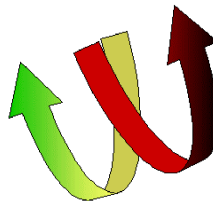


**WASSERVERFÜGBARKEIT SOWIE ÖKOLOGISCHE, KLIMATISCHE UND
SOZIOÖKONOMISCHE WECHSELWIRKUNGEN IM SEMIARIDEN
NORDOSTEN BRASILIENS****WAVES****Verbundprojekt WAVES
Statusbericht der ersten Hauptphase
Fachbereich Landschaftsökologie**

Zuwendungsempfänger: TU München-Weihenstephan

Förderkennzeichen: 01 LK 9702/0

Vorhabenbezeichnung: Grundlagen für ein landschaftsökologisches Entwicklungskonzept in Nordost-Brasilien

Laufzeit des Vorhabens: 01.08.1997 - 31.07.2000

Berichtszeitraum: 01.08.1997 - 31.12.1999

Projektleitung: Prof. Dr. Ludwig Trepl

Bearbeitung: Dipl. Ing. Sebastian Mörtl
Dipl. Ing. Andreas Printz
Dipl. Ing. Ulrich Voerkelius

Freising-Weihenstephan, den 31.1.2000
TU München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Landschaftsökologie
Am Hochanger 6, D - 85350 Freising

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung / Summary	1
2	Stand des Vorhabens	2
2.1	Einleitung und Fragestellung des Teilprojekts	2
2.2	Methodisches Vorgehen	3
2.3	Ausgewählte Ergebnisse	8
2.4	Diskussion	14
2.5	Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen und brasilianischen Wissenschaftlern.....	15
2.6	Bibliographie	19
2.6.1	Eigene Publikationen	19
2.6.2	Zitierte Literatur.....	19
2.7	Vergleich des Standes des Vorhabens mit der ursprünglichen Planung und Ausblick.....	21
3	Ergebnisse Dritter, die für das Vorhaben von Bedeutung sind	21
4	Angaben zu Erfindungen und Schutzrechten	21
5	Anhang	22

1 Zusammenfassung / Summary

Der Fachbereich Landschaftsökologie entwickelte in der ersten Hauptphase das regionale Simulationsmodell für nachhaltige Landnutzung MOSDEL (Model for Sustainable Development of Land use). Bei der Erstellung von MOSDEL wurden zahlreiche einzeldisziplinäre Untersuchungsergebnisse punktuell, lokal und regional arbeitender Arbeitsgruppen aus dem WAVES-Verbundprojektes in das Modell integriert (AG Bodenkunde, Modellierung des Bodenwasserhaushalts, Wassermanagement und –ressourcen, Betriebsökonomie). Zudem flossen vegetationskundliche Fachkenntnisse der brasilianischen Kooperationspartner bei der Interpretation des Satellitenbildes mit ein. Durch die Aggregation und Integration dieser unterschiedlichen Fachinhalte wurde es möglich, die Wirkungskette von Naturraumpotential, landwirtschaftlicher Produktivität und Wertschöpfung für die Referenzregion darzustellen und Veränderungen zu simulieren. Integrative Abfragen, z.B. nach dem Grad einer möglichen regionalen Selbstversorgung, wurden möglich durch die Gegenüberstellung von Standortfaktoren und Nutzungssystemen.

Als Beitrag zu MOSDEL und dem regionalen Wasserhaushaltsmodell WARIG erfolgte die Modellierung des Oberflächenabflusses und des Bodenwasserhaushaltes.

Summary

During the first main phase the working group landscape ecology developed the Model for Sustainable Development of Land use (MOSDEL). The model establishes the causal link between data of the different disciplines involved in WAVES, working mainly on the point and local level, especially site potential, agronomical productivity and economic benefits. The knowledge of vegetation of the Brazilian cooperation partners have been important for the interpretation of satellite images. Aggregating and linking results of own and research results of other working groups the causal chain of natural site potential, agricultural productivity and economic benefits could be shown. Integrative queries, i.e. concerning the degree of regional production and demand balances were made possible by the analysis of both site factors and land use management systems.

As a contribution to the regional water balance model WARIG the run off and soil water balance were modeled.

2 Stand des Vorhabens

2.1 Einleitung und Fragestellung des Teilprojekts

„WAVES ist mehr als die Summe der Forschungsergebnisse einzelner Fachbereiche“ – so lautete das Motto des vom FB Landschaftsökologie organisierten Workshops für räumliche Integration und Skalierung. Eine wesentliche wissenschaftliche Innovation des Projektes liegt demnach in der Erarbeitung integrativer, interdisziplinärer Lösungen. Der Fachbereich sieht eine seiner zentralen Aufgaben darin, den notwendigen Auseinandersetzungsprozess zwischen den beteiligten Fachbereichen zu fördern, um eine gemeinsame Sprache, Übertragungsregeln und integrative Darstellungsmethoden von fachdisziplinären Einzelergebnissen zu finden. Neben der Erarbeitung integrativer Konzepte liegt die Arbeit des Fachbereiches Landschaftsökologie in der raumbezogenen Analyse und Bewertung der Ökosysteme auf Landschaftsebene.

