**Zeitschrift:** Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie = Économie et sociologie rurales [1980-2007]

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie

**Band:** - (2000)

**Heft:** 1

**Artikel:** Das Schweizer Agrarsektormodell SILAS : ein entscheidungsunterstützendes System für Agrarpolitiker

**Autor:** Malitius, Oliver / Mack, Gabriele / Moresino, Marco

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-966300

**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:** 09.01.2026

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

# Das Schweizer Agrarsektormodell SILAS – ein entscheidungsunterstützendes System für Agrarpolitiker

**Oliver Malitius, Gabriele Mack**
**Marco Moresino**

**Das sektorale Informations- und Prognosesystem für die schweizerische Landwirtschaft (SILAS) dient als entscheidungsunterstützendes System für die Agrarpolitik und wird an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, FAT Tänikon, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Fribourg entwickelt. SILAS besteht im wesentlichen aus einem stark differenzierten und regionalisierten Agrarsektormodell, das die Auswirkungen agrarpolitischer Massnahmen auf die Einkommen, die pflanzliche und tierische Produktion, die Umweltwirkung sowie die Bundesausgaben für die Landwirtschaft vorausschätzen kann.**

**Der Lineare Optimierungsansatz wird um die „Positive Mathematische Programmierung" erweitert. Die Erweiterung führt zu einem nicht-linearen Modell, welches die Basisjahre exakt abbilden kann und realitätsnähere Angebotsreaktionen als lineare Modelle auf Politikänderungen aufweist.**

**Die Modellteile, die Datenbanken und die Szenarioannahmen werden in Objekte gegliedert und in eine Objekt-Manager-Umgebung (OME) eingebettet. OME erlaubt eine fast beliebige Kombination der Objekte und erleichtert mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche die Modellrechnungen.**

**Schlüsselwörter: Landwirtschaft, Sektormodell, Positive Mathematische Programmierung, Entscheidungsunterstützung**

## 1. Einführung

Zu Beginn der 1990er Jahre wurde eine grundlegende Reform der schweizerischen Agrarpolitik eingeleitet. Zur Steuerung und Evaluation der Reform benötigen agrarpolitische Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung Modelle und Informationssysteme, um die Auswirkungen alternativer agrarpolitischer Massnahmen auf die Wertschöpfung der

Landwirtschaft, die Umweltwirkung und die Bundesausgaben für Direktzahlungen sowie Preis- und Absatzsicherung zu simulieren. Anfang 1997 beauftragte das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), ein Informations- und Prognosesystem für die schweizerische Landwirtschaft (SILAS) zu entwickeln, um diese Informationsbedürfnisse zu dekken.

SILAS lieferte erste Prognoseergebnisse von 2000 bis 2003 für die Finanzierungsbotschaft des Bundesrates (1998). Das Modell wird an der FAT weiterentwickelt und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Fribourg (IIUF) zu einem permanent einsatzbereiten und laufend aktualisierbaren Prognosesystem ausgebaut.

## 2. Die Agrarreform in der Schweiz

Die Agrarpolitik der Schweiz war seit dem Zweiten Weltkrieg bis Ende der 1980er Jahre stark auf Versorgungssicherheit und entsprechende Markteingriffe ausgelegt. Seit Anfang der 1990er Jahre wird die Agrarpolitik grundlegend reformiert. Ausschlaggebend hierzu waren die im Rahmen der WTO vereinbarte schrittweise Liberalisierung des Agrarhandels, die wachsenden Preisdifferenzen zum Ausland, die hohen Verwertungskosten für überschüssige Produkte und die Sensibilisierung der Konsumenten für ökologisch produzierte Nahrungsmittel.

Die 1993 eingeleitete neue Agrarpolitik sieht eine Trennung von Preis- und Einkommenspolitik, die Verwirklichung ökologischer Anliegen durch Direktzahlungen und eine Lockerung staatlicher Markteingriffe vor (BURGER, 2000). Neue Direktzahlungen zur Kompensation von reduzierten administrierten Preisen wurden eingeführt. Gleichzeitig fördern Direktzahlungen die ökologische Produktion auf freiwilliger Basis. Ab 1999 erhalten nur noch diejenigen Betriebe Direktzahlungen, die einen ökologischen Leistungsnachweis erbringen.

Die Ausgaben des Bundes für die Landwirschaft betrugen 1998 rund 3.4 Milliarden Franken (Tab.1, BURGER, 2000). Die Ausgaben werden sich auf diesem Niveau stabilisieren, wobei die Marktstützung weiter abgebaut wird.

*Tabelle 1: Ausgaben des Bundes für die Landwirtschaft 1992 bis 2003*

| **Ausgaben des Bundes für die Landwirtschaft** | | | |
|---|---|---|---|
| Ausgaben | 1992<br>Mio. Fr. | 1998<br>Mio. Fr. | 2003<br>Mio. Fr. |
| Marktstützung | 1'626 | 1'152 | 787 |
| Direktzahlungen | 870 | 2'126 | 2419 |
| Grundlagenverbesserung | 148 | 118 | 272 |
| **Total** | **2'644** | **3'396** | **3'478** |

Dank dem Anreizsystem zur Förderung der ökologischen Produktion wurden 1998 rund 84 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach ökologischen Kriterien genutzt, davon 7 % nach den Richtlinien des Biologischen Landbaus. Der Anteil ökologischer Ausgleichsflächen beträgt heute über 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ging seit 1993 um fast einen Viertel zurück, derjenige von Handelsdüngern um etwa einen Drittel. Rund 45 % aller Tiere werden in tierfreundlichen Stallhaltungssystemen gehalten (BURGER 2000).

