstation Scheyern

| | Ökologischer Betrieb¹ | Integrierter Betrieb² |
|--|---|--|
| Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) | 68 ha | 45 ha |
| Ackerfläche | 31,5 ha | 30,5 ha |
| Grünland | 23,6 ha | 2 ha |
| Brachen | 6 ha | 9,16 ha |
| durchschnittliche Feldgröße | 2,2 ha | 4,3 ha |
| Bodenzahlen | 37-66 | 46-68 |
| Tierhaltung | Mutterkuhhaltung mit Mast (33 Mutterkühe) | „simulierte“³ Bullenmast (49 Bullen) |
| Fruchtfolge | Luzerne-Kleegras Kartoffeln Winterweizen Sonnenblumen Luzerne-Kleegras Winterweizen Winterroggen | Kartoffeln Winterweizen Mais Winterweizen |

¹ Nach den Richtlinien der AGÖL.

² Nach Grundsätzen des Integrierten Pflanzenbaues mit reduzierter Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau.

³ Gülleeinsatz entsprechend einem Bullenmastbetrieb aus benachbarten Betrieben.

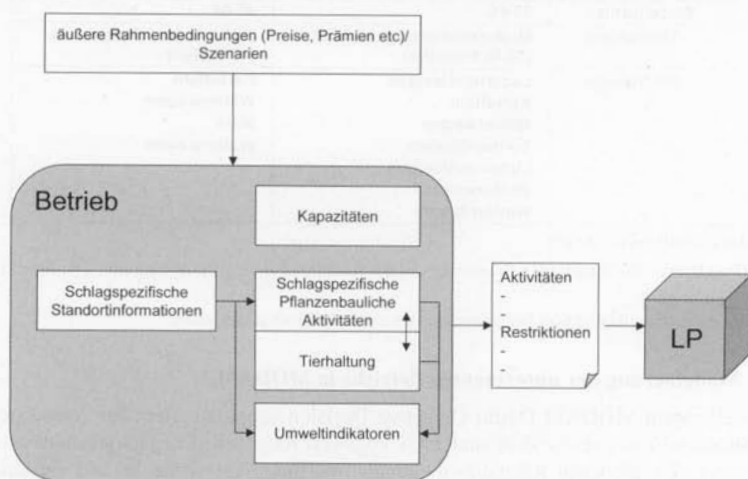
3 Modellierung der untersuchten Betriebe in MODAM

Das Modellsystem MODAM (Multi-Objective Decision support system for Agroecosystem Management) ist ein Entscheidungsunterstützungswerkzeug, mit dem Betriebsleiterentscheidungen unter verschiedenen Rahmenbedingungen mit ihren Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Landnutzung und den sich daraus ergebenden ökonomischen Erfolgskennzahlen und ökologischen Auswirkungen simuliert werden können (ZANDER, 2003). MODAM besteht aus mehreren verknüpften MS-Access Datenbanken, in denen eine Vielzahl von Produktionstechniken der Landwirtschaft mit ihren technischen, ökologischen und ökonomischen Koeffizienten gespeichert sind. Die Verknüpfung von Produktionsverfahren in Modellbetrieben mit spezifischen betriebsinternen Restriktionen ermöglicht die Simulation strategischer Betriebsentscheidungen. Die Simulation erfolgt auf der Basis der linearen Programmierung unter Verwendung des Solvers XA.

MODAM bietet eine Reihe von pflanzenbaulichen Aktivitäten und Tierhaltungsaktivitäten an, deren Ansprüche und Leistungen in Form von Restriktionen in MODAM implementiert sind. Die pflanzenbaulichen Aktivitäten sind als Anbauverfahren in Abhängigkeit von Vorfruchtgruppen und Anbauweise definiert, so dass im LP die Fruchtfolge optimiert werden kann. Hierfür sind für den integrierten und ökologischen Betrieb spezifische Fruchtfolgeregeln als Restriktionen implementiert, so dass mit Hilfe des LP-Moduls die pflanzenbaulichen Möglichkeiten zur Erreichung des formulierten Zieles ausgeschöpft werden können. Für den ökologischen Betrieb sind modellintern betriebsangepasste Fruchtfolgen generiert worden, die den für den ökologischen Landbau spezifischen Fruchtfolgerestriktionen und -wirkungen (wie z.B. vorfruchtabhängige Ertragseffekte) Rechnung tragen. Dazu sind für jedes vorfruchtspezifische Anbauverfahren standortspezifisch der N-Saldo sowie Verunkrautungspotenziale (perinierend, sommer- winterannuell) kalkuliert worden (BACHINGER und ZANDER, 2001). Nach Verknüpfung zu Fruchtfolgen werden im Modell unter Verwendung von Ausschlusskriterien wie N-Saldo, Verunkrautungspotenziale und phytosanitäre Restriktionen pflanzenbaulich sinnvolle Fruchtfolgen generiert.

