

**Zeitschrift:** Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie = Économie et sociologie rurales [1980-2007]  
**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie  
**Band:** - (1998)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Mit welcher Methode sollen Strukturentwicklungen in der Landwirtschaft analysiert werden?  
**Autor:** Bernegger, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-966315>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Mit welcher Methode sollen Strukturentwicklungen in der Landwirtschaft analysiert werden?**

**Urs Bernegger**

## **1 Einleitung**

Die Landwirtschaft steht in unseren Breiten in einer Phase intensiver Auseinandersetzungen über ihre Aufgaben innerhalb der Volkswirtschaften. Ein Wertewandel in der Gesellschaft einerseits, ökologische und wirtschaftliche Probleme andererseits waren auslösende Elemente für diese Diskussionen. Sie werden heute a) häufig, b) vielschichtig und c) meist stark kontrovers geführt. Zudem sind es nicht mehr nur Fachleute, welche sich daran beteiligen. Es sind Politiker, Natur- oder Tierschützer, die Transportbranche, der Lebensmittelhandel und nicht zuletzt Konsumenten, welche dann auch durch ihren Kaufentscheid die Art der nachgefragten Produkte mit beeinflussen. Der bisherige „Agrarmarkt“ – so weit es diese anonyme Grösse überhaupt je gab - hat nur in sehr geringem Ausmass nach der Art der Produktion oder nach der regionalen Herkunft der Produkte gefragt. Heute dagegen fragen die Abnehmer landwirtschaftlicher Produkte mindestens in unseren Breitengraden klar: Wo und vor allem wie ist dieses oder jenes Produkt produziert worden?

Die Landwirtschaft steht damit vor verschiedenen, für sie z.T. neuartigen Herausforderungen:

- Welche Ziele innerhalb des formulierten Zielsystems für die Landwirtschaft sollen primär erfüllt werden?
- Wieviele und wie intensiv sollen natürliche Ressourcen durch die Landwirtschaft in Zukunft genutzt werden?
- Besteht im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Volkswirtschaft ein zunehmender Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen?
- Welche öffentlichen Leistungen der Landwirtschaft sind erwünscht und welche finanziellen Mittel stehen in Zukunft für deren Bereitstellung zur Verfügung bzw. welches sind die Kosten solcher Leistungen?
- Welche Rolle soll und kann die schweizerische Landwirtschaft als Anbieter von Nahrungsmitteln auf unseren Agrarmärkten spielen?

- Welches Nahrungsmittelsortiment und welche Produktqualitäten werden von den Konsumenten in Zukunft nachgefragt?

Die in diesem Zusammenhang genannten Begriffe wie „multifunktionale Landwirtschaft“ oder auch „nachhaltige Landwirtschaft“ sind zur Beantwortung obiger Fragen wenig operabel und bleiben damit noch weitgehend Leerformeln.

Es ist abzusehen, dass sich die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft weiter verändern werden. Dabei zeichnen die folgenden Grundtendenzen ab:

- vereinfachter Zutritt ausländischer Anbieter von Nahrungsmitteln in der Schweiz
- Ausbau produktionsunabhängiger Transfers zugunsten des Sektors Landwirtschaft und zusätzliche Auflagen
- zunehmende Konkurrenz von Seite ausländischer Anbieter auf dem inländischen Markt für Agrarprodukte

Jede Richtungsänderung in der Agrarpolitik wirkt grundsätzlich in irgend einer Form strukturverändernd. Daher entsteht sowohl aus betriebs- wie auch aus volkswirtschaftlicher Sicht ein Bedarf an Prognosen der agrarstrukturellen Veränderungen. Sie dienen als Grundlage für die Beurteilung einer in sich konsistenten landwirtschaftlichen Strukturpolitik. Mögliche Entwicklungen landwirtschaftlicher Betriebs- oder Produktionsstrukturen sollen qualitativ und vor allem auch quantitativ untersucht werden können. Die zunehmende Gewichtung öffentlicher Leistungen im Zielsystem der Landwirtschaft und die damit verbundene Verlagerung der Agrarpolitik von den bis anhin schwergewichtig praktizierten Preisstützungen hin zu einer direkten Abgeltung solcher Leistungen lassen zudem die Frage nach der Evaluation entsprechender staatlicher Massnahmen aufkommen.

Gesondert betrachtet sind einzelne der dargestellten Fragestellungen relativ einfach zu untersuchen und z.T. bereits auch schon eingehend untersucht worden. Das Ausmass und der Umfang möglicher Veränderungen und der interdisziplinäre Charakter der anstehenden Problembe- reiche machen Analysen von Strukturentwicklungen in der Landwirtschaft allerdings sehr schwierig. Die geforderten Prognosen bzw. Evaluationen werden daher methodisch sehr anspruchsvoll, weil die anstehenden Fragen zur Strukturentwicklung der Landwirtschaft unter Einbezug sowohl von sozialen, wirtschaftlichen als auch von ökologischen,

d.h. weitgehend technischen Zusammenhängen analysiert werden sollen. In diesem Umfeld wird es Aufgabe der agrarökonomischen Forschung sein, Methoden zu entwickeln, welche geeignet erscheinen, Probleme in der geforderten Tiefe zu analysieren und welche problemadäquate Resultate zu liefern vermögen. Der vorliegende Aufsatz geht der Frage nach, inwiefern die Modellierung von Strukturentwicklungen einen Beitrag zur Problemlösung zu leisten vermag.

## **2 Adäquate Untersuchungsmethoden**

Die einleitend dargestellten Veränderungen der Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft, neue Gewichtungen einzelner Ziele der Agrarpolitik und die zukünftige Ausrichtung des Leitbildes für die Landwirtschaft führen zu einer Erweiterung der Fragestellung für die landwirtschaftliche Strukturforschung. Wie bis anhin wird es aber auch in Zukunft vornehmlich darum gehen, Zielkonflikte gegeneinander abzuwägen beziehungsweise Massnahmen zu evaluieren. Häufig geht es um die Beurteilung eines oder einer Kombination folgender Elemente:

- Abbildung der volkswirtschaftlichen Kosten agrarpolitischer Ziele bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen und strukturpolitischen Massnahmen
- Abbildung der Struktur der eingesetzten Faktoren und Ermittlung der sektorinternen Faktorentlohnungen
- Abbildung der Produktionsstrukturen
- Abbildung der Angebotsstruktur von privaten und öffentlichen Gütern

Dabei sollen jeweils die Besonderheiten der landwirtschaftlichen Produktion berücksichtigt werden:

- die Koppelproduktion und die sektorinterne Arbeitsteilung in der Landwirtschaft,
- regional unterschiedliche Produktionsvoraussetzungen,
- Restriktionen produktionstechnischer oder wirtschaftlicher Art,
- betriebliche Mengenbeschränkungen des Angebots und
- Einschränkungen beim Faktoreinsatz der Betriebe.

An dieser Stelle kann es nicht darum gehen, die einzelnen Methoden zur Modellierung ausführlich darzustellen, sondern deren Eigenschaften in Bezug auf ihre Aussagefähigkeit für die Abbildung von Strukturentwick-



lungen in der Landwirtschaft aufzuzeigen. Grundsätzlich lassen sich zur Modellierung des Agrarsektors sowohl aufgrund erhobener Daten geschätzte Produktionsfunktionen (positive Modellierung) oder Programmierungsmodelle (normative Modelle) verwenden.

### 3 Anforderungen an Strukturanalysen und Prognosen

Strukturanalysen zielen darauf ab, Strukturentwicklungen zu erklären und anschliessend für Prognosen nutzbar zu machen. Dafür müssen alle Bereiche strukturrelevanter Ursachen einbezogen werden und darüber hinaus folgende grundsätzlichen Annahmen gemacht werden:

- Die Ursachen des Strukturwandels sind hinreichend bekannt,
- Art und Ausmass des Einflusses einzelner Faktoren auf Strukturveränderungen sind bekannt und
- das Verhalten der im zu untersuchenden Sektor betroffenen Wirtschaftssubjekte bleibt in Zukunft unverändert.

Primär muss also gelten, dass festgestellte Ursachen von Strukturveränderungen auch in Zukunft vorhanden sind. Fallen bestimmte Faktoren weg, so sind sie für den Strukturwandel nicht mehr relevant. Wurde der Einfluss eines bestimmten Faktors auf die Strukturentwicklung aufgrund vergangener Perioden nachgewiesen, so muss ferner angenommen werden, dass sich das festgestellte Ausmass seiner Strukturbeeinflussung auch in Zukunft nicht verändern wird. Damit eng verknüpft ist die Annahme bezüglich dem Verhalten der Wirtschaftssubjekte. Ihr Verhalten darf sich - sollen die Prognosen zutreffen - gegenüber diesen Faktoren nicht verändern. Dies muss auch für den Fall gelten, dass neue Einflussfaktoren in Erscheinung treten beziehungsweise bisher geltende wegfallen.

Diese grundsätzlichen Annahmen gelten unabhängig von den für die Strukturanalyse angewendeten Methoden. Generell geht es aber immer um die Frage von Ursache und Strukturwirkung. Gesucht wird der Zusammenhang zwischen einem oder mehreren Einflussfaktoren  $F_k$  und einem ausgewählten Strukturelement  $X_j$ . Mathematisch wird  $X_j$  als Funktion  $\varphi$  von  $F_k$  für alle (e) Einflussfaktoren ausgedrückt:

$$X_j = \varphi(F_k)$$

$j = 1..s$  unterschiedliche Strukturelemente  
 $k = 1..e$  Einflussfaktoren

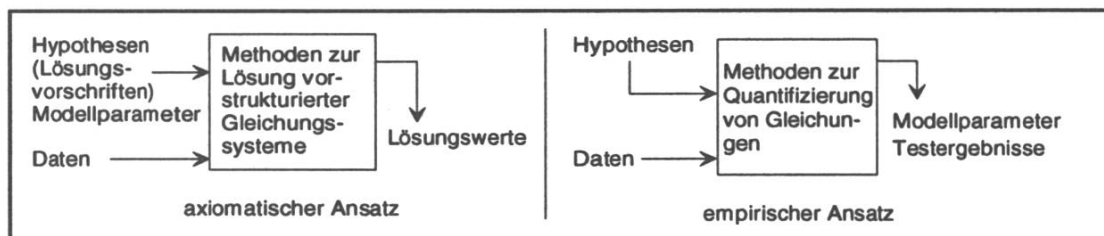
Der Zusammenhang kann eine Verhaltensfunktion von beobachteten Wirtschaftssubjekten, eine technische Gleichung oder eine Definitionsgleichung darstellen. Dabei stellen Definitionsgleichungen keine weiteren methodischen Probleme dar. Bedeutend schwieriger ist die Schätzung technischer Zusammenhänge oder gar von Verhaltensfunktionen.