## 3. Der Informationsbedarf von Entscheidungsträgern

Während dieses Reformprozesses entsteht bei agrarpolitischen Entscheidungsträgern in Politik und Verwaltung ein hoher Bedarf an genereller Information zu Stand und Entwicklung der Landwirtschaft. Einerseits werden Informationen bezüglich den Trends bei Produktion, Einkommen und ökologischen Entwicklungen benötigt, andererseits will man im Sinne der Reformziele korrigierend eingreifen können. Der Wunsch nach einem geeigneten Instrument, um die Auswirkungen verschiedener agrarpolitischer Massnahmen simulieren und anschliessend diskutieren zu können, ist deshalb verständlich. Das Informations- und Prognosesystem SILAS soll mindestens einen Teil des Informationsbedarfs decken helfen. Typische Fragen, die bisher mit SILAS behandelt wurden, sind:

- Vorschätzung der Bundesausgaben für Direktzahlungen von 1996 bis 2003 zusammen mit der Simulation der landwirtschaftlichen Produktion, des Einkommens und der ökologischen Effekte.
- Simulation der Auswirkungen einzelner Massnahmen wie zum Beispiel:
  - Die Einführung einer Direktzahlung für raufutterverzehrende Tiere (ohne Milchkühe), kombiniert mit einer Beschränkung der Intensität der Wiesennutzung, differenziert nach Regionen.
  - Die Einführung von Direktzahlungen für ökologische Ausgleichsflächen in Ackerbaugebieten.

# 4. Das Sektormodell SILAS für die schweizerische Landwirtschaft

SILAS befindet sich an der FAT laufend in Entwicklung und orientiert sich im methodischen Aufbau am Regionshofkonzept der Modelle RAUMIS (HENRICHSMEYER 1996) und CAPRI (CAPRI 2000). Im Folgenden werden einige Modellcharakteristika beschrieben.

## 4.1 Modellübersicht

SILAS besteht im wesentlichen aus einem regionalisierten Angebotsmodell für die Schweizer Landwirtschaft. Die regionale Gliederung des Agrarsektors entspricht den acht Zonen des landwirtschaftlichen Produktionskatas-ters, nach denen die Mehrzahl der agrarpolitischen Massnahmen differenziert sind. Alle Regionen werden unter der Berücksichtigung sektoral begrenzter Absatzmöglichkeiten für landwirtschaftliche Endprodukte simultan optimiert. Vorgeschätzt wird die landwirtschaftliche Gesamtrechnung für einen Prognosezeitraum von acht bis zehn Jahren.

Austauschbeziehungen zwischen den Regionen bestehen für Jungvieh und für Kraftfuttermittel. Anfall und Bedarf der übrigen landwirtschaftlichen Zwischenprodukte (Raufutter, organische Dünger) werden aufgrund der eingeschränkten Handelbarkeit auf regionaler Ebene bilanziert.

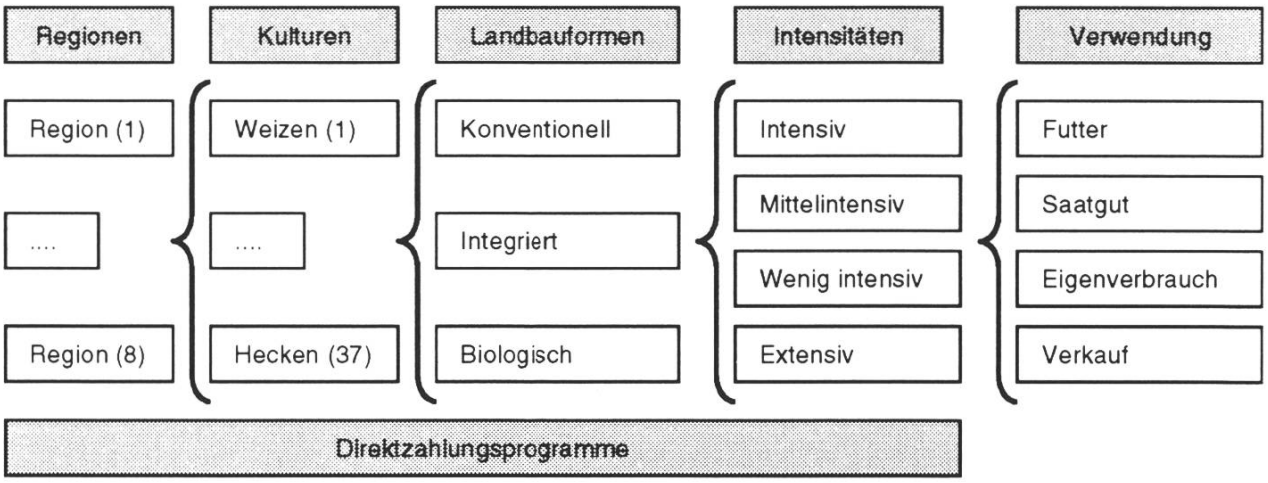
Die Reform der Schweizer Agrarpolitik zeichnet sich durch eine starke Verlagerung der Stützung der landwirtschaftlichen Einkommen von Markt-interventionen zu Direktzahlungen aus. Die Mehrzahl der Direktzahlungen sind an produktionstechnische oder ökologische Auflagen gebunden. Im Angebotsmodell sind die spezifischen Anforderungen der

verschiedenen Direktzahlungen formuliert. Dies erfordert eine detaillierte Abbildung verschiedener Landbauformen (konventionell, integriert und biologisch), von Fruchtfolgebedingungen, von Nährstoffbilanzen und Düngungsvorschriften, von unterschiedlichen Pflanzenbehandlungsstrategien und von verschiedenen Typen ökologischer Ausgleichsflächen (Brache, Magerwiesen, Hecken, etc.).