Das Modellsystem ist so konzipiert, dass die Produktionsfunktionen mit Standorteigenschaften verknüpft sind und sich hieraus standortspezifische Einsatzmengen von Hilfsstoffen und Erträge darstellen lassen. Die Verknüpfung der Produktionsverfahren mit Standorteigenschaften ermöglicht zudem die Berücksichtigung umweltrelevanter Gefährdungspotenziale in der linearen Programmierung. Mit Hilfe spezifischer Module in MODAM werden die Auswirkungen der pflanzenbaulichen Aktivitäten auf Umweltindikatoren berechnet und als Restriktionen in das LP integriert.

Abbildung 2 Grobstruktur der schlag- und betriebsspezifischen Aktivitäten und Restriktionen



3.1 Abbildung der Betriebe in MODAM

Zur Abbildung der Betriebe in MODAM wurden die Kapazitäten (Stallplätze und Flächen) der Betriebe als Restriktionen vorgegeben. Für die Verfügbarkeit von Arbeit wurden die Verhältnisse von Familienbetrieben, mit einem Anspruch an 10 Euro Mindestentlohnung der eingesetzten Arbeitsstunden, zugrunde gelegt. Da der Umfang der Tierhaltung im Modell fixiert wurde, beschränkt sich die Optimierungsrechnung auf die Bestimmung von Art und Umfang der Flächennutzung.

3.2 Berechnung der Indikatorwerte

Für die Berechnung des Bodenabtrags wurde ein Algorithmus nach der ABAG verwendet (MEYER-AURICH et al., 2001). Dabei wurde ein für diesen Zweck erstellter Algorithmus zur Berechnung der täglichen Bodenbedeckung durch die angebaute Kultur bzw. durch Mulch eingesetzt, der es ermöglicht, die Erosionswirkung verschiedener pflanzenbaulicher Verfahren feiner zu differenzieren als nach dem Verfahren von SCHWERTMANN et al. (1987). Die schlag-spezifischen Erosionsdispositionen (LS-Faktoren) wurden im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München durch Projektpartner bereitgestellt (AUERSWALD, unveröffentlicht).

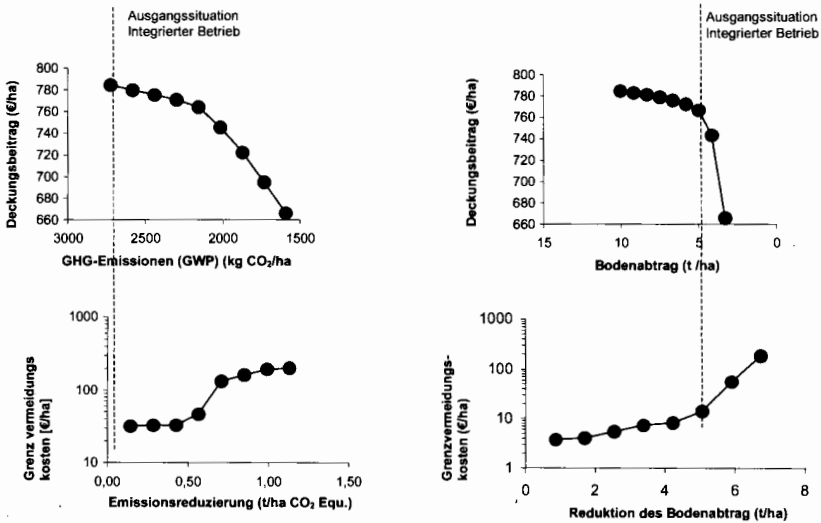
Für die Berechnung des durch die landwirtschaftliche Produktion verursachten Treibhauspotenzials wurden lediglich die durch die pflanzenbaulichen Anbauverfahren verursachten Emissionen einbezogen, da die Tierhaltung als gegeben angenommen wurde. Zur Ermittlung der klimarelevanten Treibhausgasemissionen wurden die CO₂-äquivalenten Emissionen aus der Ökobilanz der Anbauverfahren (WECHSELBERGER, 2000) und der geschätzten N₂O-

Ausgasung aus der Düngung berechnet. Für die Abschätzung der N₂O-Ausgasung aus der Düngung wurden Ergebnisse des Verbundprojektes herangezogen, nach denen davon ausgegangen wird, dass in Scheyern 2,5% des N im Dünger in der Form von N₂O emittiert (FLESSA, 2002).

