

Kurzbeschreibung des Modells RASMO (Regional Agriculture Sector Model)

- überarbeitete Fassung vom 20.01.1999 -

von Holger Hinterthür, Institut für Tropentechnologie der Fachhochschule Köln
Arbeitsgruppe Ökonomie, Bereich Regionalökonomie

INHALT

1	Einleitung.....	1
2	Räumliche und zeitliche Skalen.....	2
2.1	Räumlich.....	2
2.2	Zeitlich.....	3
3	Dateneingabe	3
3.1	Dateneingabe (Agrarzensus).....	3
3.2	Dateneingabe (Sekundärliteratur und Primärerhebungen)	4
3.3	Dateneingabe (andere deutsche Arbeitsgruppen).....	4
4	Restriktionen	5
5	Datenausgabe	6
5.1	Wert der Variablen im Optimum	7
5.2	Untere und obere Grenzen der Gleichungen	7
5.3	Marginalwerte (Schattenpreise) der Gleichungen	7
5.4	Interne Berechnungen	7
6	Simulation von Szenariozuständen	8
7	Grafik: Schnittstellen und räumliche Ebenen.....	9

1 Einleitung

Das Modell versucht, den realen Agrarsektor der beiden Bundesstaaten Ceará und Piauí nachzubilden und simuliert die Reaktion des Agrarsektors auf sich ändernde Rahmenbedingungen. Die ca. 550.000 Betriebe werden zu Gemeinden und Betriebsgrößenklassen aggregiert dargestellt. Technisch wird das Modell durch das Programm GAMS¹ realisiert, das eine Optimierung des Gesamtdeckungsbeitrages

¹ Das "General Algebraic Modeling System" (GAMS) ist ein Programm zur Lösung linearer, nicht linearer und gemischt ganzzahliger Optimierungsprobleme. Es dient speziell der Modellierung großer, komplexer Modelle. GAMS bedient sich einer eigenen Programmiersprache, die aufgrund ihrer Einfachheit auch für Außenstehende leicht verständlich ist und von vielen Ökonomen als "lingua franca" erachtet wird. Das Modell wird in einer Textdatei erstellt, die Lösungsanweisung (z.B. maximiere den Gesamtdeckungsbeitrag aller Betriebe und Regionen) wird von dem Programm bearbeitet und die Lösung (Zielbeitrag, Umfänge, obere und untere Grenzen sowie der Marginalwert der Variablen und Gleichungen) wird als Textdatei ausgegeben. Infos unter <http://www.gams.com> und <http://www.gams.de>

der Summe aller Betriebstypen und Regionen durchführt. Hierfür werden zum größten Teil lineare Gleichungssysteme verwandt².

2 Räumliche und zeitliche Skalen

2.1 Räumlich

Auf dem Workshop in Potsdam im Januar 1999 wurde diskutiert, ob die Ergebnisse des Modells RAMSO auf der Ebene der Gemeinden (= Munizipien) ausgegeben werden können, da dies die räumliche Schnittstelle der Integrierten Modellierung ist. Dies wurde von der AG Ökonomie, Bereich Regionalmodelle (H. Hinterthür) bis zu diesem Zeitpunkt aus folgenden Gründen als schwierig erachtet:

1. Die Übersichtlichkeit bzw. die Aussagekraft der Ergebnisse wäre aufgrund der Vielzahl von zu betrachtenden Fällen stark herabsetzt: Bei z.B. nur 14 zu betrachtenden Produktionsverfahren des Ackerbaus, 331 Gemeinden, 3 Betriebsgrößenklassen und 5 Intensitätsniveaus Bodentypen ergeben sich allein für diese eine Variable des Gleichungssystems 69.510 mögliche Fälle, die realisiert werden könnten. Diese werden alle im Ergebnis-Listing (in einer etwa 60 Megabyte großen Textdatei, etwa 15.000 Seiten Text) ausgegeben.
2. Nicht alle Gemeinden unterscheiden sich hinsichtlich der für sie eingegebenen Daten wesentlich. Dadurch würde die Lösung „unscharf“, das Problem „degeneriert“, da es sehr viele mögliche Lösungen gibt, die zu dem gleichen oder einem sehr ähnlichen Zielbeitrag führen.
3. Primärdaten (technische Koeffizienten) können aus Mangel an Personalressourcen nur für wenige Referenzgemeinden größerer räumlicher Einheiten gesammelt werden.
4. Der Rechenaufwand überfordert die verfügbaren Computerressourcen.