MOSDEL wurde vom FB Landschaftsökologie als eine der drei Integrationsebenen des WAVES-Programms für die WAVES - Untersuchungsregion Picos (Piauí) entwickelt (s.a. Bd. 1, Kap. 3 Statusbericht). Einzeldisziplinär errechnete bzw. erhobene Punkt- und Modelldaten werden im Modell aggregiert und systematisch in die Fläche gebracht. Im Verhältnis zu den übrigen Integrationsebenen von WAVES zeichnet sich das regionale Simulationsmodell durch eine relativ hohe Flächenpräzision aus. Dafür lassen sich die Ergebnisse bislang nur beschränkt dynamisieren. Die auf dieser (Meso-) Ebene erzielten Modellergebnisse unterliegen einer Rückkopplung mit den Ergebnissen der Makroskala, um so wechselseitig zu einer Erhöhung der Modellvalidität beizutragen. Durch den Abstraktionsgrad der hier gewählten Integrationsebene sowie der Visualisierungsmöglichkeiten (mittels GIS) ist eine gute Vermittelbarkeit von komplexen Zusammenhängen gewährleistet.

Für die integrative Darstellung des Mensch-Umwelt-Komplexes ist die Berücksichtigung der Wechselwirkungen von gesellschaftswissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Inhalten sowie deren Verknüpfung notwendig. Eine Hilfe dazu sind operationalisierbare Zielindikatoren, welche möglichst beide Bereiche integrieren. Hierfür mussten die komplexen Wirkungszusammenhänge zwischen den naturräumlichen Rahmenbedingungen (Standortbedingungen) und den anthropogenen Systemen (Land- und Wassernutzungsmanagement) andererseits im Projektgebiet analysiert und bewertet werden, um sinnvolle Steuerungsmöglichkeiten für das Ressourcenmanagement aufzuzeigen (s.a. Bd. 1, Kap. 5.1 Statusbericht). Das Oberziel der „Entwicklung einer nachhaltigen Lebensqualität“ des Forschungsverbundes wurde auf die Untersuchungsregion als „nachhaltige Eigenentwicklung“ der ländlich geprägten Region Picos übertragen. Hierfür dient zunächst die Gegenüberstellung der zentralen Modellzielgrößen 'landwirtschaftliche Erträge' sowie 'regionaler Bedarf' bzw. Wasserbedarf und Wasserdargebot unter Berücksichtigung gesetzter Umweltqualitätsziele. Gleichzeitig spielt die Abschätzung von Speichergrößen (Grundwasser, Stausee, Lagerkapazitäten, etc.) eine große Rolle in Gebieten mit hoher klimatischer Varianz.

Um das natürliche Wasserdargebot für MOSDEL bestimmen sowie räumlich und zeitlich differenziert bewerten zu können wurden die Module Oberflächenabfluss sowie Bodenwasserhaushalt als Beitrag zum Wasserhaushaltsmodell WARIG erstellt (s.a. Bd.1, Kap. 5.8 Statusbericht). Die Entwicklung von WARIG (Modeling of Water Availability and Quality in Rio Guaribas Basin) dient dazu, Ausgangsdaten der Wasserverfügbarkeit als einen wichtiger Eingangsparmeter für das integrierende Landnutzungsmodell MOSDEL zu liefern. Gleichzeitig werden genauere Daten im Fokusgebiet für den in WAVES wichtigen Skalierungsansatz benötigt, um mikro-, meso- und makroskalige Modelle abzugleichen.

Das Oberziel des WAVES-Programmes ist die Erarbeitung von Konzepten für nachhaltige Lebensqualität im semiariden Nordosten. Durch effiziente Nutzung verfügbarer Daten, d.h. trotz schlechter Datenverfügbarkeit und mit vertretbarem Erhebungsaufwand, soll durch die Entwicklung geeigneter Instrumente die Entscheidungssicherheit bzgl. der planerischen Optimierung einer nachhaltigen Ressourcennutzung unter sich verändernden klimatischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen („Global Change“) erhöht werden. Die mit MOSDEL erzielbaren konkreten Flächenaussagen können dazu beitragen Auswirkungen möglicher Entwicklungen im ländlichen Raum aufzuzeigen und somit strategisch besser steuern zu können. Das Simulationsmodell, basierend auf flächenwirksamen Verknüpfungen zwischen natürlichen Standortfaktoren sowie Wasser- und Landnutzungsmanagement, zielt auf den instrumentellen Bedarf einer Landnutzungsplanung und Ressourcenmanagements. Das Modell ist offen für Weiterentwicklungen und Anpassungen spezifischer Anforderungen.