Das eigentliche Modell für die Darstellung von Strukturveränderungen enthält mehrere unterschiedliche, zum Teil auch vernetzte Gleichungen. Grundsätzlich stehen für deren Lösung zwei verschiedene Typen von Lösungsalgorithmen zur Verfügung:

- Methoden zur Lösung von Gleichungssystemen
- Methoden zur Quantifizierung von Gleichungssystemen

Im ersten Fall (axiomatischer Ansatz<sup>1</sup>) werden die Modellparameter und die Lösungsvorschriften vorgegeben, nach welchen das Gleichungssystem aufzulösen ist. Anschliessend lassen sich, gemäss diesen Lösungsvorschriften, entsprechende Resultate berechnen. In diese Methodengruppe gehören Simulations- und Programmierungsmodelle.

**Abbildung 1: Methoden zur Quantifizierung und Lösung ökonomischer Modelle**



Quelle: BAUER (1986)

Der zweite Ansatz, der empirische Ansatz, ermittelt aufgrund der vorgegebenen Modellzusammenhänge und der Daten entsprechende Modellparameter. Dazu werden zu den theoretisch denkbaren Zusammenhängen über den Strukturwandel Hypothesen gebildet und in einem entsprechenden Gleichungssystem dargestellt. Die Hypothesen betreffen also im Gegensatz zu Methoden für die Lösung von Gleichungssystemen nicht die Lösungsvorschriften als solche, sondern lediglich die ökonomischen Beziehungen zwischen einzelnen Strukturelementen und

<sup>1</sup> BAUER (1986), 107 und dort angegebene Literatur.

deren Einflussfaktoren. Als Daten werden beobachtbare (beobachtete) Werte vorgegeben. Als Resultat erhält man die geschätzten Modellparameter und deren Testergebnisse. In diese Methodengruppe gehören vor allem ökonometrische (statistische) Modelle.

Für die Beurteilung der Methoden sind wiederum die jeweils gemachten Annahmen relevant. Während beim axomatischen Ansatz die Modellparameter vorgegeben werden, werden diese im empirischen Ansatz aufgrund der vorgegebenen Daten ermittelt. Damit ist die Herkunft der Modellparameter beim axomatischen Ansatz für die Qualität der Modellresultate von zentraler Bedeutung. Die Methoden selbst ermitteln aufgrund dieser Parameter und der entsprechenden Lösungsvorschriften zwar in sich konsistente Ergebnisse, diese müssen allerdings nicht unbedingt von empirischer Relevanz sein: Es sind Resultate klar strukturierter mathematischer Algorithmen. Es ist daher sehr wichtig, den einzelnen Modellparametern entsprechend Beachtung zu schenken und deren empirische Relevanz zu prüfen. Insbesondere ist klarzustellen, ob es sich um gesetzte Parameter, um Planungsdaten bzw. Erfahrungswerte oder um statistisch geschätzte Parameter handelt.

## 4 Methoden und Modelltypen

### 4.1 Ökonometrische Modelle

Ökonometrische Modelle beruhen darauf, dass Hypothesen über wirtschaftliche Zusammenhänge getestet werden. Mit Hilfe statistischer Methoden - im Vordergrund steht die Regressionsanalyse - werden Modellparameter ermittelt und entsprechenden Tests unterzogen (empirischer Ansatz). Dabei tritt auf jeden Fall eine Restschwankung  $U$  auf, welche durch das Modell nicht erklärt werden kann.

$$X_{jt} = \varphi(F_{kt}) + U_t$$

$j = 1..s$  unterschiedliche Strukturelemente  
 $k = 1..e$  Einflussfaktoren  
 $t = \text{Zeit}$   
 $U_t = \text{Störterm}$

Die Methode bedingt, dass auf eine gute und vollständige Datengrundlage abgestellt werden kann. Aus diesem Grunde wird sie meist für bereits aggregierte Daten angewendet, welche auch über längere Zeiträume zur Verfügung stehen. Ökonometrische Modelle sind deshalb vor allem im Bereich meist partieller Marktanalysen von Bedeutung. Dabei handelt es sich um Nachfrage- beziehungsweise um Angebotsschätzungen.

Die grundlegende Problematik empirischer Schätzungen im Bereich landwirtschaftlicher Strukturanalysen besteht darin, dass in der Landwirtschaft häufig nur Schätzungen aufgrund von Jahresdaten vorgenommen werden können und dass die angewendeten statistischen Schätzverfahren gewisse Minimalanforderungen an den Umfang der Daten (Freiheitsgrade) verlangen. Ist die Zahl der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren (exogene Variablen) aufgrund der spezifischen Verhältnisse im Modell hoch, so muss ein entsprechend langer Zeitraum berücksichtigt werden. Damit steigt das Risiko stark an, mit Strukturbrüchen oder mit Verhaltensänderungen der Entscheidungsträger konfrontiert zu werden.

Für eigentliche Strukturanalysen sind ökonometrische Modelle daher nur bedingt geeignet. Strukturanalysen arbeiten mit einer grossen Zahl von Strukturelementen (endogene Variablen) und entsprechend vielen Einflussgrössen. Modelle dieser Grössenordnung stossen deshalb oft an methodische Grenzen. Die grosse Zahl exogener Variablen, bei denen es sich grösstenteils um Preisentwicklungen handelt, führt häufig zu statistischen Problemen. Treten hohe Korrelationen zwischen den erklärenden Variablen (Interkorrelation) auf, so besteht die Gefahr von Multikollinearität. Dabei "vermischen" sich die Einflussgrössen einzelner Variablen. Die Folge sind ungenaue Schätzungen der Modellparameter, unplausible Vorzeichen und unsichere Testergebnisse.

Dem Ökonometriker stehen zwar vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, um die Qualität der Modellparameter und deren statistische Absicherung zu verbessern.<sup>2</sup> Dazu gehören z.B. der Einbezug von Dummy-Variablen, Preisrelationen anstelle beobachteter Preisentwicklungen, Witterungsdaten etc. in das Modell oder auch die Wahl alternativer Funktionstypen und Schätzverfahren. Das hohe Mass an "inneren Beziehungen", welche bei Strukturanalysen zu berücksichtigen sind, erschweren aber die Modellbildung.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass empirische Modelle zwar wünschenswert sind, oft aber nur mit wesentlichen Schwierigkeiten und unter sehr restriktiven Annahmen für Strukturanalysen Anwendung finden können. Methodische Voraussetzungen bedingen, dass oft nur mit aggregierten, über einen längeren Zeitraum konsistent und vollständig erhobenen Daten gearbeitet werden kann. Die Zahl der exogenen Einflussfaktoren, welche simultan berücksichtigt werden kann, wird daher eingeschränkt. Damit entstehen Schwierigkeiten bei der Interpretati-

---

<sup>2</sup> BAUER (1986), 121.

on der Ergebnisse, z.T. entstehen Unklarheiten bezüglich des Ursache-Wirkung-Gefüges und die innere Konsistenz des Modells kann trotz ausgeklügelter Testverfahren letztlich nicht überprüft werden.

## **4.2 Strukturmodelle auf der Basis von Simulationsmodellen**

Modelle für die Darstellung von Strukturentwicklungen in der Landwirtschaft sind in der Schweiz für unterschiedliche Aggregationsebenen erstellt worden. Sowohl auf Betriebs- als auch auf Regionsebene stehen die didaktischen Möglichkeiten zur Vermittlung komplexer Systeme auf der Basis computergestützter Simulationen im Vordergrund. So entstanden mehrere Unternehmerspiele für den landwirtschaftlichen Betrieb.<sup>3</sup> Die einzelnen Generationen unterscheiden sich primär durch die Übernahme zusätzlicher Funktionen und systeminterner Zusammenhänge durch die Modellrechnungen.

Auf Regionsebene wurde ebenfalls ein Simulationsspiel (Jeu de simulation régionale - JSR<sup>4</sup>) entwickelt. Auch hier wird die Computersimulation als Instrument in der Lehre eingesetzt. Es umfasst Zusammenhänge in den Bereichen Wirtschaft, Demographie, öffentliche Finanzen, Boden und Umwelt. Das JSR wurde speziell für die Darstellung der Situation im schweizerischen Berggebiet und in ländlichen Regionen konzipiert.

Beide Modelltypen bilden Strukturentwicklungen ab, welche sich aufgrund exogener Vorgaben einstellen. Exogener Entscheidungsträger für diese Art von Modellen bleibt aber grundsätzlich der Lernende selbst. Er entscheidet aufgrund seiner Planungsgrundlagen entsprechend seiner eigenen Strategie über den Faktoreinsatz in "seinem" Betrieb bzw. über regionalwirtschaftliche Projekte gemäss vorgegebener Optionen. Die Modellsimulation stellt die Konsistenz sicher und legt die Auswirkungen seines Tuns offen. Gleichzeitig können auch die Wettbewerbssituationen zwischen den Spielern oder Interventionen externer Art mit berücksichtigt werden.

Die Dynamik der Modelle entsteht dadurch, dass die Resultate aus einer Planungsperiode der Ausgangssituation für die folgende Periode entspricht. Damit entsteht ein dynamisches Element, welches geeignet ist, eigentliche Strukturentwicklungen abzubilden. Diese Dynamik der Modellsimulation beeinflusst zwar die Strategie und den Handlungsspiel-

---

<sup>3</sup> THOMI H.-P. (1994), THOMI H.-P. (1989), RICHARD, G. (1986), ROUGE, H. (1982), ROUGE, H. (1973)

<sup>4</sup> DUMONDEL, M., ZAKARYA, F. (1989)



raum der Spieler, die Auswirkungen des "Selber-betroffen-seins" kann damit allerdings nur schwer abgebildet werden. Empirische Aussagen beschränken sich deshalb auf das konkrete Risikoverhalten der jeweils beteiligten Spieler. Auch die zur Verfügung stehenden Optionen wirken einschränkend auf die Interpretierbarkeit der Modellergebnisse.<sup>5</sup> Eine Aggregation der Resultate kann somit aus den genannten Gründen nicht vorgenommen werden.

Ein dynamisches Simulationsmodell für die Schweizer Landwirtschaft wurde von Rieder et al.<sup>6</sup> entwickelt. Das Modell arbeitet auf der aggregierten Ebene des Gesamtsektors und beinhaltet die Bereiche Agrarproduktion, Landwirtschaftliche Einkommen und Strukturwandel.

Die „Spieler“ werden hier durch empirische und normative Modellparameter ersetzt. Produktion und Nachfrage werden im Modell aufgrund exogen vorgegebener Elastizitäten simuliert. Für die Berechnung der Landwirtschaftlichen Einkommen wird der Gesamtrohertrag der hauptberuflichen Landwirte, allfällige Direktzahlungen sowie die Betriebskosten herangezogen. Letztere sind produktions-, betriebs- oder betriebsgrößenabhängig.