Aus diesen Gründen wurden größere Aggregate als Basis für die Ausgabe der Ergebnisse („6 Landwirtschaftliche Mesoregionen“)³ als vorteilhafter erachtet.

Um das Modell RASMO in die Integrierte Modellierung einzufügen, wurde in Potsdam vereinbart, die Ergebnisse trotz der o.g. Bedenken auf der Basis von Munizipien auszugeben. Den genannten Problemen soll wie folgt begegnet werden:

² Nichtlineare Gleichungssysteme kommen nur bei der sog. „Positiven Quadratischen Programmierung“ zum Einsatz, die das Modell auf die in der Realität beobachteten Umfänge der Produktionsverfahren kalibriert, indem es vom Modell nicht berücksichtigte Kosten einzelner Produktionsverfahren der Zielfunktion hinzufügt und unter diesen Bedingungen eine weitere Optimierung durchführt, die als Ergebnis exakt die in der Realität beobachteten Verfahrensumfänge aufweist.

³ Diese Regionen bilden Aggregate der Munizipien, die für diesen Zweck hinsichtlich der für die landwirtschaftlichen Produktion entscheidenden Parameter geclustert wurden. Für die Regionen wurden repräsentative Referenzgemeinden ermittelt, in denen im Sommer 1999 Primärerhebungen hinsichtlich der technischen Koeffizienten der Agrarproduktion durchgeführt werden.

1. Die Ergebnisse sollen sowohl auf Munizip als auch aggregiert für den gesamten Raum ausgegeben werden (technisch problemlos möglich). Vorteile sind:
 - Die Integrierte Modellierung bekommt Ergebnisse auf Munizip-Ebene.
 - Die Ergebnisse können übersichtlich für den gesamten Raum dargestellt werden: Beispiel: Die Umfänge der Produktionsverfahren können auf einen Blick für den gesamten Raum abgelesen werden.
 - Die Ergebnisse können übersichtlich auch für Munizipien mit Hilfe der GIS-Instrumente dargestellt werden. Beispiel: Eine Karte „Anzahl der Rinder pro Munizip“ wird einmal für das Basisjahr und im Vergleich dazu für einen Szenariozustand dargestellt. Hierzu muß das Ergebnislisting für die einzelnen Variablen in eine für das GIS lesbare Datenbank aufbereitet werden (kann von der AG Ökonomie – Regionalmodelle geleistet werden).
2. Die Ausgangsparameter der einzelnen Munizipien sollen durch die Berücksichtigung der Bodenproduktivität (Zusammenarbeit AG Bodenkunde) und der maximal der Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Wasserressourcen (Zusammenarbeit AG Wasser) weiter differenziert werden. Hierdurch werden die Munizipien untereinander im Modell heterogener dargestellt.
3. Die Erhebung technischer Koeffizienten der Agrarproduktion in den für die „Landwirtschaftlichen Mesoregionen“ repräsentativen Gemeinden soll beibehalten werden. Im Modell erfolgt ein Upscaling derart, daß die für eine Region erhobenen Koeffizienten für alle Munizipien gültig sind, die dieser Region angehören.
4. Durch dem Institut eigene Mittel wurde ein technisch aktueller, leistungsstarker PC (Pentium II 350 MHz mit 192 MB RAM) angeschafft, der einen Optimierungsdurchlauf in ca. 20 Stunden bewerkstelligt (die Kalibrierung erfordert einen weiteren Durchlauf).

2.2 Zeitlich

Das Modell ist statisch und bildet zunächst den Ist-Zustand des Basisjahres 1995/96 ab (Agrarzensus). Simulationen werden gemäß der in den Szenarien beschriebenen veränderten Rahmenbedingungen durchgeführt.