2.2 Methodisches Vorgehen

MOSDEL (MODEL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LAND USE)

Die unterschiedlichen und z.T. komplexen Fragestellungen innerhalb des Projektes, die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden und Arbeitsebenen der beteiligten Fachdisziplinen sowie die Heterogenität des Untersuchungsraumes zwingen u.a. zu einer klaren Hierarchisierung in verschiedene Maßstabsebenen. Der Aufbau des Geographischen Informationssystems (GIS) durch den Fachbereich Landschaftsökologie wurde entsprechend hierarchisch konzipiert.

MOSDEL verknüpft und integriert Ergebnisse aus Bewertungsverfahren und Modellläufen unterschiedlicher Fachbereiche auf regionaler (Meso-) Ebene und bringt sie in einen räumlichen Bezug. Die Größe des regionalen Untersuchungsraumes sowie die Auflösungsgenauigkeit der zur Verfügung stehenden Eingangsdaten führten zum Arbeitsmaßstab des Modells (1:100.000 bzw. Rastergröße 1ha). D.h., die einzelfachlichen Ergebnisse müssen, soweit sie auf einer anderen räumlichen Ebene basieren, zwingend auf die räumliche Ebene von MOSDEL übertragen, d. h. skaliert werden. Hierbei kommen sowohl bottom up- als auch top down-Ansätze zur Anwendung.

Die wechselseitige Bewegung zwischen den Ebenen, auch als strategische zyklische Skalierung (Root u. Schneider [1995], Abb. 1) bezeichnet, bewahrt vor Fehlbeurteilungen, welche aus einer nicht rückgekoppelten „top down“ oder „bottom up“ - Arbeitsweise resultieren können.

Die bottom-up Methode wird zur Aggregation und Extrapolation punktbezogener Fachbereichsergebnisse angewandt (AG Betriebsökonomie, AG Pflanzenernährung, etc.). Sie wird am häufigsten für MOSDEL eingesetzt. Mit diesem Arbeitsschritt wird in der Regel durch Ausschneiden nicht übertragbarer Detailinformationen ein höherer Abstraktionsgrad z.B. durch Typisierung erreicht.

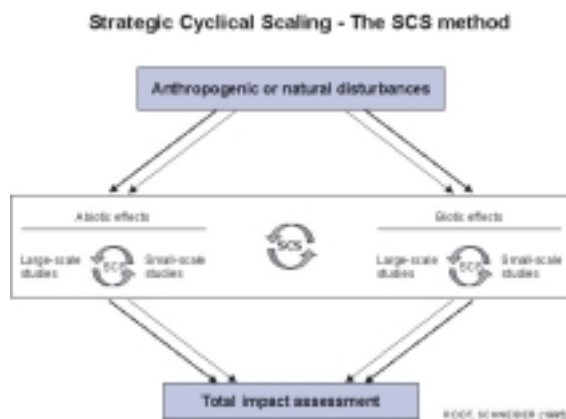


Abb.1: Strategic Cycling Scaling method

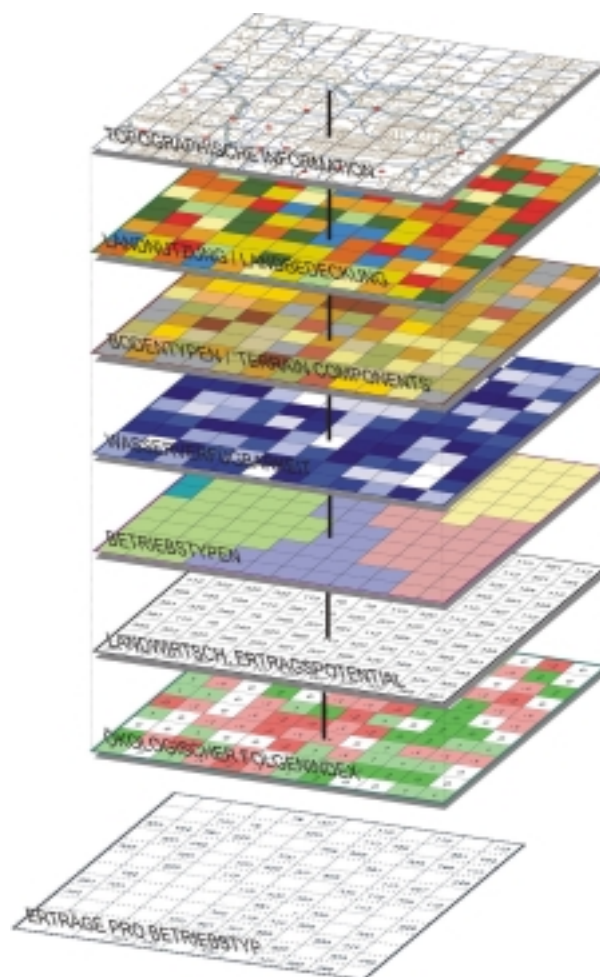


Abb. 2: Überlagerung typischer Informationsebenen (Layer) in MOSDEL

Die top down-Methode wurde beispielsweise bei der Desaggregation der Bodenkarte von Piauí (M1:1Mio.) angewandt. Skalierte Ergebnisse werden, soweit möglich, entsprechend dem von vorgeschlagenen ‚Strategic Cyclical Scaling‘ an ausgewählten Testpunkten validiert (Regionalisierte Bodenkarte, Modellierung des Wasserhaushaltes, ‚ground truth‘ zur Landnutzungsinterpretation aus dem Satellitenbild) und schließlich wieder auf die Gesamtfläche mit erhöhter Datensicherheit extrapoliert.