Aufgrund des unterstellten Gleichungssystems weist die Modellsimulation zyklische Bezüge auf, d.h. ein einmal errechnetes Resultat beeinflusst die Voraussetzungen, welche für dessen Berechnung massgebend waren. Die Agrarstruktur beeinflusst die Einkommen der Betriebe, was Rückwirkungen auf die Abwanderung von Betrieben hat. Aus diesem Grunde ist für die Berechnung von Lösungen ein iteratives Vorgehen nötig. Gleichzeitig bedingt diese Art der Simulation ein konvergierendes Gleichungssystem.

Das Simulationsmodell erweist sich aufgrund der erzielten Modellresultate als vertrauenswürdig.<sup>7</sup> Probleme ergeben sich wegen des gewählten Aggregationsgrades einerseits und der Veränderung in der Verhaltensfunktionen der Abwanderung von Betrieben andererseits. Die Entwicklung der Zahl der Betriebe hängt letztlich nicht nur von den durchschnittlichen Einkommensdisparitäten (Sogeffekte) ab, sondern es bestehen innerhalb der einzelnen Betriebe Möglichkeiten, Umstrukturie-

---

<sup>5</sup> Werden Optionen vorgegeben, so scheiden die Kreativität der Mitspieler und der damit verbundene technische Fortschritt als Motor für Strukturveränderungen aus.

<sup>6</sup> RIEDER, P., BERNEGGER, U., MEYER, L. (1988), RIEDER, P., RÖSTI, A., JÖRIN, R. (1994)

<sup>7</sup> BERNEGGER, U. (1996)



rungen bezüglich Arbeits- und Kapitaleinsatz vorzunehmen, welche es erlauben, den Betrieb als solchen zu erhalten. Die Darstellung solcher Zusammenhänge ist in stark aggregierten Simulationsmodellen allerdings schwierig und würde sowohl die Handhabbarkeit als auch die Überprüfbarkeit solcher Modelle einschränken.

### **4.3 Normative Modelle**

#### **4.3.1 Fragestellung**

Im Gegensatz zu den bisher dargestellten Methoden zur Analyse der Strukturentwicklung in der Landwirtschaft werden in normativen Modellen nicht das Verhalten der Landwirte oder einer Gruppe von solchen untersucht, sondern es wird diesen ein bestimmtes Verhalten unterstellt. Modellsimulationen nehmen insofern eine Zwischenstellung unter den normativen Modellen ein, als dort ein aufgrund einer vergangenen Periode ermitteltes Verhalten als Modellparameter in ein strukturiertes Gleichungssystem eingesetzt und so Entwicklungen fortgeschrieben werden (siehe Abschnitt 4.2). In Programmierungsmodellen treten Normen und ein bestimmtes Lösungsverfahren an deren Stelle. Prinzipiell wird damit die Fragestellung der Analyse verändert. In empirischen Ansätzen geht es um die Frage:

- Welche Einflussfaktoren haben sich auf eine Strukturentwicklung ausgewirkt und wie stark war ihr Einfluss?

Die Fragestellung bezieht sich somit auf die Untersuchung einer vergangenen Zeitperiode. Für den Bereich der normativen Modellrechnungen müsste die zu stellende Frage wie folgt lauten:

- Wie sieht die Struktur aus, wenn die Wirtschaftssubjekte ein bestimmtes Ziel erreichen wollen und dabei gewissen Auflagen unterliegen?<sup>8</sup>

Als Methoden stehen neben den bereits beschriebenen Simulationsmodellen Programmierungsmodelle im Vordergrund. Bei der Mathematischen Programmierung werden lineare oder quadratische Zielfunktionen optimiert. Es gelten zwei bedeutende Voraussetzungen: Erstens charakterisieren sich Programmierungsmodelle dadurch, dass das zu erreichende Ziel in einer einzigen Zielfunktion fassbar gemacht werden

---

<sup>8</sup> ONIGKEIT, D. (1967), 11 ff.

muss. Mehrdimensionale Zielsysteme können dementsprechend erst nach einer Gewichtung aller Einzelziele optimiert werden.

Zweitens müssen gleichzeitig die für die Optimierung geltenden Auflagen formuliert werden. Dazu werden planungsrelevante Normen verwendet, welche als solche während der eigentlichen Optimierung nicht mehr veränderbar sind. Veränderte Normen bedingen demzufolge jeweils eine neue Optimierung.

Die beiden dargestellten Voraussetzungen, die eindimensionale Zielfunktion und jeweilige Festlegung planungsrelevanter Normen, bestimmen die Aussagefähigkeit dieser Modelle wesentlich. Einerseits bedingt die methodenbedingte Anforderung an die Zielfunktion eine Gewichtung von Einzelzielen oder eine entsprechende Abstraktion von anderen, nicht berücksichtigten Zielen und schränkt damit die Aussagekraft von Programmierungsmodellen ein. Das Resultat der Optimierung ist jeweils *ein* Zielfunktionswert.

Die Modellresultate sind geprägt von den verwendeten Normen und unterstellten Auflagen für die Optimierung. Bei den Normen handelt es sich um eine Beschreibung einer Reihe unterschiedlicher, für die landwirtschaftliche Produktion relevanter Zusammenhänge. Es sind dies beispielsweise:

- Erträge
- Faktorbedarf der Produktion
- Faktorangebot landwirtschaftlicher Produkte
- Technische Koeffizienten (Leistungen, Verluste, etc.)
- innerlandwirtschaftliche Lieferungen

Für wirtschaftliche Optimierungen werden zudem planungsrelevante Produkt- und Faktorpreise benötigt. Sie bestimmen die Lage der Zielfunktion.

Der Vorteil der Verwendung von Normen als Grundlage für die Darstellung von Systemzusammenhängen besteht darin, dass weitgehend auf eigene Datenerhebungen verzichtet werden kann und gleichwohl disaggregierte Ergebnisse erzeugt werden können. Damit fließt bestehendes Expertenwissen in das Modell ein. Gleichzeitig entsteht aber eine Unsicherheit über die Qualität der verwendeten Daten. Im Gegensatz zu empirischen Untersuchungen entstehen bei normativen Methoden in jedem Falle - auch bei schlechter Datenqualität - "plausible" Resultate.

Für eine Optimierung sind aber noch zusätzliche Auflagen notwendig. Sie bestehen im wesentlichen aus Faktorbeschränkungen (verfügbare

Flächen, Arbeitskräfte oder Maschinen). Für den Agrarbereich wurden zudem auch Produktionseinschränkungen immer wichtiger (Produktionsrechte oder Kontingente). Auch sie stellen Einschränkungen für die Optimierung dar.

Ein oft vernachlässigter Bereich soll hier ebenfalls unter den Auflagen für die Optimierung dargestellt werden. Es handelt sich um Optionen, welchen beim Modellbau keine Beachtung geschenkt wird oder welche im Voraus nicht im Modell berücksichtigt werden. Nicht modellierte Optionen stehen für die Optimierung nicht zur Verfügung und wirken deshalb gleich wie explizite Einschränkungen des Handlungsspielraums (Beschränkung auf Null). Diese Art von Auflagen erstrecken sich über den ganzen Bereich alternativer Produktions-, Faktoreinsatz- oder Faktorverwendungsmöglichkeiten. Werden der Landwirtschaft bereits zur Verfügung stehende oder in Zukunft realisierbare Optionen nicht modelliert, so muss dies entsprechend zu suboptimalen Ergebnissen der Optimierung führen. Streng genommen müssen deshalb beim Modellbau sämtliche Optionen zur Verfügung gestellt werden, was sich allerdings sowohl auf die Modellgrösse als auch auf den Zeitbedarf für die Erstellung und die Wartung eines Modelles negativ auswirkt. Der Modellbauer wird deshalb versuchen, in einer Art intuitiven Voroptimierung möglichst viele Optionen zu eliminieren, um so Zeit und Rechenaufwand einzusparen. Kriterien sind in diesem Falle die Relevanz besonderer Aktivitäten als Folge technischer oder rechtlicher Rahmenbedingungen oder sehr spezifische Fragestellungen. Solche Abgrenzungen sind wegen der Suboptimalität der entsprechenden Modelllösungen allerdings problematisch; das Modell verliert seine Allgemeingültigkeit.

#### **4.3.2 Programmierungsmodelle für Einzelbetriebe**

Die Methode der Mathematischen Programmierung wurde vorwiegend für betriebswirtschaftliche Fragestellungen entwickelt und eingesetzt. Die hohe Verfügbarkeit von Daten und klare Zielvorstellungen machten die Methode gerade im betriebswirtschaftlichen Bereich sehr erfolgreich. Für die Schweizer Landwirtschaft werden Programmierungsmodelle seit Mitte der Sechziger Jahre als Planungsinstrument verwendet.<sup>9</sup> Buess<sup>10</sup> hat 1976 eine Standardmatrix zur Optimierung landwirtschaftlicher Betriebsstrukturen veröffentlicht, welche seither in verschiedenen Arbeiten verwendet worden ist. Daneben basieren andere Studien ebenfalls auf

---

<sup>9</sup> ONIGKEIT, D. (1967), RIEDER, P. (1968)

<sup>10</sup> BUESS, A. (1976)

einzelbetrieblichen Programmierungsmodellen<sup>11</sup> oder haben solche weiterentwickelt.

Die wesentlichen Merkmale von Betriebsmodellen auf der Basis der Linearen Programmierung sind:

- die starke Abhängigkeit der Resultate von den Beschränkungen der Faktoren,
- die hohe Abhängigkeit der Primallösung von exogen vorgegebenen Preisen
- und das starke Gewicht betriebsinterner Verhältniszahlen.

Für die Abbildung betriebswirtschaftlicher Optima sind diese Merkmale von zentraler Bedeutung. Sie erlauben die Darstellung technisch und wirtschaftlich effizienter Betriebsstrukturen unter Berücksichtigung detaillierter Betriebsabläufe und interner Zusammenhänge. Mit Hilfe der Mixed-Integer-Programmierung gelingt es zudem, auch nichtlineare Zusammenhänge und die Ganzzahligkeit verschiedener Produktionsabläufe zu berücksichtigen. Damit können u.a. auch Ja/Nein-Entscheidungen optimiert werden. Für betriebswirtschaftliche Fragestellungen wird allenfalls die Statik des Modellansatzes als Mangel empfunden. Er erlaubt in seiner Grundform lediglich eine szenarienhafte Abbildung betrieblicher Optimalzustände.