3 Dateneingabe

Daten werden auf der jeweils kleinsten verfügbaren Ebene eingegeben.

3.1 Dateneingabe (Agrarzensus)

Der vom brasilianischen Statistikbüro IBGE durchgeführte Agrarzensus 1995/96 ist seit dem letzten Agrarzensus 1985 die erste Gesamterhebung aller Betriebe. Dieser ist für den Bundesstaat Piauí Anfang Juli und für Ceará leider erst im September 1998 erschienen. Folgende Tabellen wurden bis jetzt aus dem Agrarzensus aufbereitet und in die Programmierung eingefügt:

- Betriebsfläche nach aktueller Bodennutzung
- aktuelle Bewässerungsfläche
- aktuelle Verfahrensumfänge der Produktionsverfahren
- aktueller Produktionswert der Produktionsverfahren
- Anzahl der Arbeitskräfte nach Status, Altersgruppe und Geschlecht.

Geplant ist:

- Anzahl der Traktoren unterschiedlicher PS-Klasse

3.2 Dateneingabe (Sekundärliteratur und Primärerhebungen)

Technische Koeffizienten der Produktionsverfahren wurden vorläufig aus der Sekundärliteratur⁴ zusammengestellt, abgeleitet bzw. geschätzt. Erschwerend wirkt, daß die Daten teilweise i.d.R. veraltet, sowie regional und zeitlich als i.d.R. auch für Betriebstypen nicht differenziert sind. Folgende Tabellen wurden bis jetzt zusammengestellt; beim Feldaufenthalt im Sommer 1999 werden diese Daten ergänzt bzw. verifiziert (jeweils in einer repräsentativen Gemeinde pro Region):

- Ansprüche der Produktionsverfahren unterschiedlicher Intensitätsniveaus an kurzfristigen Inputs
- Ansprüche der Produktionsverfahren unterschiedlicher Intensitätsniveaus an Arbeitskraft nach Arbeitszeitspannen
- Nährstofftabelle Futterstoffe und Weidegräser
- tierspezifische Nährstoffansprüche
- tierspezifischer Wasserbedarf
- tierspezifische Minimum-/Maximum-Grenzen für Trockenmasse der Futterstoffe.

3.3 Dateneingabe (andere deutsche Arbeitsgruppen)

- Die technischen Koeffizienten werden von der **AG Ökonomie, Bereich einzelbetriebliche Modelle** für Tauá und Picos gestellt.
- Die Hektarerträge der Produktionsverfahren des Ackerbaus in Abhängigkeit von Standort, Kulturpflanze und Anbauintensität wurden von der Arbeitsgruppe **Agrarökosysteme** zunächst geschätzt und sollen später vom Modell EPIC für das Basisjahr, sowie für ein typisches „feuchtes“ bzw. „trockenes“ Jahr errechnet werden (siehe Szenarios).
- Ebenfalls in Zusammenarbeit mit der **AG Agroökosysteme** wird zur Zeit eine Möglichkeit erarbeitet, Bodentypen hinsichtlich ihres Produktionspotentials im

⁴ Hierzu zählen u.a. Arbeiten der SUDENE (Coeficientes técnicos para pecuária e agricultura do nordeste, Sistemas integrados de exploração para o Trópico e semi-árido Brasileiro. Coeficientes Técnicos e Custos), Publikationen der EMBRAPA (Technische Empfehlungen für einzelne Kulturen), projektinterne Informationen von Projekten der Secretaria da Agricultura, und Forschungsarbeiten brasilianischer Universitäten.

Modell zu unterscheiden. Hierfür sollen die „Soter-Einheiten“ (= Bodentypen) mit den Munizipgrenzen verschnitten werden und die zum „Durchschnittswert“ relativen Erträge der einzelnen Soter-Einheiten für jede Kulturpflanze bestimmt werden.