Neben der erwähnten räumlich-hierarchischen Gliederung erfolgte eine weitere inhaltliche Strukturierung in die folgenden Bereiche:

- physische Grundlagen (z.B. Standortmerkmale und -potentiale)
- systemische Grundlagen (Ökosysteme/Nutzungssysteme)
- politisch-administrative Grundlagen (z.B. statistische, sozioökonomische Daten).

MOSDEL-Ergebnisse sollen darüber hinaus fallweise zum Vergleich mit den Ergebnissen der großskaligen Modellsimulationen von SIM, bzw. dessen Submodellen herangezogen werden. Durch Überlagerung verschiedener Inhalte lassen sich Wirkungszusammenhänge zwischen den natürlichen und anthropogen geprägten Systemkomponenten darstellen. Die unterschiedlichen Inhalte werden dann als räumlich und inhaltlich definierte Informationsebenen (Layer) ähnlich Filtern mit definierten Regeln oder Werten bei der Abfrage imyModell je nach Bedarf algorithmisch zu- oder weggeschaltet bzw. verknüpft (s. Abb. 2).

Die Ergebnisse werden in Form von Flächenstatistiken und Kartenwerken dargestellt (s. Tab. 8 und Kartenanhang). Die Raum und Zeitdimensionen, sowie Dateninput und Datenoutput des Modells, sind dem Anhang zu entnehmen.

Landschaftseinheiten in MOSDEL

Für die Analyse und Simulation der Landnutzung erfolgte eine Aggregation der naturräumlichen und standörtlichen Grundlagen, welche somit als räumliches Bezugssystem der verschiedenen Landnutzungsformen dienen können. Dazu wurde das Gebiet in vier Einheiten unterteilt, die in ihren topografischen und edaphischen Verhältnissen sowie ihrer Vegetationsbedeckung weitgehend homogen sind.

Das Untersuchungsgebiet lässt sich zunächst grundsätzlich in Talbereiche und Chapadas (Hochflächen/-ebenen) unterscheiden. In den Tälern finden sich die fruchtbarsten Böden der Region. Gleichzeitig herrschen hier günstige Verhältnisse der Grund- und Oberflächenwasser-
verfügbarkeit. Anders dagegen auf den Chapadas wo sich überwiegend arme, sandige Böden finden, die eine geringe Wasserhaltefähigkeit besitzen und weit entfernt vom Grundwasser sind. Als Zwischenform wurde die Einheit ‚Baixio‘ (Zwischenchapada) bestimmt. Dabei handelt es sich um Standorte, die durch etwas bessere Wasser- und Nährstoffversorgung als die Chapadas gekennzeichnet sind. Als Hänge wurden die Bereiche ausgewiesen, die eine Neigung > 20% aufweisen (vgl. Kartenanhang). Grundlage für die Abgrenzung waren die Terrain Components, die sowohl physische und Bodeninformationen enthalten.

Definition der MOSDEL-Betriebstypen

Um flächendeckende Aussagen zur aktuellen landwirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und nutzungsbedingte Auswirkungen unterschiedlicher Ressourcennutzungen zu erhalten, wurden naturräumlich zuordenbare landwirtschaftliche Betriebe ein Schlüssel zur Verankerung des Landnutzungsmanagements und seiner sozialen Dimension im ländlichen Raum. Hierzu wurde eine Typisierung landwirtschaftlicher Betriebe vorgenommen, welche sich durch auf den jeweiligen Landschaftsraum bezogene charakteristische Anbau-/Produktionsverfahren sowie einem spezifischen Mix der angebauten Kulturen unterscheiden.

In der vorliegenden Fassung werden sechs Betriebstypen unterschieden. Grundlage hierfür waren zum einen Expertenwissen der Fachbereiche Agrarökosysteme/Betriebsökonomie und Landschaftsökologie sowie Daten der offiziellen Agrarstatistik des Jahres 1996 (IBGE, 1998).

Die räumliche Zuordnung der Betriebstypen basiert auf den oben beschriebenen Landschaftseinheiten. Aufgrund Ihrer starken standörtlichen Unterschiede unterscheidet sich auf ihnen auch die Produktions- und Wirtschaftsweise der landwirtschaftlichen Betriebe.

Für jede der drei Landschaftseinheiten Chapada, Baixio und Tal wurden je zwei Typen gebildet. Auf den Chapadas und den Zwischenchapadas wurden die Typen in marktorientierte und Subsistenzbetriebe unterschieden. Die Betriebstypen der Landschaftseinheit Tal sind beide marktorientiert. Sie unterscheiden sich durch ihr Anbauspektrum. Allen Betriebstypen wurden entsprechend ihrer wirtschaftlichen Ausrichtung und ihrer standörtlichen Möglichkeiten Kulturen zugeordnet (s.a. Tab. 5).