## 4.2 Differenzierung der pflanzlichen Produktion

Im Modell sind 37 Kulturen berücksichtigt (Abbildung 1), die nach verschiedenen Landbauformen bewirtschaftet werden können. Innerhalb der Landbauformen werden bis zu vier Produktionsintensitäten unterschieden, die insbesondere zur Abbildung der Direktzahlungsprogramme für verschiedene Wiesenintensitäten und beim Extensoprogramm in der Getreideproduktion eine Rolle spielen. Jede der Produktionsaktivitäten liefert ein oder mehrere Produkte, deren Verwendung modellintern in Abhängigkeit von der Nachfrage, dem Futter- und Saatgutbedarf und dem Konsum in landwirtschaftlichen Haushalten ermittelt wird.

*Abbildung 1. Differenzierung der pflanzenbaulichen Aktivitäten*

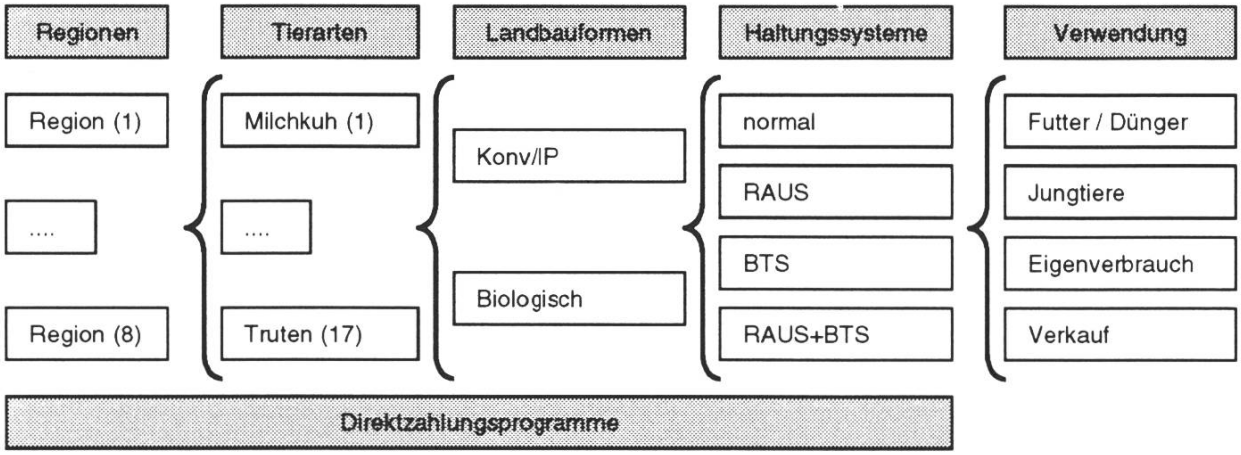



Je nach agronomischen Eigenschaften, geografischer Verbreitung und Direktzahlungsprogrammen sind verschiedene Kombinationen möglich. Daraus ergeben sich 1046 pflanzenbauliche Aktivitäten, die sich in den Input-/Outputkoeffizienten, den Direktzahlungen, den Maschinen- und Arbeitskosten und den ökologischen Randbedingungen unterscheiden.

## 4.3 Differenzierung der tierischen Produktion

Im Modell sind 17 verschiedene Tierarten formuliert (Abbildung 2), die in allen Regionen vorkommen können. Aufgrund der hohen Preise von biologisch produzierten Produkten werden Tiere auf biologischen Betrieben von den übrigen unterschieden. Zusätzlich werden die Tiere nach den direktzahlungsrelevanten Haltungsformen „kontrollierte Freilandhaltung (RAUS)“ und „besonders tierfreundliche Stallhaltung (BTS)“ differenziert. Insgesamt bildet das Modell 272 tierische Aktivitäten ab.

*Abbildung 2. Differenzierung der tierischen Aktivitäten*




Die Zusammensetzung der Futterrationen wird modellintern optimiert in Abhängigkeit von der Leistung der Tiere, dem Trockensubstanzverzehr sowie dem Energie- und Proteinbedarf. Ebenfalls variabel und differenziert modelliert ist die Intensität der Wiesenbewirtschaftung sowie die Produktion verschiedener Raufuttermittel von unterschiedlicher Qualität. Dies erlaubt Veränderungen beim tierischen Futterbedarf, der Intensitäten der Futterproduktion zusammen mit dem Einsatz von Kraftfuttermitteln zu berücksichtigen. Zusätzlich wird zwischen Sommer- und Winterfütterung mit unterschiedlichem Angebot an Futtermitteln unterschieden.

In Abhängigkeit vom Aufstallungssystem werden Art und Umfang des Hofdüngeranfalls berechnet. Mit Hilfe von regionalen Nährstoffbilanzen wird die Verbindung zwischen dem Nährstoffbedarf der Kulturen, dem Hofdüngeranfall der Tiere und dem Düngerzukauf sichergestellt. Biologisch angebaute Kulturen können nur durch Hofdünger biologisch gehaltener Tiere gedüngt werden. Dieses Prinzip gilt auch in der Fütterung. Spezifische Restriktionen begrenzen den Düngemitteleinsatz und

die Überdüngung gemäss den Bedingungen der verschiedenen Direktzahlungsprogramme.