- Mit der AG **großskaliges Wasserhaushaltsmodell** wurde auf dem Workshop in Potsdam vereinbart, das maximal für die Landwirtschaft (Bewässerung und Viehtränke) pro Munizip zur Verfügung stehende Wasser in RASMO zu berücksichtigen (wichtig für Wasser-Restriktionen, s.u.).
- Durchschnittliche Jahressummen der Niederschläge habe ich aus von der AG **Klima** gelieferten Punktdaten mit Hilfe der GIS-Geometrien der AG **Landschaftsökologie** für Regionen errechnet. Auf dem Workshop in Potsdam sagte die AG Klima zu, bis April 1999 Klimawerte auf Munizipebene für ein „feuchtes“ bzw. „trockenes“ Jahr zu stellen.

4 Restriktionen

- **Ackerland:** Als Fläche, auf der potentiell Ackerbau realisiert werden kann, sind folgende Flächen definiert, die aktuell genutzt werden für mehrjährige Kulturen, saisonale Kulturen, Brache saisonaler Kulturen, Kunstweiden und aktuell nicht genutzte, produktive Flächen. Erwartet ist, daß das Modell den Grund für die Nichtinanspruchnahme der aktuell nicht genutzten, produktiven Flächen abbilden werden kann (vermutlich Arbeitszeit-Restriktion in der Regenzeit eher als fruchtbarkeitsmehrende Brache).
- **Bewässerungsfläche:** Die Intensitätsniveaus der Ackerbauverfahren mit Bewässerung können nur auf diesen Flächen verwirklicht werden.
- Geplant ist zudem eine weitergehende **Wasser-Restriktion:** Der Wasserverbrauch für Bewässerung und Viehtränke darf das für die Landwirtschaft physisch zur Verfügung stehende Wasser nicht überschreiten. Dies würde es ermöglichen, den Rückgang der Bewässerungsflächen und das Viehsterben in Trockenjahren abzubilden.
- **Arbeitskraft:** Familienarbeitskraft ist begrenzt verfügbar, hat sehr geringe Opportunitätskosten, da so gut wie keine anderen Erwerbsalternativen bestehen. Die Manntage pro Jahr, die für den Einsatz in der Landwirtschaft zur Verfügung stehen, werden für Frauen und Kinder (Einteilung jünger/älter 14 Jahre) durch Faktoren niedriger bewertet. Ständige Fremdarbeitskraft kann kurzfristig nicht entlassen werden und wird mit Kosten belastet, die den Zielbeitrag senken. Temporäre Arbeitskraft kann zu einem festen Betrag (muß für Regionen erhoben werden) zugekauft werden, bis der Pool der temporären Arbeitskraft einer Region ausgeschöpft ist. Der Arbeitszeitanspruch in Manntagen wird vor Ort nächstes Jahr erhoben (für jede Region in einem repräsentativen Landkreis). Dieser ist an Arbeitszeitspannen (z.B. Bodenvorbereitung, Saat, Ernte etc.) gebunden. Die Arbeitszeitspannen haben im Modell eine zeitliche Auflösung in Monate, sind für

jede Kulturpflanze und jedes Nutztier verschieden und weichen auch von Region zu Region voneinander ab. Restriktionen: 1. Der Gesamtbedarf an Arbeitszeit pro Monat darf die zur Verfügung stehende Arbeitszeit nicht übersteigen (zeitgebundene Arbeitskraft-Restriktion). Aus der Differenz zwischen der Kapazitätsgrenze als dem realisierten Wert läßt sich die versteckte Unterbeschäftigung in der Trockenzeit ermitteln. Die Erwerbsalternativen im ruralen Raum außerhalb des landwirtschaftlichen Sektors wird evtl. von den brasilianischen Partnern evaluiert (z.B. Holzkohleherstellung, Honigproduktion, Kunsthandwerk, Weiterverarbeitung von landwirtschaftlichen Produkten, Sammelwirtschaft). 2. Der Gesamtbedarf an Arbeitszeit pro Jahr darf die zur Verfügung stehende Arbeitszeit nicht übersteigen. Diese Restriktion ist notwendig, da es auch Arbeiten gibt, die nicht an Arbeitszeitspannen gebunden sind (z.B. Zaunarbeit). Diese Restriktion greift i.d.R. nicht. Temporäre Arbeitskraft wird im Modell berücksichtigt; die in Anspruch genommene temporäre Arbeitskraft mal der Entlohnung geht in der Zielfunktion als Kosten ein. 3. Der maximal zur Verfügung stehende Pool an temporärer Arbeitskraft darf nicht überschritten werden (alle im ländlichen Raum ökonomisch aktiven Personen – Haushaltszensus des IBGE 1996).