4 Trade-offs

4.1 Integrierter Betrieb

Abbildung 3 Trade-offs und Grenzvermeidungskostenkurven für Bodenerosion und Treibhausgasemissionen (Integrierter Betrieb)



Mit Hilfe der Modellrechnungen kann gezeigt werden, welche ökonomischen Konsequenzen zu erwarten sind, wenn der Betrieb Umweltziele als Betriebsziel (Nebenziel) in seine Betriebsplanung einbezieht. In Abbildung 3 sind Modellergebnisse für den Integrierten Betrieb dargestellt. In den oberen Grafiken sind typische Trade-off Kurven dargestellt, die Punkte zeigen verschiedene Modellergebnisse mit nach rechts zunehmender Berücksichtigung der Nebenziele. Der linke Punkt zeigt das ökonomische Optimum ohne Berücksichtigung von Umweltzielen, die gestrichelte Linie zeigt die Ausgangssituation des integrierten Betriebes. Die unteren Grafiken zeigen, wie sich die Grenzvermeidungskosten in Abhängigkeit von zunehmender Verwirklichung von Umweltzielen verhalten. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass die Grenzvermeidungskosten mit zunehmender Verwirklichung von Umweltzielen stark ansteigen. Es ist aber auch erkennbar, dass bis zu einem bestimmten Punkt die Berücksichtigung der Umweltziele nur geringe Kosten verursacht. Im integrierten Betrieb wurde dies durch die Integration von Zwischenfrüchten und reduzierter Bodenbearbeitung bereits verwirklicht (gestrichelte Linie in rechter Grafikhälfte). Die linke Grafikhälfte zeigt, dass im integrierten Betrieb ein Potenzial zur Verminderung von Treibhausgasemissionen zu vergleichsweise geringen Kosten zu verringern besteht. In einer Studie von STEIN und STROBEL (1997) wurden Grenzvermeidungskosten für Deutschland in der Höhe von ca. 100 €/ t CO₂ zur Erreichung des in Kyoto festgelegten Ziels zur Verminderung der Emissionen treibhausrelevanter Gase

berechnet. Die Modellrechnungen zeigen, dass in diesem Betrieb für weit geringere Kosten Treibhausgasemissionen reduziert werden können, die hier im Modell weitgehend durch eine Reduzierung der Stickstoffdüngung erreicht wurden.

4.2 Ökologischer Betrieb

Bei der Modellierung des ökologischen Betriebes zeigte sich, dass dieser systembedingt wesentlich stärker durch Restriktionen bestimmt ist, als dies beim integrierten Betrieb der Fall ist. Abbildung 4 zeigt eine Trade-off Kurve, die die Auswirkungen der Reduzierung von Bodenabtrag auf das Betriebseinkommen zeigen. Aufgrund der geringeren Erosionsanfälligkeit der Flächen des ökologisch wirtschaftenden Betriebes und der geringeren Erosionsneigung der Fruchtfolgen ist der modellierte Bodenabtrag des ökologischen Betriebes deutlich niedriger als der des integrierten Betriebes. Die Vermeidung von Erosion wird im Modell hauptsächlich durch die Integration von Zwischenfrüchten und Untersaaten erreicht. Da dieses allerdings aufgrund der Notwendigkeit den Stickstoff im System zu halten, zum Teil schon implementiert ist, ist das Potenzial für eine Vermeidung von Bodenabtrag über das im ökonomischen Optimum erreichte Maß begrenzt.

Abbildung 4 Trade-off zwischen Bodenabtrag und Deckungsbeitrag im ökologischen Betrieb

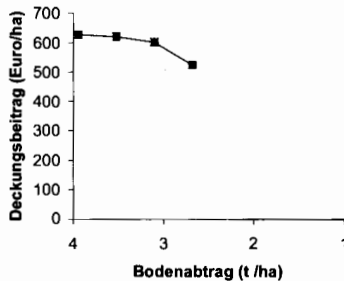
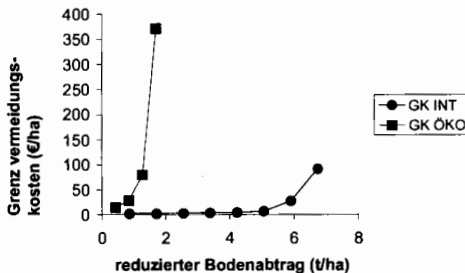


Abbildung 5 Grenzvermeidungskosten für die Reduzierung von Bodenabtrag des ökologischen Betriebes im Vergleich mit dem integrierten und integrierten Betrieb



Die Trade-off Kurve und die Grenzvermeidungskostenkurve zeigen, dass dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb deutlich höhere Grenzkosten bei einer Reduzierung des Bodenabtrags entstehen als dies beim integriert wirtschaftenden Betrieb der Fall ist (Abbildung 5). Der ökologisch bewirtschaftete Betrieb ist aufgrund der betriebsinternen Restriktionen weniger flexibel, Umweltziele zu verwirklichen, die über das Maß hinausgehen, die im ökonomischen Optimum erreicht werden.