## 4.3 Technologie-Modul

Mit Hilfe des sogenannten Technologie-Moduls werden der Arbeitszeitbedarf und die Maschinenkosten für die Produktionsaktivitäten berechnet. Datengrundlagen sind der FAT-Arbeitsvoranschlag und der FAT-Maschinenkostenkatalog. Mangels verfügbarer Statistiken wird der aktuelle Stand der Mechanisierung für jede Produktionsaktivität durch Experten festgelegt. Der Arbeitszeitbedarf in der landwirtschaftlichen Produktion wird regional mit dem Angebot an Familienarbeitskräften bilanziert. Dadurch lässt sich der Bedarf an landwirtschaftlichen Angestellten berechnen. In den Prognosejahren sind hierzu Annahmen zur Abwanderung von Familienarbeitskräften notwendig.

Das Technologiemodul bildet darüber hinaus Art und Umfang der eingesetzten Maschinen sowie des Treib- und Schmierstoffverbrauchs ab. Mit Hilfe dieses Moduls konnte im Rahmen des Projektes CAPRI (2000) ein Modellteil zur Erfassung und Berechnung des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft entwickelt werden. Das Technologiemodul dient künftig auch zur Berechnung von Ökobilanzen.

# 5. Positive Mathematische Programmierung

Bei linearen Programmierungsmodellen wird eine Zielfunktion, in der Regel eine Einkommensgrösse, unter Berücksichtigung eines linearen Gleichungssystems maximiert. Das Modell realisiert genau jene Produktionsaktivitäten, die den grössten Beitrag zur Zielerfüllung liefern. Typische Merkmale von linearen Programmierungsmodellen sind daher eine Abweichung der Modellergebnisse von der Realität und die Tendenz zur Überspezialisierung bzw. zur Extremlösung in den Prognoserechnungen.

Die Akzeptanz von Modellrechnungen und der Einsatz als Instrument zur Entscheidungsunterstützung können bei Politik und Verwaltung massiv verbessert werden, wenn die Modellergebnisse für die Basisjahre die bekannten Werte aus der Statistik wiederspiegeln. Weichen die Modellergebnisse schon im Ausgangsjahr zur Prognose von den Verhältnissen in der Praxis ab, entsteht zusätzlicher Erklärungsbedarf und die Modellergebnisse werden weniger akzeptiert. Prognoserechnungen erfolgen unter veränderten Rahmenbedingungen. In der Praxis erwartet

man ein kontinuierliches Anpassungsverhalten der Landwirte. Sprunghafte Modelländerungen, wie erwähnt ein typisches Merkmal von linearen Programmierungsmodellen, sind daher in der Politikberatung schwer erklärbar.

Die Differenzen zwischen Wirklichkeit und dem Reaktionsverhalten des Programmierungsmodells können vielfältig sein:

- Im Modell wurden nur lineare Gleichungen formuliert, obwohl in der Realität auch nichtlineare Beziehungen in der landwirtschaftlichen Produktion vorkommen.
- Die verfügbaren Daten zeigen, auch wenn sie regionalisiert zur Verfügung stehen, meist eine durchschnittliche Situation. Die Landwirte sind jedoch mit kleinräumigen und heterogenen Verhältnissen konfrontiert, die in ihre Entscheidungen einfliessen.
- Die im Modell formulierten Verhaltensfunktionen weichen von denjenigen der Landwirte ab. Beispielsweise ist es schwierig, das Risikoverhalten der Landwirte ins Modell zu integrieren oder ein von der Gewinnmaximierung abweichendes Verhalten zu formulieren.

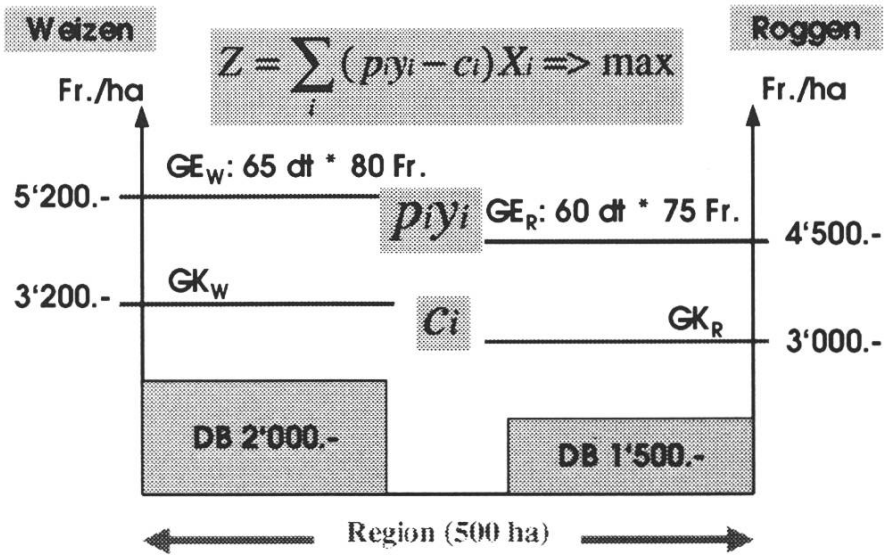
Die Liste lässt sich beliebig verlängern. Insgesamt ist die Chance, bei der erstmaligen Formulierung ein Modell mit erheblichen Fehlern in Bezug auf Richtung und Betrag von Reaktionseigenschaften zu erhalten, wohl viel grösser als ein einigermassen plausibles Modell zu bekommen. Deshalb spielen Nachkorrekturen zur Verbesserung der Abbildungsgenauigkeit in der Praxis des Modellbaus eine oft entscheidende Rolle.