Für die Optimierung dynamischer Betriebsabläufe erweist sich weniger die Modellformulierung als solche, sondern vielmehr die Extrapolation modellexogener Größen, primär der Entwicklung der Produkt- und Faktorpreise als grosse Schwierigkeit. Die Dynamik von Produktionsabläufen lässt sich durch eine simultane oder rekursive Abbildung mehrerer Produktionszyklen darstellen. Der grosse Einfluss modellexogener Größen auf das Modellergebnis senkt aber die Verlässlichkeit des Optimums bei unsicheren Preiserwartungen stark.

Für Strukturentwicklungsanalysen erweisen sich die Merkmale des LP-Betriebsmodelles eher als negativ. Durch die festzulegenden betriebseigenen Faktorbeschränkungen und Modellparameter (Koeffizienten der Matrix) lassen sich Ergebnisse eines Betriebsmodells nur schwer aggregieren. Eine Aggregation setzt voraus, dass sich der Sektor aus identischen Betriebseinheiten zusammensetzt, was sowohl bezüglich

---

<sup>11</sup> BIDAUX, A. (1991), BAUR, P. ET AL. (1995)

der Faktorausstattung als auch bezüglich der Produktionsvoraussetzungen nicht der Fall ist.

Im weiteren geht das Betriebsmodell davon aus, dass Faktoren zum festgesetzten Preis in unbeschränkter Menge zur Verfügung stehen. Es wird ein vollständig preiselastisches Angebot der Faktorlieferanten unterstellt. Das gleiche gilt für den Absatzmarkt, wo eine vollständig preiselastische Nachfrage unterstellt wird. Diese Annahmen sind für die Planung eines Einzelbetriebs zulässig, nimmt doch ein Landwirtschaftsbetrieb weder mit seiner Faktornachfrage noch mit seinem Produktangebot eine preisbestimmende Stellung ein. Für das Aggregat treffen diese Annahmen aber nicht mehr zu, zumal ein wesentlicher Faktorlieferant die Landwirtschaft selber darstellt (Futtermittel, Zuchtvieh etc.). Nachfrageseitig kann auch unter Berücksichtigung ausgedehnter Agrarschutzsysteme nur kurzfristig von einer vollständig preiselastischen Marktsituation ausgegangen werden. Eine Aggregation von Ergebnissen eines Betriebsmodells ist deshalb auch aus diesen Gründen nicht zulässig. Deshalb eignet sich das landwirtschaftliche Betriebsmodell nur sehr beschränkt für Aussagen zur sektoralen Strukturentwicklung.

#### **4.3.3 Betriebstypenmodelle**

Eine grundsätzliche Erweiterung von Betriebsmodellen in Richtung eines Instrumentariums zur Analyse sektoraler Strukturentwicklungen stellt das Betriebstypenmodell dar.<sup>12</sup> Dabei geht es darum, Betriebsmodelle für statistisch repräsentative Betriebe zu erstellen. Kriterien für die Definition der Modellparameter sind beispielsweise die Bodenqualität, das Produktions- oder das Ertragsniveau der Betriebe oder deren Faktorausstattung. Die entsprechenden Modellparameter ergeben ein Modell eines für eine bestimmte Gruppe von Betrieben repräsentativen Betriebstyp (Gruppenhof). Dabei müssen allerdings bezüglich der Homogenität der Parameter hohe Anforderungen gestellt werden. Sonst besteht die Gefahr, dass wichtige einzelbetriebliche Nebenbedingungen nicht korrekt wiedergegeben werden und damit der Handlungsspielraum für Strukturanpassungen überschätzt wird.

Mit Hilfe solcher Betriebstypenmodelle lassen sich die Strukturen bestimmter Betriebsgruppen optimieren und so szenarienhaft Aussagen über deren Entwicklungspotential darstellen. Für Regionen mit weitge-

---

<sup>12</sup> HENRICHSMEYER, W. (1977). 132.



hend homogener Betriebsstruktur lassen sich die Aussagen unter Vorbehalten auch auf regionaler Ebene aggregieren (Regionshof).

Der Vorteil des Betriebstypenmodells besteht darin, dass die einzelbetriebliche Zielfunktion im Gegensatz zum Sektormodell beibehalten wird und sich daher mit dem Modell die Entscheidungen des/der Betriebsleiter relativ gut abbilden lassen. Die festgelegte Faktorausstattung, die Zielfunktion des Modells und die abzubildenden Entscheidungen der Landwirte befinden sich auf der selben Ebene. Aus diesem Grunde ist das Betriebstypenmodell geeignet, um die Auswirkungen einzelbetrieblicher Entscheidungen auf betriebsinterne oder -externe Grössen zu testen.

Ein wesentlicher Nachteil der Betriebsmodelle wird allerdings auch bei den Betriebstypenmodellen nicht beseitigt: die Abhängigkeit des ermittelten Optimums von gegebenen Produkt- und Faktorpreisen, also der unbeschränkten Verfügbarkeit von Faktoren und von unbeschränkten Absatzmöglichkeiten. In diesem Punkt unterscheidet sich das Betriebstypenmodell nicht vom dargestellten Betriebsmodell. Diese Tatsache beschränkt die Aggregierbarkeit von Modellergebnissen wesentlich. Erst die von HANF und NOELL<sup>13</sup> vorgeschlagene Modellerweiterung bringt diesbezüglich eine Verbesserung, indem die Modellparameter aufgrund einer Art Marktmodell korrigiert werden (Abbildung 2). Kernstück des Gesamtmodells stellen Betriebstypenmodelle ( $B_M$ ) dar. HANF und NOELL sprechen von rund 2'500 Betriebstypenmodellen, welche nötig sind, um die Struktur der Bundesrepublik abzubilden. Als Kriterien der Betriebsgruppierung nennen sie ihren Standort, die Betriebsgrösse, das Produktionssystem und sozio-ökonomische Grössen der Betriebe. Je nach Aggregationsgrad und Fragestellung ergeben sich allerdings bereits bei der Verwendung eines Zehntels der Betriebstypenmodelle keine signifikanten Abweichungen der Resultate zum Gesamtmodell mehr.<sup>14</sup>

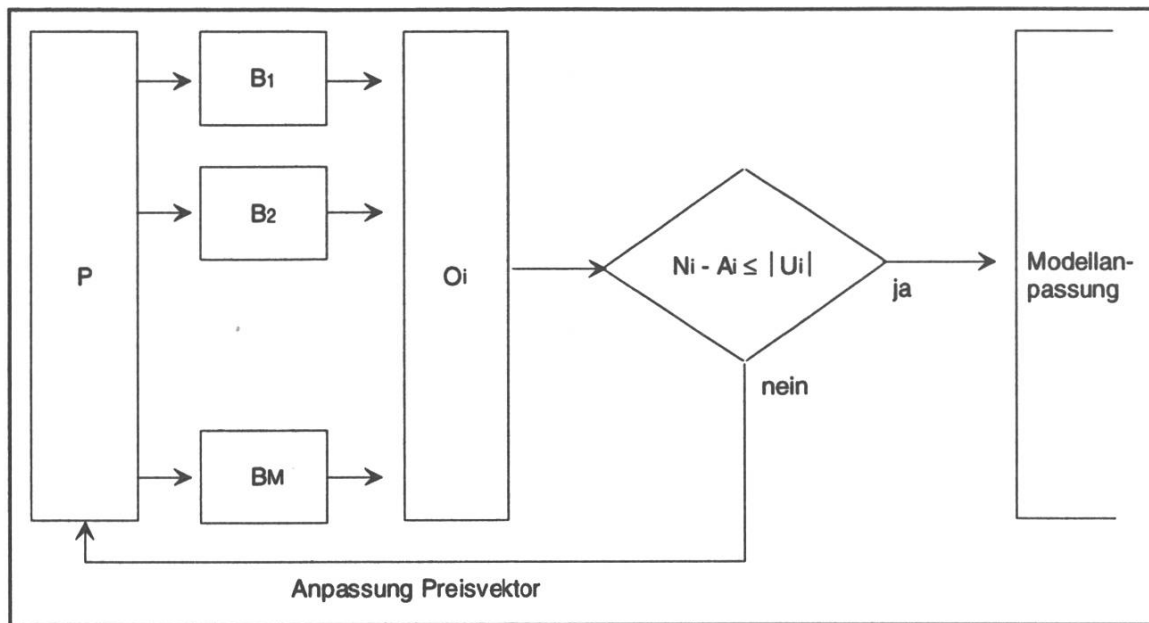
---

<sup>13</sup> HANF, C.-H., NOELL, C. (1989)

<sup>14</sup> HANF, C.-H., NOELL, C. (1989), 106.



Abbildung 2: Betriebstypenmodell mit rekursiver Preisanpassung



Quelle: Darstellung nach HANF, C.-H., NOELL, C. (1989)

Ausgehend von einem Preisvektor  $P$  werden die Betriebstypenmodelle  $B_M$  optimiert und die Resultate nach Produkt in  $O_i$  aggregiert. Der Gesamtoutput  $A_i$  wird mit der Nachfrage  $N_i$  verglichen und bei Abweichungen werden Preisänderungen im Vektor  $P$  vorgenommen. Aufgrund des geänderten Preisvektors müssen die Betriebstypenmodelle erneut optimiert werden. Sind die Abweichungen kleiner als ein vorgegebener Fehlerbereich  $|U_i|$ , so folgt ein nächster Modellschritt (dynamische Anpassungen, Konsistenzmodelle, Zusatzmodelle etc.). Dieses Vorgehen erlaubt es, die Vorteile der Modellformulierung im Betriebsmodell (hoher Grad der Disaggregation, einzelbetriebliche Zielfunktion, betriebsorientierte Beschränkungen) zu nutzen und gleichzeitig Gleichgewichtsbedingungen in den Produkt- und Faktormärkten zu berücksichtigen. Als Nachteile dieser Art der Modellierung wären der hohe Programmierungs- und Rechenaufwand zu nennen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Rechenaufwand für die Lineare Programmierung bei zunehmender Grösse der Matrix überproportional ansteigt, was wiederum für die Optimierung von den meist kleineren Betriebsmodellen spricht.

#### 4.3.4 Sektormodelle

Sektor-, Konkurrenz- oder Agrarstrukturmodelle sind in der Schweiz seit anfangs der siebziger Jahre für die Bearbeitungen sehr unterschiedli-

cher Fragestellungen verwendet worden.<sup>15</sup> Die Methode wurde deshalb in der Literatur mehrmals beschrieben und die Modellstruktur ist daher weitgehend bekannt.<sup>16</sup> Die ebenfalls mit Hilfe der Linearen Programmierung (LP) optimierten Modelle sind charakterisiert durch sog. Regionshöfe oder Betriebstypen, die miteinander um vorhandene Ressourcen, meist um die Fläche, konkurrieren. Deshalb wird dieser Modelltyp oft auch als Konkurrenzmodell bezeichnet. Der prinzipielle Modellaufbau besteht aus in sich mehr oder weniger geschlossenen Betriebstypen, regionalen und nationalen Produkt- und Faktorbilanzen und der Zielfunktion (vgl. Abbildung 3). Die Art der Optimierung und damit die Zielfunktion kann je nach Fragestellung unterschiedlich sein. Diese reichen von einer Optimierung der Produktionsstruktur zur Sicherung der Ernährung für die schweizerische Bevölkerung (Ernährungsplanung: Maximierung des Nahrungsangebots), über eine Maximierung des Sektorgewinns (Wirkungen agrarwirtschaftlicher Massnahmen) bis zur Minimierung der Kosten für die Bereitstellung öffentlicher Güter durch die Landwirtschaft (Minimierung volkswirtschaftlicher Kosten<sup>17</sup>).