Die insgesamt verfügbaren Anbauflächen entstammen der Agrarstatistik (IBGE, 1998). Aus der Landnutzungsinterpretation wurde das Verhältnis der Anbauflächen auf den Landschaftseinheiten ermittelt. Nach diesem Verhältnis wurden auch die Anbauflächen der Statistik auf Tal, Baixio und Chapada verteilt. Die Anbaufläche sowie das Anbauspektrum der Einzelbetriebe jedes Typs sowie die Zahl der Betriebe in den einzelnen Municipien wurde auf die Gesamtanbaufläche der Agrarstatistik (IBGE, 1998) und die betriebliche Ausrichtung der Typen angepasst.

Den einzelnen Betriebstypen wurde die in der Landwirtschaft tätige Bevölkerung zugeordnet. Hierbei wurde von der in der Statistik für das Referenzjahr ausgewiesenen Zahl der ländlichen Bevölkerung ausgegangen. Da in MOSDEL gegenwärtig Tierproduktion nicht abgebildet wird,

wurde noch ein Bevölkerungsanteil abgezogen, der in reinen Viehzuchtbetrieben tätig ist. Diese Anzahl konnte ebenfalls der Agrarstatistik (IBGE, 1998) entnommen werden. Pro Viehzuchtbetrieb wurde eine fünfköpfige Familie angenommen (entsprechend dem regionalen Durchschnittswert, IBGE, 1997). Für die sechs Betriebstypen wurden Vorgaben gemacht, wie viele Personen pro Betrieb ernährt werden müssen. Dabei wurden den größeren, marktorientierten Betrieben mehr Personen zugewiesen, als den kleinen (vgl. Tab. 5).

MOSDEL - Modellstruktur und Simulationsdurchlauf

Das nachfolgende Funktionsschema des Modells zeigt die Verknüpfung der wichtigsten Modellkomponenten.