Eine formale Methode zur Erfassung von durch zusätzliche Daten oder Modellerweiterungen nicht erklärbare Verhalten von Landwirten hat HOWITT (1995) mit der Positiven Mathematischen Programmierung (PMP) entwickelt. Diese stellt im Wesentlichen eine Erweiterung der Linearen Programmierung dar, wobei mit Hilfe der verfügbaren Statistik und der Duallösung zusätzliche quadratische Kostenfunktionen generiert werden. Mit Hilfe dieser Kostenfunktionen lässt sich die Situation eines Basisjahres im Modell exakt abbilden und das Modellverhalten ist realitätsnäher. Die PMP-Technik findet gegenwärtig enorm Verbreitung in den verschiedensten landwirtschaftlichen Programmierungsmodellen (siehe auch RAUMIS 1996, UMSTÄTTER 1999, CAPRI 2000).

Anhand eines einfachen Rechenbeispiels wird im Folgenden der PMP-Ansatz erläutert (Abbildung 3). In einer Region von 500 ha werden zwei Aktivitäten Weizen und Roggen angebaut. Aus der Statistik ist bekannt,

dass der Weizen im Mittel einen Ertrag von 65 dt/ha liefert und zu Fr. 80.- pro dt verkauft wird und somit ein Grenzerlös ($GE_W$) von Fr. 5'200.- pro ha resultiert. Der Roggen hat einen niedrigeren Ertrag und wird günstiger verkauft, womit ein Grenzerlös ($GE_R$) von Fr. 4'500.- erreicht wird. Die im Modell formulierten Grenzkosten für Weizen ($GK_W$) betragen Fr. 3'200.- bzw. Fr. 3'000.- ($GK_R$) für Roggen. In der Zielfunktion Z wird der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert unter der Restriktion der regional verfügbaren Fläche von 500 ha.

*Abbildung 3: Schema eines einfachen Regionalmodells*

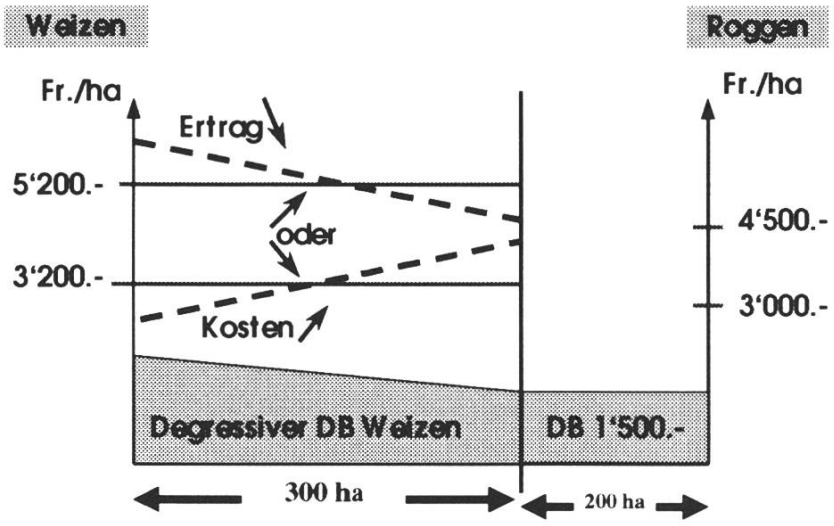



Bei der Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrages in der linearen Zielfunktion würde die verfügbare Fläche ausschliesslich mit Weizen genutzt, da pro Hektare ein um Fr. 500.- höherer Deckungsbeitrag resultiert als bei Roggen.

Aus der Statistik zu dieser Region ist ebenfalls bekannt, dass rund 300 ha Weizen und 200 ha Roggen angebaut werden (siehe Abb. 4). Offensichtlich sind die Verhältnisse in der Region heterogener, als es die Datengrundlage vermuten lässt. Das Modell dürfte auch die produktionstechnischen Zusammenhänge und die Verhaltensweisen der Landwirte noch ungenügend beschreiben. Wiederum vereinfachend kann angenommen werden, dass auf guten Standorten ein überdurchschnittlicher Ertrag resultiert. Je stärker die Weizenfläche ausgedehnt wird, desto mehr muss auf schlechtere Standorte ausgewichen werden, was zu einem degressiven Verlauf der Ertragsfunktion führt. Andererseits ist zu erwarten, dass effizient arbeitende Landwirte zu geringeren Kosten pro-

duzieren als im Modell unterstellt ist. Die Grenzkosten dürften daher mit zunehmender Fläche ansteigen. Würde im Modell mit einem degressiven Deckungsbeitrag von Weizen gerechnet, so dass dieser bei 300 ha unter jenen von Roggen von Fr. 1'500.- fällt, entspräche die optimale Lösung der Flächenumfänge bei Weizen und Roggen derjenigen aus der Statistik. Die Modelllösung wäre mit der Realität deckungsgleich.