Zentrales Element des Agrarstrukturmodells sind die Betriebstypen. Sie bestimmen weitgehend den Aggregationsgrad des Modells. Art und Zahl der berücksichtigten Betriebstypen wiederum bestimmen die Gesamtgrösse der Modellmatrix, welche ihrerseits für die Handhabbarkeit (Rechenzeit und Interpretierbarkeit) des Modelles massgeblich ist. Der Anwender wird also versuchen, mit einer möglichst geringen Zahl von Betriebstypen auszukommen, ohne die Interpretierbarkeit der Resultate aber zu stark einschränken zu müssen.

Ein zweites wichtiges Element stellen die regionalen und gesamtsektoralen Bilanzgleichungen dar. Sie sind ein zentrales Element für die Darstellung der effektiven Konkurrenzsituation zwischen den einzelnen Betriebstypen. Mit diesem Modellteil - zusammen mit der aggregierten Zielfunktion - gelingt es, die innerlandwirtschaftlichen Faktormärkte endogen im Modell abzubilden. Für einen wesentlichen Teil der landwirtschaftlichen Produktion stellt das Modell ein Gleichgewicht her, d.h. die von einem Betrieb "produzierten" Mengen stehen einem anderen als Faktorinput zur Verfügung (Futtermittel, Zuchtvieh etc.). In diesem Teil

---

<sup>15</sup> ONIGKEIT, D. (1967); RIEDER, P. (1972); PFEFFERLI, ST. (1987); BRAVO, H. (1988)

<sup>16</sup> ONIGKEIT, D. (1967); HENRICHSMEYER, W., DE HAEN, H. (1972); RIEDER, P. (1972); BAUERSACHS, F., HENRICHSMEYER, W. (1979)

<sup>17</sup> RIEDER, P. (1979)

unterscheidet sich somit das Agrarstrukturmodell von den bisher dargestellten Betriebsmodellen.

Abbildung 3: Die Matrixstruktur des Agrarstrukturmodells

Restriktionen	Variablen, Aktivitäten		RHS
	Betriebs- typ 1		$\leq K_1$
		Betriebs- typ 2	$\leq K_2$
			$\leq K_3$
		Betriebs- typ 3	$\leq K_4$
			$\leq K_5$
		Betriebs- typ 4	$\leq K_6$
			$\leq K_A$
		Betriebs- typ 5	$\leq K_B$
			$\leq K_C$
		Betriebs- typ 6	$\leq K_G$
	Region A		
		Region B	
		Region C	
	Gesamtsektorale Aggregation		$\leq K_G$
	Zielfunktion		Min/ Max

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an RIEDER (1977)

Das Sektormodell stellt bezüglich der landwirtschaftsinternen „Märkten“ ein ökonomisches Gleichgewicht her. Ähnlich wie das Betriebsmodell, geht man hier aber von vollständig elastischen Import- und Exportmärkten aus. Es wird impliziert, dass zum Preis  $P_E$  jede gewünschte Menge auf dem Exportmärkten abgesetzt werden kann und, dass jede gewünschte Menge zum Preis  $P_I$  angeboten wird und importiert werden kann. Diese Annahme trifft für kleine Volkswirtschaften weitgehend zu.

Das dritte Element stellt die Zielfunktion dar. Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass sich die Zielfunktion des Sektormodells über die ganze Matrix und damit simultan über mehrere Betriebstypen erstreckt. Im Falle einer Gewinnmaximierung für den Sektor Landwirtschaft wird also nicht der Gewinn eines jeden Einzelbetriebes maximiert, sondern die Gesamtstrukturen werden dermassen optimiert, dass für den gesamten

Sektor eine maximale Entlohnung der vorgegebenen Faktoren resultiert. Die simultane Berechnung des Gesamtoptimums führt über die dargestellten "Konkurrenzgleichungen" (regionale und nationale Produkt- oder Faktorbilanzen) direkt zu einer Gleichgewichtslösung, während die Einkommen der Betriebstypen nur als Minimalbedingungen in das Modell einfließen.

Im Weiteren soll nun auf die Charakteristiken von Agrarstrukturmodellen vertieft eingegangen werden. Von Interesse sind Möglichkeiten zur Modellformulierung, deren Eigenschaften und Auswirkungen auf die zu erwartenden Modellresultate.

## **5 Modelltypen von Agrarstrukturmodellen**

### **5.1 Die Landwirtschaft als Mengenanpasser**

Das "klassische" sektorale Programmierungsmodell für den Agrarsektor ist das Betriebstypen- oder Konkurrenzmodell auf der Basis der "Linearen Optimierung". Unterschiedlich strukturierte, d.h. mit Faktoren ausgestattete Betriebstypen oder Regionshöfe konkurrieren um gemeinsam vorhandene Produktionsfaktoren. Mindestens ein Faktor, meistens ist es die regional verfügbare Fläche, muss beschränkt sein. Je nach Fragestellung sind Wasser, Arbeitskräfte oder Kapital weitere relevante Beschränkungen. Unter den gemachten Modellspezifikationen optimiert das Modell gleich wie ein Mengenanpasser: Die optimale Ausbringungsmenge für ein Produkt ist dort erreicht, wo die Grenzkosten gleich dem Verkaufspreis sind. Für den Sektor Landwirtschaft kann sicher davon ausgegangen werden, dass das Modell in diesem Punkt die Realität gut abbildet.

Nach erfolgter Optimierung wird die Lösung mit den statistisch nachgewiesenen Angebotsmengen verglichen. Dies stellt die erste (und einfachste) Möglichkeit der Validierung des Modelles dar. Dabei wird oft festgestellt, dass die Modellergebnisse nicht genau mit den Angebotsmengen übereinstimmen. Der Modellbauer steht dann vor der Wahl,

- die Preise ( $p_j$ ),
- die Kosten ( $c_j$ ),
- den Faktorbedarf der Aktivitäten ( $a_j$ ) anzupassen, oder
- die Überproduktion ( $Q_j$ ) zu beschränken.

Eine nachträgliche Anpassung der Koeffizienten erweist sich als schwierig, sind doch bereits statistisch erfasste Zusammenhänge oder allgemein anerkannte Normen für die Modellierung verwendet worden.

Werden Aktivitäten beschränkt, so sind die Resultate lediglich "second best" Lösungen, welche die vorgegebenen "Marktrestriktionen" berücksichtigen. Es wird von einer vollständig preiselastischen Nachfrage zu einer für bestimmte Produkte vollständig preisunelastischen Nachfrage gewechselt. Die Schattenpreise dieser Absatzbeschränkungen geben den Unterschied zwischen dem vorgegebenen Preis und den modellinternen Grenzkosten der Produktion an. Diese ermöglichen eine Analyse der Kostenstruktur innerhalb des Sektormodelles. Bei grossen, stark disaggregierten Modellen ist die Analyse aufwendig und nur beschränkt aussagekräftig, da bereits bei geringen Veränderungen von Preisen oder Koeffizienten andere, bisher nicht restriktiv wirkende Beschränkungen für die Optimierung relevant werden können (treppenförmige Angebotsfunktion). Der Wunsch, eine realistische Nachfragefunktion im sektoralen Angebotsmodell zu integrieren ist demnach gross.

## 5.2 Die Landwirtschaft als Monopolist

Wird die linearisierte Form der Nachfragefunktion

$$N: \quad p_j = P_j - \pi_j Q_j$$

im Modell verwendet, so wird der Preis zum Aktionsparameter der Optimierung. Die Erlösfunktion lautet durch Einsetzen von N:

$$E = \sum_{j=1}^n (P_j - \pi_j Q_j) Q_j$$

und der Grenzerlös  $GE_j$  beträgt

$$GE_j = P_j - 2\pi_j Q_j$$

Dieser liegt tiefer als der Gleichgewichtspreis. Entsprechend sind die Angebotsmengen der "Modelllandwirtschaft" ebenfalls kleiner. Bei dieser Form der Modellierung werden demnach Monopolgewinne realisiert, womit sie für die Abbildung des Sektors Landwirtschaft ungeeignet ist.

### 5.3 Gleichgewichtsmodelle

HAZELL und NORTON<sup>18</sup> stellen eine Methode dar, mit welcher mittels der Linearen Optimierung ein Marktgleichgewicht dargestellt werden kann, ohne auf die umständliche und nicht für grosse, disaggregierte Modelle anwendbare Quadratische Programmierung ausweichen zu müssen.

Die Zielfunktion<sup>19</sup> für die Abbildung der Angebots- und Nachfragereaktionen im Polypol lautet:

$$\begin{aligned} Z: \quad Z &= A + B - C \\ &= \frac{1}{2}(\alpha - P_e) Q_e + P_e Q_e - C \end{aligned}$$

Diese Zielfunktion gilt für jede im Modell dargestellte Preis-Mengen-Kombination  $j$ .  $A$  stellt die Konsumenten-,  $B-C$  die Produzentenrente dar.  $S$  ist die Angebotsfunktion der Produzenten, basierend auf der Kostenfunktion  $C(Q_j)$ , mit  $C'(Q_j) > 0$  und  $C''(Q_j) > 0$ .  $S$  stellt die Grenzkostenfunktion  $C'(Q_j)$  dar.

Diese Zielfunktion ist in  $Q_j$  quadratisch. Die für uns interessante lineare Form ergibt sich durch die Aufteilung der Nachfragefunktion in einzelne Segmente. Diese Formulierung der Angebots- und Nachfragefunktionen erweist sich als aufwendig. Die Methode stellt aber in mittelstark aggregierten Agrarsektormodellen eine effiziente Möglichkeit dar, Marktgleichgewichte darzustellen. Für Fragestellungen, die eine disaggregierte Modellierung der Angebotsstruktur erfordern, führt die Methode zu entsprechend grossen Rechenzeiten, was die Handhabbarkeit der Modelle stark beeinträchtigt.