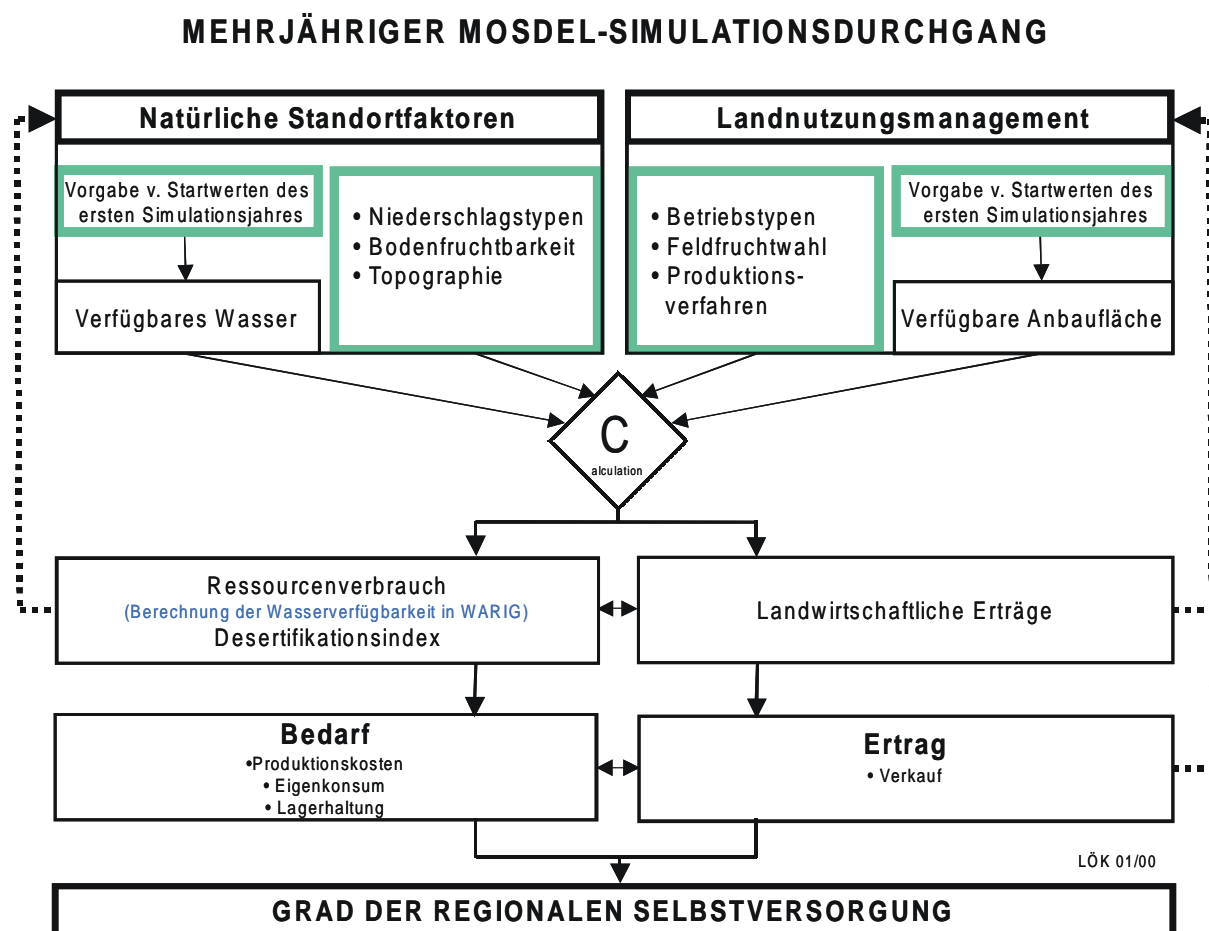


Abb. 3: Funktionsschema von MOSDEL

Vor dem Start des Modelldurchlaufes müssen verschiedene Parameter ausgewählt werden:

- Startwerte der Wasserverfügbarkeit
- Sequenz definierter Niederschlagstypen
- Auswahl und Anzahl der Betriebstypen
- Verfügbare Anbauflächen pro Gemeinde
- Auswahl der Feldfrüchte pro Betriebstyp
- Anbaumethode
- Verfügbare Gesamtanbaufläche im Munizip pro Betriebstyp
- Prozentuale Anbauverteilung

Die Simulation läuft innerhalb des Grid-Moduls von ArcInfo™. Die Erträge der einzelnen Feldfrüchte werden für jede Gridzelle (=1ha) berechnet. Diese werden mit Marktpreisen versehen und nach Abzug der betrieblichen Kosten als Gewinn gleichmäßig auf die den Betriebstypen zugeordneten Beschäftigten aufgeteilt.

Nachfolgend werden wichtige Teile des Simulationsablaufs chronologisch z.T. anhand des Bedienungsmenüs beschrieben.

Zunächst werden die Startwerte der Wasserverfügbarkeit (Grundwasser) festgelegt.

Die vom FB Klimamodellierung durch Clusterung ermittelte Vorauswahl an Klimatypen (zugrunde gelegt wurden die offiziellen Niederschlagsdaten der Klimastation von Picos, jeweils bezogen auf die Vegetationsperiode November-Oktober) wurde geprüft und vier unterschiedliche Niederschlagstypen gemäß ihrer Höhe und Verteilung ausgewählt:



Typ	Jahressumme Niederschlag	Referenzjahr
WAVES – Referenzjahr	930 mm	1995 / 96
1 – trocken	428 mm	1941/42
2 – normal (mit Zwischen-trockenzeiten)	631 mm	1956/57
3 - normal	764 mm	1928/29
4 - feucht	1.106 mm	1973/74

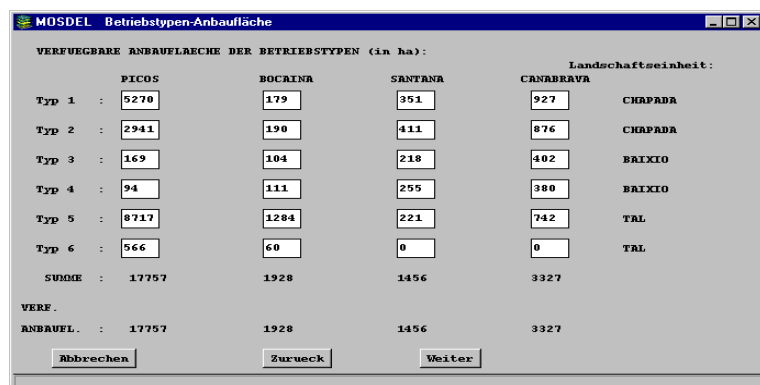
Abb. 4: MOSDEL-Menüauswahl Klimatypen Tab. 1: Charakterisierung der Klimatypen

Mit den ausgewählten Niederschlagstypen (Tab. 1) wurden von der AG Bodenkunde die jeweiligen Ertragspotentiale (derzeit mit Monatsauflösung) berechnet, welche in der MOSDEL-Datenbank abgelegt sind und nach der Menüwahl automatisch angesteuert werden (Abb. 4).

Betriebstypenauswahl

Die nächste Auswahl betrifft die Definition der Betriebstypen: Die Anzahl der Typen wird festgelegt, ihre räumliche Zuordnung zu den Landschaftseinheiten Tal, Baixio und Chapada sowie die Kulturen, die vom jeweiligen Betriebstyp angebaut werden können.

Des weiteren wird für jeden Betriebstyp ein Anbau-/Produktionsverfahren für die gewählten Kulturen bestimmt, außerdem deren prozentuale Anteile an der gesamten Anbaufläche des Typs.



Konkrete Flächenvorgaben werden in einem weiteren Menu gemacht (vgl. Abb. 5) Für jedes Munizip in der Untersuchungsregion werden die gesamten Anbauflächen der Betriebstypen eingegeben. Die eingegeben Werte werden anhand der GIS-Datenlayer auf Plausibilität überprüft. Sind alle Eingaben korrekt, werden die Anbauflächen mit den eingestellten Werten belegt.