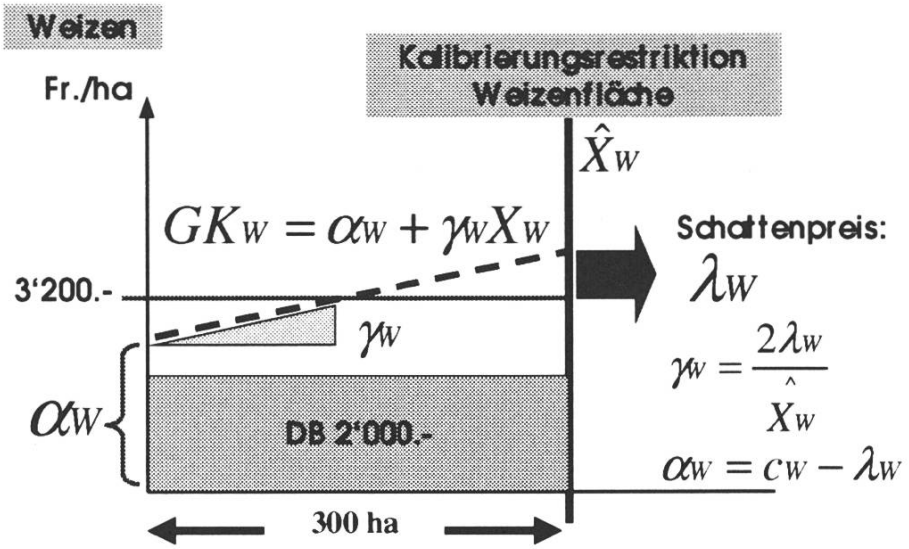
*Abbildung 4: Neue Ertrags- oder Kostenfunktionen*




Wie lässt sich nun eine degressive Deckungsbeitragsfunktion bzw. eine zunehmende Kostenfunktion für die Kulturen im Modell bestimmen?

Dies geschieht mit Hilfe der vorhandenen Angaben der Statistik (deshalb „Positive" Mathematische Programmierung) und der Dualitätstheorie. Die Flächennutzung der Beispielsregion ist bekannt ($X_W$, siehe Abb. 5). Mit diesen Angaben wird das lineare Modell mit Hilfe von zusätzlichen Kalibrierungsrestriktionen oder Bounds fixiert, die später wieder entfernt werden. Die Duallösung liefert die Schattenpreise $\lambda$ jeder einzelnen Kalibrierungsrestriktion. Diese Schattenpreise lassen sich nun als im Modell nicht berücksichtigte Kosten interpretieren. Mit Hilfe der Schattenpreise $\lambda$ und der Annahme, dass die Grenzertragsfunktion eine Gerade ist, lassen sich der Ordinatenabschnitt $\alpha$ und die Steigung $\gamma$ einfach bestimmen.

*Abbildung 5. Berechnung der neuen Grenzkostenfunktion*




Durch Integrieren der Geraden als Grenzkostenfunktion resultiert eine quadratische Totalkostenfunktion im Umfang der Produktionsaktivitäten (Abbildung 6). Der Kostenterm $c_i$ der linearen Zielfunktion wird durch den Term $(\alpha_i+0.5\gamma_i X_i)$ ersetzt. Solange die Q-Matrix $\gamma$ positiv-semidefinit ist, wird bei der Optimierung auch immer ein globales Optimum erreicht.

*Abbildung 6. Lineare und quadratische Zielfunktion*

**LP Zielfunktion:**

$$Z = \sum_i (p_i y_i - c_i) X_i \Rightarrow \max$$

**Neue quadratische Zielfunktion:**

$$Z = \sum_i (p_i y_i - (\alpha_i + 0.5\gamma_i X_i)) X_i \Rightarrow \max$$

## 5.1 Vorteile der PMP-Technik

Nach Entfernung der Kalibrierungsrestriktionen und Implementierung der quadratischen Zielfunktion entspricht die Modelllösung des Basisjahres exakt den Angaben aus der Statistik. Die Grenzkostenfunktionen

der Produktionsaktivitäten wurden so modifiziert, dass sie die Grenzertragsfunktionen exakt bei den Produktionsumfängen aus der Statistik schneiden und somit das Optimum die Realität widerspiegelt. Wie schon erwähnt, ist diese Eigenschaft der PMP-Technik in der Politikberatung äusserst hilfreich. Für die Prognoserechnungen sind realitätsnähere Angebotsreaktionen zu erwarten und die Tendenz von linearen Modellen zur Überspezialisierung und sprunghaften Änderungen ist entschärft.

## 5.2 Vorbehalte zur PMP-Technik

Die Diskussionen um den Einsatz der PMP-Technik beziehen sich gegenwärtig auf die Verwendung einer einzigen Beobachtung (Statistik eines Jahres) zur Kalibrierung des Modells, auf die Form der Grenzkostenfunktion und die Interaktionen zwischen den Aktivitäten.

Durch die Verwendung nur einer Beobachtung erhält das Modell eine Angebotselastizität, die streng genommen nur für das entsprechende Basisjahr Gültigkeit besitzt. Es stellt sich die Frage, ob und wie sich die berechneten PMP-Terme ($\alpha$ und $\gamma$) im Zeitablauf verändern. Die Verfügbarkeit von ex post-Zeitreihen von PMP-Termen könnte hier helfen, deren Veränderungen ex ante mit ökonometrischen Methoden zu schätzen.