- **Innerbetriebliche Verwertung** der Ackerbauprodukte und der Grünmasse über die **Tierhaltung**: 1. Die Nutztiere haben spezifische Nährstoffansprüche 2. Die Nutztiere haben produktspezifische Ansprüche bzgl. der Futterzusammenstellung.
- Geplant zudem: Teilweise Abbildung der Faktorintensitäten von Arbeit und Kapital durch die Einführung einer „**Traktorenrestriktion**“ Die Intensitätsniveaus, die Traktorstunden für die Bodenvorbereitung beanspruchen, können nur soweit realisiert werden, wie Traktorstunden verfügbar sind. Der Mechanisierungsgrad und damit auch die Zahl der Traktoren ist sehr gering, dadurch wirkt die Traktorenrestriktion sehr restriktiv, sofern natürlich der Deckungsbeitrag derjenigen Intensitätsniveaus mit mechanisierter Bodenbearbeitung größer ist als der Deckungsbeitrag derjenigen Intensitätsniveaus ohne mechanisierter Bodenbearbeitung.
- Geplant zudem: „**Subsistenz-Restriktion**“. Kleine Betriebsgrößenklassen sichern zunächst mit bestimmten Grundnahrungsmitteln ihre Subsistenz, auch wenn Cash Crops rein ökonomisch rentabler sind. Diese Restriktion ist wichtig, da sie den Anbau von Grundnahrungsmitteln erzwingt, obwohl diese einen geringeren Deckungsbeitrag als Cash Crops aufweisen. Schwierig ist hierbei die realitätsnahe quantitative Abbildung einer landesüblichen Ernährung.

5 Datenausgabe

Die Datenausgabe erfolgt sowohl auf Munizip-Ebene (Ergebnisse der Variablen im Optimum für 993 Aggregate, 331 Munizipien mal 3 Betriebsgrößenklassen) als auch für den gesamten Raum (3 Aggregate bzw. Betriebsgrößenklassen).

Soweit von den anderen AGs gewünscht, werden die Ergebnisse auch anders aggregiert (z.B. Wasserverbrauch durch Bewässerung und Viehtränke für Munizipien).

5.1 Wert der Variablen im Optimum

- Gesamtes „Einkommen“ des Agrarsektors (Gesamtdeckungsbeitrag)
- Umfänge der Produktionsverfahren des Ackerbaus (Flächenanspruch der Kulturen in ha für 5 verschiedene Intensitätsniveaus)
- Umfänge der Produktionsverfahren der Tierhaltung (Herdenbestände)
- Menge der für den Verkauf und für die Subsistenz zur Verfügung stehenden Produkte (durch die geplante Subsistenzrestriktion könnte man den Subsistenzverbrauch heraus rechnen und hätte dann nur die Verkäufe)
- Innerbetriebliche Verwertung durch die Tierhaltung: 1. Umfang, 2. Art des Futtermenus
- Zahl der temporären Arbeitskräfte pro Monat

5.2 Untere und obere Grenzen der Gleichungen

Der Vergleich der im Optimum realisierten Werte der Variablen mit den durch die Restriktionen vorgegebenen oberen und unteren Grenzen ermöglicht verschiedene Aussagen. Beispiel: Arbeitskraft in verschiedenen Arbeitszeitspannen: Wirkt die Arbeitszeit-Restriktion in einer bestimmten Zeitspanne nicht bindend, sind die Arbeiter saisonal unterbeschäftigt.

5.3 Marginalwerte (Schattenpreise) der Gleichungen

Jede Restriktion liefert – sofern sie bindend, d.h. restriktiv wirkt – einen Marginalwert oder Schattenpreis. Beispiel: Flächenrestriktion für Verfahren des Ackerbaus. Diese Restriktion wirkt immer restriktiv, sofern nur eine der möglichen Produktionsverfahren einen positiven Deckungsbeitrag hat. Der Schattenpreis ist der Preis, den der Betriebsleiter (genauer: die Betriebsleiter eines Aggregates) im Optimum für einen Hektar Land zu zahlen bereit sind.