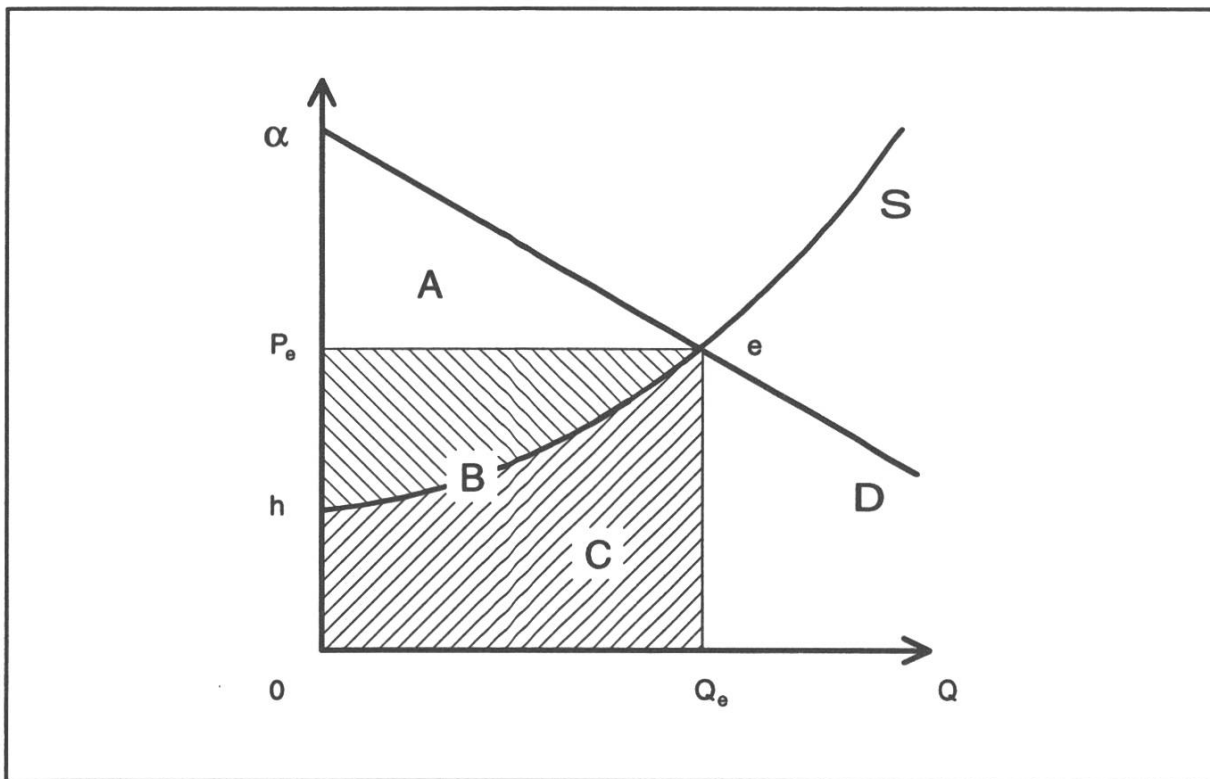
---

<sup>18</sup> HAZELL, P.B.R., NORTON, R.D.(1986), 164ff

<sup>19</sup> Zielfunktion nach SAMUELSON, vgl. Abbildung 5. Diese Zielfunktion gilt für jede im Modell dargestellte Preis-Mengen-Kombination  $j$ .  $A$  stellt die Konsumenten-,  $B-C$  die Produzentenrente dar.  $S$  ist die Angebotsfunktion der Produzenten.



**Abbildung 4:** Geometrische Darstellung der Zielfunktion im Gleichgewichtsmodell



Quelle: nach HAZELL, P.B.R., NORTON, R.D. (1986)

#### 5.4 Die Abbildung einer Preis-Mengen-Politik des Staates

Die bisher dargestellten Varianten für die Formulierung von Agrarsektormodellen führen zu unterschiedlichen Ergebnissen und unterscheiden sich durch ihre Komplexität und damit auch im Aufwand an Rechenzeit. Aus diesen Gründen soll hier auf eine vierte Methode eingegangen werden, die eine Zwischenform der drei aufgezeigten Formulierungen darstellt. Sie ergänzt die in Abschnitt 5.1 beschriebene, klassische Form der Abbildung des Agrarsektors mit Marktrestriktionen.

Bei der Formulierung der Zielfunktion geht man davon aus, dass a) Landwirte Mengenanpasser sind, b) eine staatliche Agrarpolitik preisstützend wirkt, dass aber c) bei wesentlicher Überproduktion Preissenkungen an die Landwirte weitergegeben werden, um das Staatsbudget bzw. die Konsumenten zu entlasten.

Dadurch, dass die konventionelle Zielfunktion übernommen wird, ändert sich die Optimalitätsbedingung nicht. Die optimale Angebotsmenge liegt

dort, wo die Grenzkosten der Produktion gleich dem Grenzerlös der verkauften Produkte ist ( $GE_j = GK_j$ ). Aus Abbildung 5 geht aber hervor, dass sich der Verlauf der Grenzerlöskurve mit zunehmendem Angebot verändert, wenn die Zielfunktion

$$\max Z_j: Z_j = P_j Q_j - x_j (Q_j - Q_{j0})$$

für die Aktivität j optimiert wird.

Während im Gleichgewicht bei  $P_j$  die Menge  $Q_0$  der Aktivität j angeboten wird (S), führt die durch das Modell dargestellte Angebotsfunktion  $S^*$  zu einer Menge von  $Q_0^*$ . Bei der neu eingeführten Zielfunktion dagegen ist  $Q_j$  optimal. Der Grenzerlös der Funktion

$$E = PQ - x (Q - Q_0)$$

beträgt für  $Q \leq Q_0$  bei  $x = 0$

$$\frac{\delta E}{\delta Q} = p_j$$

und für  $Q \geq Q_w$  bei  $x = p_j - p_w$

$$\frac{\delta E}{\delta Q} = P_w$$

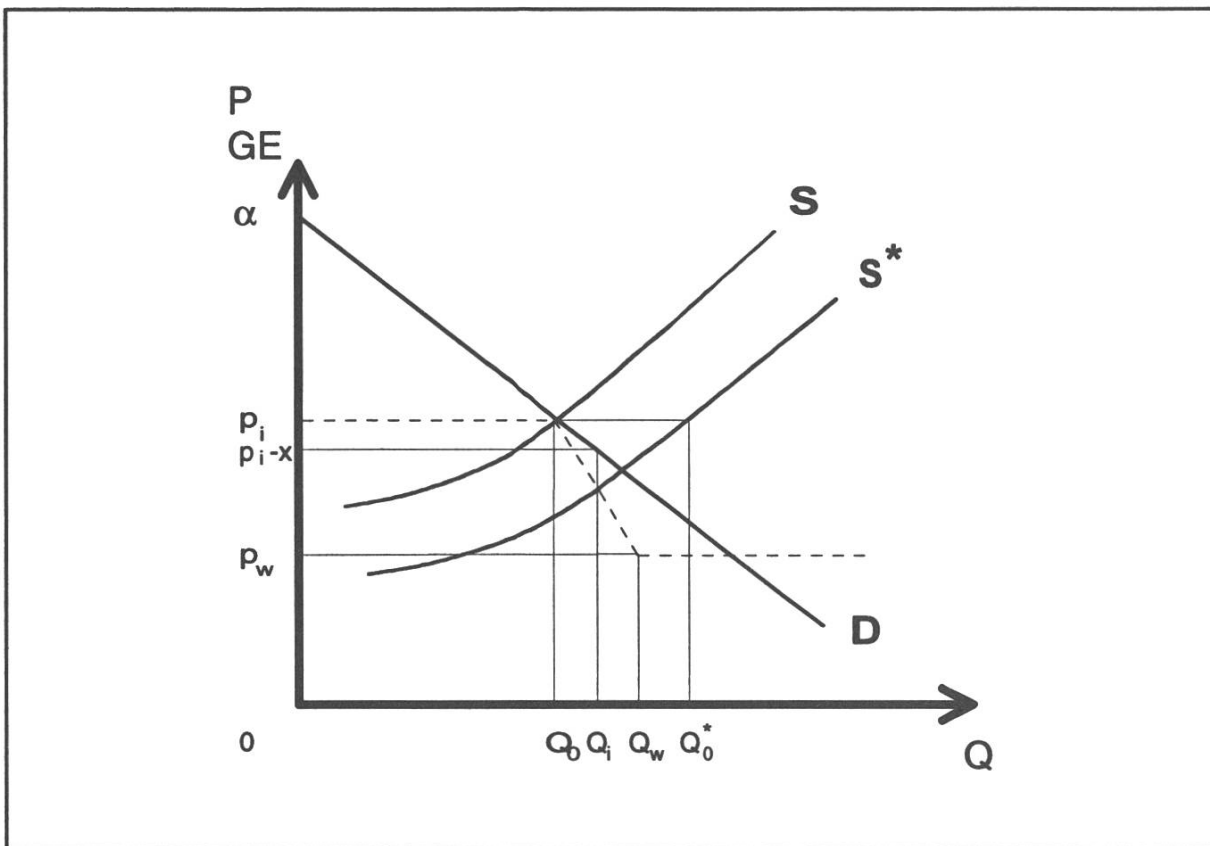
Im Bereich  $Q_0 \leq Q \leq Q_w$  ist die Nachfragefunktion  $D: P = \alpha - \beta Q$  relevant.  $x$  ist demnach mengenabhängig, also gilt

$$x = \beta (Q - Q_0) \text{ und}$$

$$\frac{\delta E}{\delta Q} = P_j - 2\beta (Q - Q_0)$$

Die Erlös- und damit auch die Zielfunktion ist in diesem Bereich somit ebenfalls quadratisch bezüglich der Menge  $Q$ . Deshalb ist wiederum die Linearisierung der Nachfragefunktion von Interesse. Handelt es sich um eine lineare Nachfragefunktion, so sind die Preis- und Mengenabschnitte jeweils gleich gross. Innerhalb eines Mengenabschnittes entspricht der relevante Grenzerlös für das Produkt i  $P_i - x_i$ . Gilt  $S_1^*$ , so beträgt der Grenzerlös  $P_i - x_1$ .