5 Schlussfolgerungen

Die Modellrechnungen bestätigen, dass pfluglose Bodenbearbeitung mit Zwischenfrüchten, wie sie im integrierten Betrieb in Scheyern praktiziert wird, eine effiziente Strategie zur Erosionsbekämpfung ist. Die Opportunitätskosten zur Erreichung der Reduzierung des Bodenabtrags sind vergleichsweise gering. Daraus kann abgeleitet werden, dass relativ geringe Anreize ausreichen müssten, damit Landwirte diese Maßnahme in ihre Betriebsplanung einbeziehen.

Im Bereich der Verminderung von Treibhausgasemissionen liegt nach den dargestellten Berechnungen noch ein ungenutztes Potenzial in der Landwirtschaft. Dieses kann vor allem durch eine Einsparung von Stickstoffdüngern erreicht werden, da die Herstellung sehr energieintensiv ist und zusätzliche Emissionen von treibhausrelevanten Gasen nach der Ausbringung des Düngers zu erwarten sind. Politiken, die eine Reduzierung des Stickstoffdüngereinsatzes honorieren, werden in Deutschland zurzeit kaum diskutiert. Dies ist unter anderem darin begründet, dass im Bereich der Sicherstellung der guten fachlichen Praxis der Stickstoffdüngung immer noch ein Vollzugsdefizit zu beklagen ist (WEINGARTEN und KREINS, 2003) und somit kaum zwischen „guter landwirtschaftlicher Praxis“ und einer Umweltleistung differenziert werden kann.

Trade-Off-Kurven und Grenzkostenkurven haben ein bisher wenig genutztes Potenzial, Optionen der Landnutzung und deren Auswirkungen auf die Umwelt und das Einkommen der Landwirte transparent zu machen und zur Diskussion zu stellen. Die Zusammenhänge können zum Beispiel herangezogen werden, um die Zumutbarkeit von Umweltauflagen zu diskutieren oder die Effektivität von Anreizsysteme zu überprüfen. Die Ableitung von aus gesellschaftlicher Sicht optimalen Umweltwirkungen ist theoretisch mit Hilfe der Grenzkostenkurven möglich. Allerdings ist der Grenznutzen, der durch eine verbesserte Umweltqualität erzielt wird, nur in Ausnahmefällen bekannt.

Literatur

- BACHINGER, J. und P. ZANDER (2001): Crop rotation planning tool for organic farms. In STEFFE, J (ed): Third Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment 1, 89-94.
- FLESSA, H. (2002): Acker- und Grünlandflächen als Quellen und Senken klimarelevanter Spurengase. Agrarspectrum 34 (Umweltrelevant Spurengase in der Land- und Forstwirtschaft – Herausforderungen für Wissenschaft, Politik und Praxis), S. 26-38.
- MEYER-AURICH, A., J. SCHULER, K. AUERSWALD, P. ZANDER und H. KÄCHELE (2001): Trade off of soil protection – assessing economic consequences of erosion control. In Helming, K. (Ed.): Multidisciplinary Approaches to Soil Conservation Strategies. ZALF-Bericht 47, S.161-166.
- SCHRÖDER, P., B. HUBER, U. OLAZÁBAL, A. KÄMMERER und J.C. MUNCH (2002): Land use and sustainability: FAM Research Network on Agroecosystems. Geoderma, 105, 155-166.

- SCHWERTMANN, U., W. VOGL und M. KAINZ (1987): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Bodenabtrags und Bewertung von Erosionsschutzmaßnahmen. Ulmer, Stuttgart.
- STEIN, G. und B. STROBEL (1997): Politikszenerarien für den Klimaschutz. Reihe Umwelt, Band 6, Forschungszentrum Jülich.
- WECHSELBERGER, P. (2000): Ökonomische und ökologische Beurteilung unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen und -systeme anhand ausgewählter Kriterien. FAM-Bericht 43. Shaker, Aachen.
- WEERSINK, A., S. JEFFREY und D. PANNELL (2002): Farm-Level Modeling for Bigger Issues. Review of Agricultural Economics 24, 123-140.
- WEINGARTEN, P. und P. KREINS (2003): Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers vor Nitrat-einträgen aus der Landwirtschaft: Umweltrechtliche und agrarpolitische Rahmenbedingungen, Kostenwirksamkeit und Handlungsbedarf. Beitrag zur 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. 29.09.-01.10.2003 in Hohenheim.
- ZANDER, P. (2003): Agricultural Land Use and Conservation Options. A Modelling Approach (Thesis Landbouwniversiteit Wageningen): 222 S.; Wageningen.