5.4 Interne Berechnungen

Durch Berechnungen bzw. Gleichungen, die nicht als Restriktionen wirken, werden ermittelt:

- Das „Einkommen“ (der Gesamtdeckungsbeitrag) der Aggregate,
- die Preise landwirtschaftlicher Produkte (sogenannte „Produkteinheitspreise“ - aktuellen Produktionswerte dividiert durch aktuelle Verfahrensumfänge),
- die Deckungsbeiträge der Produktionsverfahren,
- der Wasserverbrauch der Landwirtschaft (1. Umfang der Produktionsverfahren des Ackerbaus mit Intensitätsniveau „Bewässerung“ mal fruchtspezifischer

Wasserbedarf, 2. Umfang der Produktionsverfahren der Tierhaltung mit mal tierspezifischer Wasserbedarf) → geht ein in das Modell NoWum der AG Wassermanagement.

6 Simulation von Szenariozuständen

Die Simulationen werden hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit, des Niederschlagsregimes und der ökonomischen Rahmenbedingungen durchgeführt werden.

Die für den Raum typische Problematik Klimavariabilität und Wasserverfügbarkeit wird wie folgt abgebildet: Das Basisjahr 1996 war in Bezug auf die Niederschlagsverhältnisse ein „normales“ Jahr. Die AG Klima wird Klimadaten für ein typisches „feuchtes“ bzw. „trockenes“ Jahr auf Munizipebene stellen.

Für diese drei Zustände wird jeweils der Agrarsektor simuliert. Im Modell erfolgt die technische Umsetzung folgendermaßen:

Die Klimadaten für die drei Vergleichsjahre gehen sowohl in das Modell EPIC der AG Agroökosysteme als auch in das Modell der AG „großskaliges Wasserhaushaltsmodell“ ein. Das Modell EPIC errechnet die jeweiligen Erträge der Produktionsverfahren des Ackerbaus. Indirekt wird hiervon auch die Tierhaltung betroffen, da die Erträge der natürlichen Weiden auch berechnet werden.

Das Modell der AG „großskaliges Wasserhaushaltsmodell“ liefert das für die Landwirtschaft (Bewässerung und Viehtränke) zur Verfügung stehende Wasser - ebenfalls jeweils für die drei Referenzjahre. Die Wasserrestriktion bestimmt die Ausweitung der Bewässerungsflächen und der Herdenbestände.

Auswirkungen von Änderungen der ökonomischen Rahmenbedingungen (z.B. Preise von landwirtschaftlichen Inputs und Produkten, Löhne, Verfügbarkeit von Arbeitskraft und Kapital) können durch bloßes Verändern der Inputparameter untersucht werden (z.B. wie verhält sich der Agrarsektor, wenn der Preis von Mais um 10% steigt?). Damit diese Simulationen nicht willkürlich ausgeführt werden, ist ein umfassendes Verständnis der makroökonomischen Rahmenbedingungen von Nöten, um realistische Szenarien möglicher makroökonomischer Entwicklungen zu erstellen. Hierzu zählen u.a.:

- Die Entwicklung der anderen Wirtschaftssektoren
- Die Entwicklung des Binnen- und Weltmarktes, sowohl für landwirtschaftliche Inputs als auch für landwirtschaftliche Produkte
- Die Entwicklung der staatlichen Rahmen- und Strukturpolitik (Subventionen, Mindestpreise, Steuern, Kreditvergabe, Agrarreform)

Im Verbundprojekt WAVES werden diese Themen durch keine AG bearbeitet. Die AG Ökonomie (Regionalmodelle) kann aufgrund von Personalressourcen (eine halbe Stelle, die zum großen Teil für die Entwicklung des Modells beansprucht wird) diese Themen nur sehr unvollständig behandeln.

7 Grafik: Schnittstellen und räumliche Ebenen