Abbildung 5: Geometrische Darstellung der Marktsituation für das Produkt *i*



Quelle: Eigene Darstellung

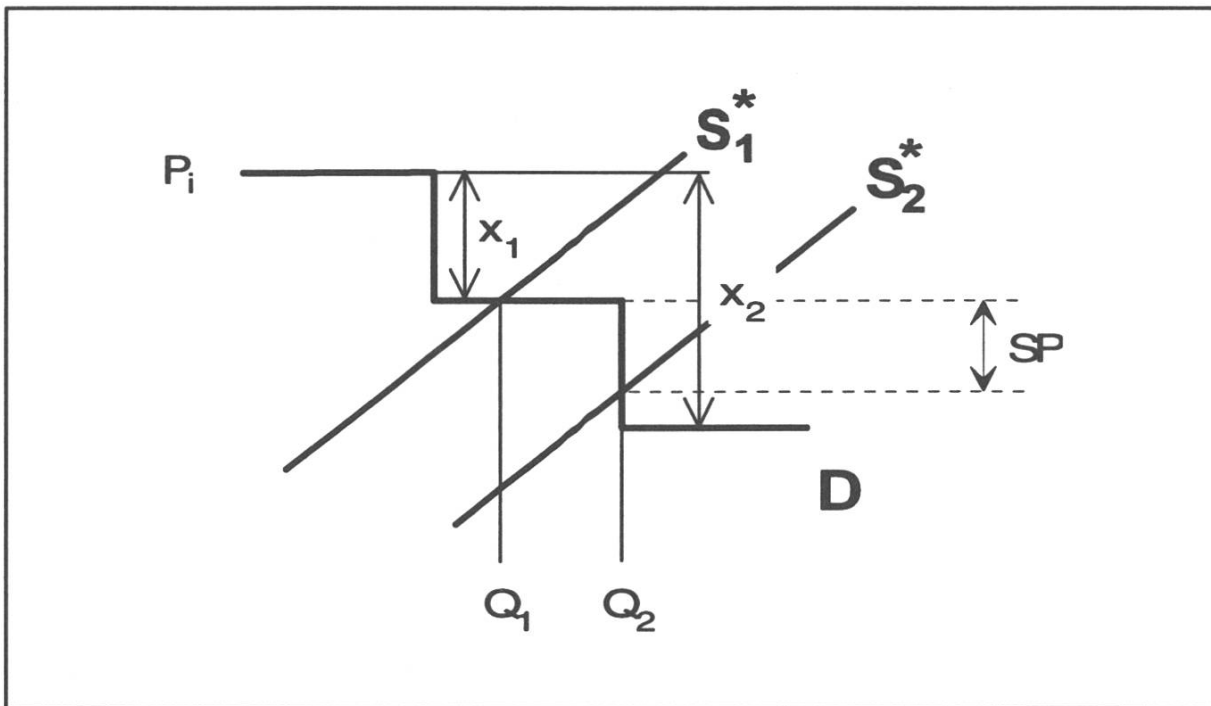
Die optimale Angebotsmenge beträgt  $Q_1$  und die Grenzkosten betragen  $P_i - x_i$ . Im Falle von  $S_2^*$  zeigt der Schattenpreis der Mengenabschnittsrestriktion die Höhe der Grenzkosten:

$$GK = P_i - x_1 - SP$$

Sie liegen also zwischen  $P_i - x_1$  und  $P_i - x_2$ .

Die dargestellte Variante liefert somit in der linearisierten Form zutreffende, der Reaktion von Mengenanpassern angepasste Lösungen. Die Lösungen bleiben übersichtlich und das Modell gewinnt im Vergleich zu fest vorgegebenen Produktionsmaxima an Flexibilität.

Abbildung 6: Geometrische Darstellung der linearisierten Nachfragefunktion für das Produkt  $i$



Quelle: Eigene Darstellung

Die Schwierigkeit, die sich bei dieser Art der Formulierung des Agrarsektormodell ergeben, besteht in der Schätzung der relevanten Nachfragefunktionen. Diese stellen die Preis-Mengen-Reaktionen des Staates bzw. der an der Agrarpolitik beteiligten Akteure (nachgelagerte Sektoren) dar und lassen sich oft nur schwer aus den effektiven Nachfragefunktionen der Konsumenten herleiten.

## 6 Schlussfolgerungen

Es wurde versucht, in aller Kürze einige Vor- und Nachteile der wichtigsten Analysemethoden von Sektormodellen aufzuzeigen bzw. Vorschläge zu deren Anpassung an die „neuen Erfordernisse“ der Agrarstrukturforschung zu machen.

Die Abbildung von agrarstrukturellen Zusammenhängen umfasst ein vielfältiges Netz von Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen der Agrarstruktur. Es geht darum, Zusammenhänge innerhalb der in der Landwirtschaft eingesetzten Produktionsfaktoren (Boden, Arbeit, Kapital und Vorleistungen) und solchen zwischen der Faktoreinsatzstruktur und

der entsprechenden Produktions- bzw. Angebotsstruktur darzustellen. Der Einbezug produktionstechnischer Elemente erfordert eine entsprechend disaggregierte Modellierung, damit Aussagen über mögliche Externalitäten landwirtschaftlicher Produktion gemacht werden können.

Während die auf jeden Fall vorzuziehenden empirischen Modellansätze eindeutige Grenzen beim Detaillierungsgrad der Analyse setzen, unterstellen Programmierungsmodelle ein bestimmtes Verhalten der Wirtschaftssubjekte und bekunden Mühe bei der Abbildung von Märkten.

Dem Agrarstrukturmodell kommt insofern eine zentrale Stellung zu, als es (beinahe) wahlweise disaggregiert werden kann und strikt auf die mikroökonomischen Theorie und damit weitgehend auf den dort geltenden Vorgaben aufbaut:<sup>20</sup>

- Ein Ziel (oft maximaler Erlös aus der Verwendung vorhandener Ressourcen in der Produktion, Gewinnmaximierung) wird in erster Priorität zu erreichen versucht. Das Programmierungsmodell erfasst diese Verhaltenshypothese in der Zielfunktion.
- Es wird davon ausgegangen, dass die technologischen Bedingungen der Produktion bekannt sind. Diese Produktionszusammenhänge werden in der Modellmatrix durch vorgegebene Modellparameter beschrieben. Dabei können unterschiedliche Aggregationsgrade und nicht lineare Zusammenhänge bei der Modellformulierung berücksichtigt werden.
- Durch die Modellbeschränkungen entsteht ein eindeutig definierter Handlungsspielraum. Auch hier kommen unterschiedliche Modellformulierungen zur Anwendung, was sich letztlich in der unterstellten Mobilität der Faktoren widerspiegelt.
- Letztlich sorgt die Art der Berechnung eines Programmierungsmodells für eine vollkommene Transparenz innerhalb des betrachteten Systems. Sämtliche Vorgaben und Beschränkungen werden simultan berücksichtigt.

Sowohl die gemachten Vorgaben als auch die Tatsache, dass das gesamte Gleichungssystem simultan optimiert wird, hat einen Einfluss auf den Zeithorizont der Gültigkeit der berechneten Resultate. Dabei stehen ein stark eingeschränkter Handlungsspielraum und eine konservative Umschreibung von Produktionstechniken für eine kurzfristige Modellbetrachtung. Eine Erhöhung der Mobilität der Faktoren, der Einbezug neuer Technologien und ein erweiterter Handlungsspielraum lassen mittel- bis langfristige Modellaussagen erwarten. Das Resultat bleibt ein statii-

---

<sup>20</sup> BAUER, S. (1986), 109

ches, da jeweils *ein* Umfeld optimiert wird. Damit bleibt das spezifische Verhalten der Wirtschaftssubjekte während der jeweiligen Strukturveränderungen unberücksichtigt. Das Modell stellt lediglich den Endzustand eines Strukturanpassungsprozesses unter den gemachten Voraussetzungen dar. Diesem Sachverhalt kann bei der Modellformulierung soweit als möglich Rechnung getragen werden, ausschliessen lassen sich daraus resultierende Aggregationsfehler allerdings nicht.

Aus diesen Erwägungen wird auch deutlich, dass die "Eichung des Modells" ein spezielles Problem darstellt. Einerseits fehlen für einen grossen Teil der Resultate vergleichbare statistische Grundlagen, andererseits sagt die Güte der Übereinstimmung der berechneten Resultate mit den vorhandenen statistischen Unterlagen wenig über die Modellqualität aus. Diesen Mangel erkennt man eindrücklich an ex-post getesteten dynamischen Programmierungsmodellen, wo die Reaktionsfähigkeit im Zeitablauf eingeschränkt wird. Ob und wie stark sich diese Parameter in Zukunft verändern, bleibt aber offen. Sie stellen aber eine wesentliche Beschränkung des Handlungsspielraums bei der Optimierung „zukünftiger Entwicklungen“ dar. Auch bei gut geeichten Agrarstrukturmodellen besteht diese Gefahr.

Das Betriebs- oder Betriebstypenmodell nutzt die Vorteile der Methode (hoher Detaillierungsgrad, eindeutige Zielfunktion), verzichtet normalerweise aber auf die Darstellung von innersektoralen Märkten. Die damit direkt in Zusammenhang stehenden Aggregationsprobleme von Resultaten können durch Parametrierung von Preisvorgaben nur zum Teil überbrückt werden. Gegenüber von Agrarstrukturmodellen ist der geringere Aufwand bei der Modellformulierung ein wesentlicher Grund für den breiten Einsatz der Methode. Gerade für die Kombination mit anderen Modellteilen (empirische Modelle, ökologische Modelle, immunologische Modelle etc.) ist dieser Sachverhalt oft ausschlaggebend.

Die eingangs dargelegten Problembereiche für die agrarökonomische Forschung bedingen wegen ihrer hohen Komplexität verbesserte und vereinfachte Darstellungsformen relevanter Zusammenhänge. Der Einbezug ökologischer oder landschaftlicher Elemente in die Fragestellung erfordert aber disaggregiertere und damit auch grössere Modelle. Lineare Programmierungsmodelle für die Landwirtschaft im allgemeinen und Agrarstrukturmodelle im besonderen zeichnen sich durch diesen hohen Detaillierungsgrad aus. Sie sind deshalb geeignet, komplexe Wirkungszusammenhänge abzubilden und beinhalten ein grosses Analyse- und Interpretationspotential. Hauptnachteile der Methode sind der hohe Aufwand bei der Modellformulierung und bei der Darstellung der Ergebnisse der Modellrechnungen.