Abb. 5: MOSDEL Menueinstellung – Zuweisung der Anbauflächen zu Betriebstypen und Landschaftsräumen

Das folgende Beispiel soll die Vorgehensweise näher erläutern: Betriebstyp 3 wird als Typ der Landschaftseinheit Baixio definiert.

Sein Kulturspektrum umfasst im Regenfeldbau Cowpea (13%), Mais (20%), Maniok (10%) und Cashew (42%), außerdem Mais (5%) und Reis (10%) in Furchen- bzw. Rückstaubewässerung. Im Munizip Santana do Piauí stehen ihm 218 ha Anbaufläche zur Verfügung.

Das Modell fragt nun administrative, physische und Landnutzungs-Informationen im GIS ab. Von den Flächen, die im Munizip Santana liegen, die sich in der Landschaftseinheit Baixio befinden und laut Landnutzungslayer Anbauflächen sind, werden nach dem Zufallsprinzip 218 ha ausgewählt. 20% dieser Flächen werden entsprechend der Typendefinition mit unbewässertem Mais belegt.

Dabei werden zunächst die am besten geeigneten Standorte ausgewählt (Information aus dem Terrain Component Layer). Ein evtl. verbleibender Rest wird auf andere Standorte verteilt. Die nun mit Mais belegten Flächen stehen für andere Kulturen nicht mehr zur Verfügung. Für Bewässerungskulturen werden ebenfalls nur die dafür geeigneten Flächen ausgewählt.

Das Modell greift nun auf die für den gewählten Niederschlagstyp gültigen Ertragspotentiale der mit Mais belegten Standorte zu.

Dieser Ernteertrag wird mit Marktpreisen bewertet und die Kosten der angewendeten Produktionsverfahren davon abgezogen.

Wasserbilanz

Das Grundwasserdargebot wird voreingestellt bzw. als Ergebnis aus der Modellierung in WARIG berücksichtigt. Die derzeitige Auflösung der aus WARIG verfügbaren Grundwasserdaten hat eine Rasterweite von 1 km. Berechnet wird jeweils das Grundwasserdargebot derjenigen Rasterzelle, in welcher Bewässerungskulturen angebaut wurden. Das Grundwasserdargebot wird für jedes Munizip summiert. Die Bilanzierung erfolgt durch die Gegenüberstellung der Summe des Wasserbedarfs durch die jeweiligen Bewässerungskulturen mit der Summe des Wasserdargebotes.

Mehrjährige Läufe

Bei einer Simulation von Jahressequenzen ergeben sich nach dem ersten Simulationslauf neue Startwerte der Wasserverfügbarkeit, der verfügbaren Produktionsmittel und der Anbaufläche. Auf Basis dieser neuen Situation werden die Anbauentscheidungen für das nächste Simulationsjahr getroffen. Die weiteren Simulationsjahre laufen mit den voreingestellten Werten der Klimatypen - die Erträge pro Gridzelle werden erneut ermittelt. Nach dem gleichen Schema wird über den Simulationszeitraum einer mehrjährigen Sequenz verfahren und eine Gesamtbilanz erstellt. Entscheidend wird in diesem Zusammenhang die Einbindung des Stausees Bocaina sein.

MODELLIERUNG DES WASSERHAUSHALTES

Im Rahmen der Wasserhaushaltsmodellierung von WARIG (siehe Beschreibung bei der AG Wassermanagement und -ressourcen) erfolgte die flächenbezogene Modellierung des Oberflächenabflusses und des Bodenwasserhaushaltes beim Fachbereich Landschaftsökologie.

Für die flächenbezogene Modellierung des Bodenwasserhaushaltes waren verschiedene Voraussetzungen zu berücksichtigen. Um eine Abbildung des Wasserhaushaltes in der Fläche zu ermöglichen, muss das Modell für alle im Raum vorkommenden Kombinationen der Eingangsparameter Ergebnisse zur Verfügung stellen. Dies bedeutet im Falle des Focusgebietes Picos ca. 850 Rechenläufe pro Zeittakt. Eine weitere Randbedingung sind die begrenzt zur Verfügung

stehenden Eingangsdaten für die Gesamtfläche. Da bei der AG Bodenkunde mit dem dort verwendeten Modell HILLFLOW (Bronstert 1994) diese Arbeiten nicht flächenbezogen im Focusgebiet durchgeführt werden konnten, wurde beschlossen, ein für den Ansatz zur flächenhaften Modellierung und für die genannten Rahmenbedingungen geeignetes Modell zu verwenden.