Eine Gerade als Grenzkostenfunktion ist vorteilhaft, da das Optimierungsproblem quadratisch wird und sich mathematisch noch einfach lösen lässt. Prinzipiell gibt es jedoch unendlich viele mögliche Formen der Grenzkostenfunktion, die eine Kalibrierung des Modells an den Statistiken des Basisjahres sicherstellt.

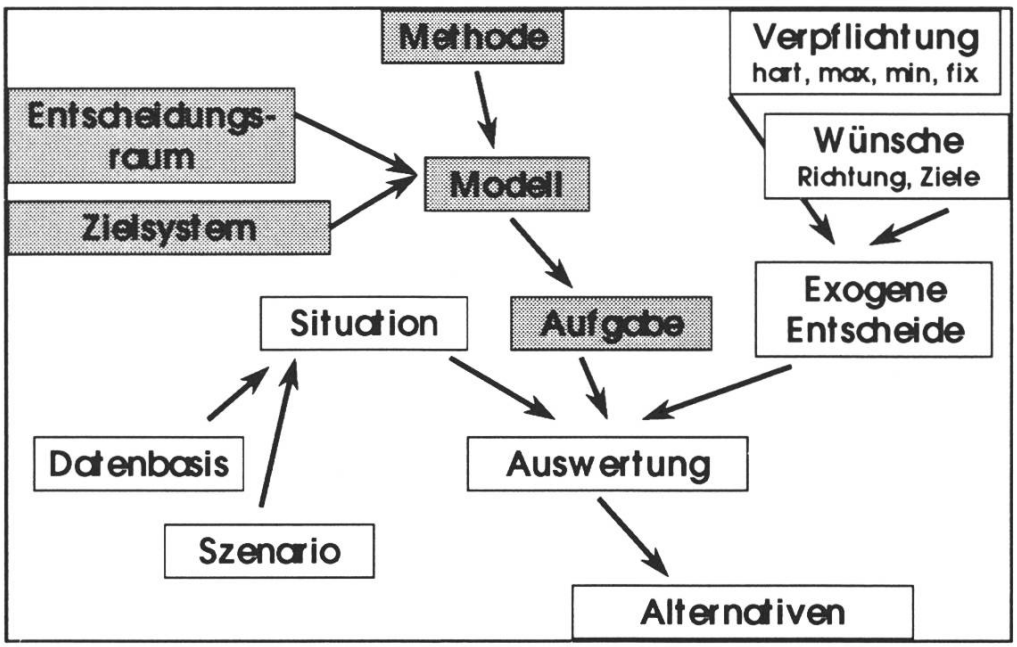
Der Standard-PMP-Ansatz berücksichtigt Interaktionen zwischen den Aktivitäten nicht. Zu diesem Beispiel wäre es einleuchtend, wenn bei zunehmender Weizenfläche die Kosten der Roggenproduktion durch Ausweichen auf schlechtere Standorte beeinflusst werden. Technisch gesprochen sind in den Q-Matrizen des Parameters $\gamma$ auch die nichtdiagonalen Elemente besetzt. Diverse Forschungsarbeiten versuchen, die zeitlichen Veränderungen und die Interaktionen zwischen den PMP-Kostentermen zu schätzen (siehe CAPRI 2000).

# 6. Das Modell SILAS als entscheidungsunterstützendes System

Das Modell SILAS wird mit der am Institut für Informatik der Universität Fribourg (IIUF) entwickelten „Object Manager Environment" (OME) zu einem entscheidungsunterstützenden System (DSS) weiterentwickelt. Die Grund-idee von OME basiert auf der Gliederung der Entscheidungsunterstützung in sogenannte „Decision Support Objects" (DSO), die jeweils ihre individuelle Funktion aufweisen und fast beliebig miteinander kombinierbar sind. Mit Hilfe der entsprechenden DSO-Manager kann ein DSS-Nutzer relativ einfach DSO's kreieren, kombinieren und anwenden. (SCHROFF, 1998, HÄTTENSCHWILER et al., 1998).

Wie entscheidungsunterstützende Objekte im Zusammenhang mit dem Modellsystem SILAS definiert sind, zeigt Abbildung 7.

*Abbildung 7. Die Objekte eines entscheidungsunterstützenden Systems*




Entscheidungsträger oder Agrarpolitiker sind letztendlich an „Alternativen" interessiert. Alternativen enthalten Ergebnisse von Modellrechnungen und bilden damit die Grundlage für Entscheidungen.

Die Alternativen werden durch den Nutzer des DSS-Systems mit Hilfe einer „Auswertung" erarbeitet. Eine „Auswertung" basiert auf einer

Kombination von drei weiteren Objekten, die je nach Fragestellung zusammengestellt werden. Diese Objekte umfassen eine Situation, eine Aufgabe und exogene Entscheide.

Eine Situation beinhaltet die verfügbare Datenbasis und die Annahmen für Szenarienrechnungen. Die Datenbasis enthält die statistischen Daten für die Basisjahre, Expertenwissen und die für das Modell aufbereiteten Koeffizienten. Die Szenarien enthalten Annahmen über Veränderungen von Koeffizienten für die Prognoserechnungen, z.B. Annahmen zur Entwicklung von Direktzahlungsbeiträgen, Produktpreisen, technischem Fortschritt etc..