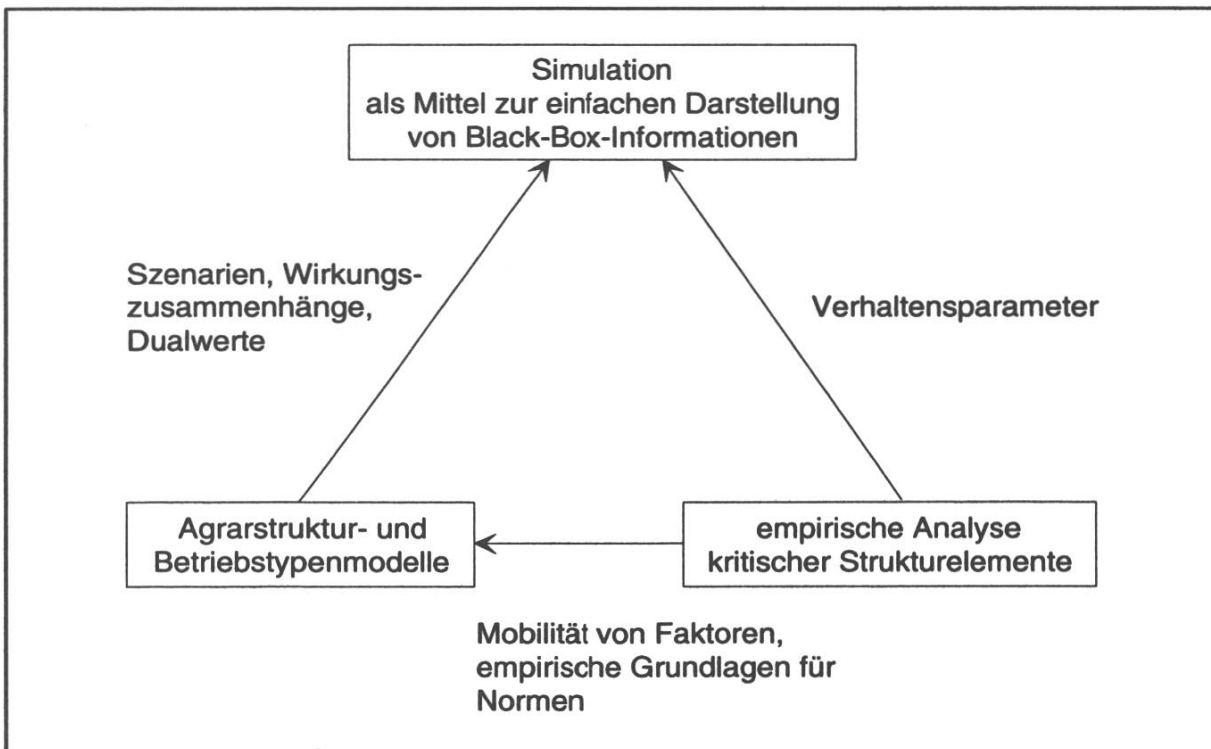


Aus den dargelegten Gründen ist es schwierig, allgemein gültige Grundsätze für die an die jeweilige Fragestellung angepasste Modellformulierung aufzustellen. Das Modell muss bezüglich der Modellparameter, der umschriebenen Handlungsspielräume, der unterstellten Zielfunktion und dem anvisierten Zeithorizont in allen Teilen konsistent sein. Diese Forderung im Detail auszuformulieren, muss Teil der Modellformulierung bzw. der Anpassung eines Modells an die jeweilige Fragestellung darstellen und ist daher Aufgabe des Modellbauers oder des Anwenders eines Modells. Im Übrigen ist es ihm überlassen, welche Art der Modellierung er für die Beantwortung der gestellten Fragen wählt. Die Qualität von Modellergebnissen ist zudem weitgehend von der Erfahrung des Anwenders im Umgang mit seinem Modell mitbeeinflusst.

Für die Interpretation von Modellergebnissen sind Kenntnisse über die gemachten Annahmen von grosser Bedeutung. Neben den unterstellten Modellparametern sind die definierten Handlungsspielräume der einzelnen Betriebstypen zu umschreiben. Umfassende Modellbeschreibungen sind aber weder bei den Verfassern von Studien noch bei den Lesern sehr beliebt.

Deshalb ist die Ausbildung von jungen Forschern und Anwendern von Modellen von zentraler Bedeutung. Es kann allerdings nicht allein damit getan sein, dass Doktorierende das entsprechende Know-how besitzen. Es ist wichtig, dass auch zukünftige Adressaten von Modellergebnissen Kenntnisse über deren Charakteristiken haben, um praxisrelevante Schlussfolgerungen ziehen zu können. Dazu ist diesem Bereich in Lehre und Ausbildung besondere Beachtung zu schenken. Erst dann gelingt es, Modellresultate auch über den eigentlichen Wissenschaftsbereich hinaus zu kommunizieren.

Abbildung 7: Informationsfluss im optimierten Methodenmix



Quelle: eigene Darstellung

Diese Vermittlung von Modellresultaten ist oft nur mit grossem Aufwand für die Verfasser von Studien und deren Leser verbunden. Neben der bereits aufgezeigten Möglichkeit zur Erhöhung der Transparenz durch Ausbildung sind deshalb in diesem Bereich zusätzliche Anstrengungen erforderlich. Eine stark vereinfachte Form der Verarbeitung komplexer Zusammenhänge stellt das Simulationsmodell dar. Bezüglich der darstellerischen Mittel ist dieses Modell wegen seiner Reduktion auf einfache "Regeln" sehr effizient. Zudem erweist es sich aufgrund der Überschaubarkeit und der Transparenz der Modellresultate rasch als vertrauenswürdig. Die Methode kann aber nur sehr beschränkt als eigentliches Analyseinstrument verwendet werden und ist deshalb auf Resultate anderer Analysen angewiesen. Diese können sowohl aus normativen Modellen abgeleitet werden oder empirisch abgestützte Verhaltensparameter darstellen (vgl. Abbildung 7). Das Simulationsmodell ist aber nie besser, als ihr schlechtester Parameter.

Zum Schluss möchte ich den Tätigkeitsbericht der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie zitieren: „An die Stelle eines nicht mehr handhabbaren „Supermodells“ treten hier die komparativen

**Vorteile spezifischer, kleinerer Modelle und ihrer spezialisierten Anwender.“<sup>21</sup>**

## **Literatur**

- BAUER, S. (1986): Zur Analyse von Allokations- und Verteilungsproblemen im Agrarbereich: Theorie, Methoden und empirische Forschung. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.
- BAUERSACHS, F., HENRICHSMEYER, W. (Eds.) (1979): Beiträge zur quantitativen Sektor- und Regionalanalyse im Agrarbereich. Agrarwirtschaft Sonderhefte 76, 77, Hannover.
- BAUR, P., ANWANDER, S., RIEDER, P. (1995): Ökonomie und Ökologie in der Zürcher Landwirtschaft. Zürich: vdf.
- BERNEGGER, U. (1996): Analyse und Prognose der Strukturentwicklung der Schweizer Landwirtschaft - Eine methodenkritische Auseinandersetzung mit Modellen zur sektoralen Strukturanalyse. St.Gallen, Zürich.
- BIDAUX, A. (1991): Comment freiner l'emploi des engrais minéraux et des pesticides en agriculture? Evaluation de l'incidence de politiques visant a freiner l'emploi des engrais minéraux et des pesticides sur les résultats technico-économiques des systèmes de production agricoles. Diss. ETH 9598, Zürich.
- BRAVO-BAUMANN, H. (1988): Auswirkungen alternativer Agrar- und Milchpolitiken auf die ländliche Entwicklung; Ein Agrarstrukturmodell für Honduras. Diss. ETH Nr. 8657, Zürich.
- BUESS, A. (1976): Gemischt-ganzzahliges Standard-Optimierungsmodell für die simultane Produktions-, Investitions- und Finanzierungsplanung in der Landwirtschaft. Diss. ETH Nr. 6043, Zürich.
- DUMONDEL, M., ZAKARYA, F. (1989): Le jeu de simulation régionale - Un outil didactique informatisé. In: Dumondel, M., Gantner, U., Stucki, E.: Cash Flow, Institut d'economie rurale, IER-ETH, Zürich. 295-304.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR AGRARPOLITIK UND AGRARSOZIOLOGIE (1998): Tätigkeitsbericht 1997. FAA, Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie E.V. Bonn.
- HANF, C.-H., NOELL, C. (1989): Experiences with Farm Sample Models in Sector Analysis. In: Bauer, S., Henrichsmeyer, W. (Eds.) (1989) Agricultural Sector Modelling. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk. 103-112.
- HAZELL, P.B.R., NORTON, R.D. (1986): Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. New York: Macmillan Publishing Company.

---

<sup>21</sup> FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR AGRARPOLITIK UND AGRARSOZIOLOGIE (1998).  
Hervorhebung durch den Verfasser.

- ONIGKEIT, D. (1967): Zur Anwendung der mathematischen Programmierung bei der Lösung interregionaler Strukturprobleme der Landwirtschaft. Zürich.
- PFEFFERLI, ST. (1987): Produktionssysteme für die schweizerische Rindviehhaltung. Ergebnisse von sektoralen Modellrechnungen mit nach Klimaeignung differenzierten Regionshöfen. Diss. ETH Nr. 8303, Zürich.
- RICHARD, G. (1986): Simulation budgétaire et système d'information pour la planification de l'exploitation agricole. Diss. Tech.Wiss. ETH Nr. 7978, Zürich.
- RIEDER, P. (1968): Landwirtschaftliche Produktionsmöglichkeiten im Berggebiet. Diss. ETH Nr. 4113, Zürich.
- RIEDER, P. (1972): Interregionales Strukturmodell für die schweizerische Landwirtschaft. Auswirkungen ausgewählter Markteingriffe auf die Produktions- und Einkommensstruktur, Zürich.
- RIEDER, P. (1977): Agrarmarktprobleme 1985 - Nachfrage- und Angebotsschätzungen -. Agrarwirtschaftliche Studien No. 13. Sektor Methodik und Agrarökonomie, ETH Zürich.
- RIEDER, P. (1979): Volkswirtschaftliche Kosten unterschiedlicher Agrarmarktsysteme. Schweiz. Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Heft 1/1979.
- RIEDER, P., BERNEGGER, U., MEYER, L. (1988): Probleme bei Fortsetzung der heutigen Politik und Varianten zur heutigen Politik. In: Agrar-Forum: Unsere Landwirtschaft morgen. Ein Beitrag zu einer tragfähigen Landwirtschaftspolitik. Wädenswil: Verlag Stutz & Co., 59-96.
- RIEDER, P., RÖSTI, A., JÖRIN, R. (1994): Auswirkungen der GATT-Uruguay-Runde auf die schweizerische Landwirtschaft. Institut für Agrarwirtschaft, ETH Zürich.
- ROUGE H. (1973): Informatique et gestion integree de l'exploitation agricole. Diss. ETH Nr. 4938, Zürich.
- ROUGE, H. (1982): Presentation du jeu d'entreprise agricole. Institut d'economie rurale, IER-ETH, Zürich.
- THOMI, H.-P. (1989): Systemsimulation und Planspiel - Eine Gegenüberstellung. In: Dumondel, M., Gantner, U., Stucki, E.: Cash Flow, Institut d'economie rurale, IER-ETH, Zürich. 91-96.
- THOMI, H.-P. (1994): Ein dynamisches Simulationsmodell als interaktives landwirtschaftliches Unternehmensspiel. Diss. ETH Zürich, Nr. 10777, Zürich.

#### Adresse des Verfassers:

PD Dr. Urs Bernegger  
 Institut für Agrarökonomie und Agrarrecht  
 Universität St. Gallen  
 Unterstrasse 22  
 9000 St. Gallen