Das Objekt „Aufgabe" enthält das eigentliche Modell. Die Formulierung des Modells ist abhängig von der gewählten Methode, in diesem Fall der Positiven Mathematischen Programmierung. Das Modell ist in mindestens zwei weitere Objekte gegliedert, die Modellteile mit der Beschreibung des „Entscheidungsraumes" und die „Zielsysteme". Der Entscheidungsraum beschreibt hier den Sektor Landwirtschaft und ist stark modular gegliedert. Mit Hilfe des Aufgaben-Managers lassen sich Modellteile je nach Fragestellung ein- oder ausschalten. Das Objekt „Zielsysteme" enthält verschiedene Zielfunktionen, die ebenfalls je nach Fragestellung aktiviert und kombiniert werden können.

Die Objekte „exogene Entscheide" bieten die Möglichkeit, speziell dem Willen von Entscheidungsträgern Rechnung zu tragen. Konkrete Anwendungen sind beispielsweise Anpassungen von Produktionskontingenten oder Budgetrestriktionen.

Die Einbettung von SILAS in die Objektmanager-Umgebung (OME) der Uni Fribourg verlangt eine sehr generische und modulare Formulierung des Modells. Deshalb wird an der FAT die Modelliersprache LPL (Linear Programming Language, HÜRLIMANN 1997) verwendet, welche an der Uni Fribourg weiterentwickelt wird und spezielle Funktionalitäten zu OME aufweist.

## 7. Geplante Weiterentwicklungen

Eine erste Version des Sektormodells SILAS konnte Ende 1998 den Budgetierungsprozess der Bundesausgaben für die Landwirtschaft von 2000 bis 2003 unterstützen. Einige Modellergebnisse sind in die Botschaft des Bundesrates (1998) eingeflossen.

Im Jahr 1999 wurde das Modell vollständig überarbeitet und die Datenbasis aktualisiert. Bis Ende 2000 sind neue Prognoserechnungen mit dem überarbeiteten Modell geplant, das auch vollständig in die neue Informatikumgebung (Objektmanager) integriert ist.

Bisher wurde die Preisentwicklung der landwirtschaftlichen Produkte exogen vorgegeben. Um Markteffekte, beispielsweise von Beiträgen für raufutterverzehrende Tiere, besser untersuchen zu können, wird mit dem Aufbau von Marktmodulen begonnen, die mit dem Angebotsmodell gekoppelt werden.

Der Einsatz der PMP-Technik ist sehr vielversprechend und das Modell bildet momentan die Statistik der Basisjahre 1996 bis 1998 auch exakt ab. Wie schon erwähnt, muss der Ansatz weiter entwickelt werden, und Erfahrungen bezüglich Modellreaktionen in den Prognoserechnungen sind notwendig.

## Summary

**The Sector Information and Prognosis System for Swiss Agriculture (SILAS) serves as a decision support system (DSS) for policy measures introduced by the Swiss Federal Office for Agriculture. SILAS is developed at the Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering, FAT Tänikon and the Institute of Informatics University of Fribourg. SILAS is a highly differentiated sector model which takes into account different regional conditions, thereby simulating and forecasting the impacts of different policy measures on agricultural production and income as well as the environment and Federal expenditures for agriculture.**

**SILAS is based on the regional farm concept and takes into special consideration environmental measures in plant and animal production. The supply model is calibrated by means of positive mathematical programming.**

**Based upon the model SILAS a decision support system is implemented by means of the *Object Manager Environment (OME)* which combines *Decision Support Objects* (DSO) containing model, data and scenario modules.**

**Keywords: agriculture, sector model, Positive Mathematical Programming, decision support system**

## Literaturverzeichnis

BUNDESRAT 1998. Botschaft zu einem Bundesbeschluss über die finanziellen Mittel für die Landwirtschaft in den Jahren 2000-2003. EDMZ Bern.

BURGER, H. (2000): "Agrarpolitik 2002" - Grundzüge und Auswirkungen der Agrarreform . Die Volkswirtschaft (1), S. 9-13.

CAPRI 2000. Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis. Final Report FAIR-Project FAIR3-CT96-1849. Institut für Agrarpolitik Uni Bonn. Bonn.

HAETTENSCHWILER P., MORESINO M., SCHROFF A., *Rapid Prototyping of Decision Support Systems*, in Proceedings of Engineering of Intelligent Systems EIS'98, pp 295-302, February 11-13, 1998, ICSC, ISBN 3-906454-12-6, on CD-ROM ISBN 3-906454-11-8.

HOWITT, R. E. 1995. Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics 77(2), S. 329-342.

HÜRLIMANN, T. 1997. *LPL: A mathematical programming language.* Datei Paper4.ps auf der LPL-Homepage, (update von: OR Spektrum, (1993), 15:43-55, Springer).

RAUMIS 1996. Entwicklung eines gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Institut für Agrarpolitik Uni Bonn. Bonn.

SCHROFF A., *An approach to user oriented Decision Support Systems*, Inaugural-Dissertation, Universität Fribourg, June 1998.

UMSTÄTTER, J. 1999. Calibrating Regional Production Models Using Positive Mathematical Programming. Studien zur Agrar- und Umweltpolitik. Shaker Verlag Aachen.

Anschrift der Verfasserin und der Verfasser:

Dr. Oliver Malitius und Dr. Gabriele Mack
Eidgenössische Forschungsanstalt
für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT
CH-8356 Tänikon
e-mail: oliver.malitius@fat.admin.ch

Marco Moresino
Institut für Informatik
Universität Fribourg
Faucigny 2
CH-1700 Fribourg