Die einfachste Methode zur Bestimmung des Wasserhaushaltes ist die Aufstellung der klimatischen Wasserbilanz. Auf der anderen Seite stehen Simulationsmodelle die, wie HILLFLOW auf der Darcy- bzw. Richards - Gleichung aufbauen. Sie ermöglichen die genauesten Wasserbilanzen, haben aber einen hohen Bedarf an differenzierten Daten. Dazwischen stehen sogenannte Speichermodelle. In ihnen erfolgt die Berechnung auf Grundlage mehrerer Speicher, die jeweils das nicht mehr speicherbare Wasser an den nächsten Speicher weitergeben. Dieser Modelltyp erschien unter den gegebenen Rahmenbedingungen als geeignet. Die Wahl fiel auf das Modell SIMPEL, ein Speichermodell von Hörmann (Hörmann, G. 1999).

Bezüglich der Bewertung des Modells kann nach Hörmann (1996) folgender Vergleich mit dem Richards Modell VAMOS (Bornhöft, D. 1993) gegeben werden:

Basierend auf einer Auswahl von acht Simulationsjahren, wurden drei Jahre mit Extremereignissen ausgewählt. In den Jahressummen waren die Abweichungen der Modellergebnisse nicht größer als 10%. Der Bodenwassergehalt der Wurzelzone wird erstaunlich gut wiedergegeben. Bei der Sickerung errechnet VAMOS höhere Peaks bei vergleichbaren Summen über länger Zeiträume.

Die angewendete Version von SIMPEL hat in seinem Aufbau drei Speicher, den Interzeptionspeicher, den Streuspeicher und den Bodenspeicher. Durch diese Kaskade wird sowohl überschüssiges Wasser, als auch nicht aus dem jeweiligen Speicher gedeckter Verdunstungsanspruch geleitet. Um das Verhalten des Bodenspeichers stärker an die realen Gegebenheiten anzupassen, ist der Ansatz nach Glugla (1969) implementiert, der eine Tiefenversickerung des Bodenwassers nicht erst bei „Überlauf“ des Speichers zulässt, sondern mit zunehmender Speicherfüllung eine zunehmende Versickerung errechnet.

SIMPEL ist als Anwendung auf MS Excel programmiert. Die hohe Anzahl an notwendigen Modellläufen (ca. 850) für die flächendeckende Modellierung des Fokusgebietes lassen es nicht zu das Modell in der vorliegenden Programmierung in EXCEL anzuwenden. Der Zugriff auf die verschiedenen Datensätze musste automatisiert werden. Dazu erfolgte eine Umsetzung auf die Programmiersprache von dBASE. Damit ist vom Datenformat her ein direkter Zugriff auf Ergebnisse der Modellläufe aus ArcView möglich und über eine bestehende Schnittstelle auch eine Anbindung an ArcInfo möglich. Der Algorithmus von SIMPEL musste an einigen Stellen an die semiariden Verhältnisse angepasst werden. Diese Änderungen betrafen z. B. die Verdunstungsbilanz die bei leerem Bodenspeicher negative Werte aufwies.

Eingangsparameter:

Die Flächendeckung der Eingangsparameter basiert auf der Karte der Terrain Components, der Landnutzungs- und -bedeckungsklassifizierung (Satellitenbildinterpretation) und dem digitalen Höhenmodell.

Eingehende Bodenparameter sind die Feldkapazität und der Permanente Welkepunkt, sowie die Durchwurzelungstiefe, die auch von der Vegetation abhängig ist. Die verwendeten Werte entstammen dem von der Arbeitsgruppe Bodenkunde aufgebauten Bodeninformationssystem SPICE und beziehen sich auf Terrain Components. Die für die einzelnen Terrain Components angewendeten Werte entstammen einem gemittelten Wert verschiedener Profildaten, die zu unterschiedlichen Flächenanteilen für die jeweilige Raumeinheit repräsentativ sind.

Die vegetationsabhängigen Parameter entstammen der diesbezüglichen Attributierung der durchgeführten Landnutzungs- und -bedeckungsklassifikation. Dies sind die Kapazität des In-

terzeptions- und Streuspeichers sowie vegetationsbedingten Einflüsse auf die Durchwurzelungstiefe.

Die Ermittlung der für das Modell notwendigen Eingangsgröße der potenziellen Evapotranspiration erfolgte nach Makkink, einer Abwandlung des Penman Verfahrens. Die zugrundeliegenden Klimadaten entstammen der offiziellen Klimastation für Picos. Um eine Anpassung an die verschiedenen Landbedeckungen und Vegetationstypen zu erhalten, wurde der ermittelte Wert für die potentielle Evapotranspiration durch einen jeweiligen Faktor angepasst.

Die Modellierung des Oberflächenabflusses erfolgt durch Fr. Dr. Lang (uis-Project) nach einem empirischen Verfahren des U.S. Soil Conservation Service (USDA, 1972), im Weiteren als SCS-Verfahren bezeichnet. Die Programmierung erfolgte auf dem Grid Modul von ArcInfoTM und ist als eigenständige Anwendung menüeingebunden.

Die auf einem empirischen Ansatz beruhende CN-Methode des U.S. Soil Conservation Service (USDA, 1972) wurde zur Berechnung der Abflussbildung in Einzugsgebieten ohne Messdaten entwickelt und beruht auf der Annahme, dass bei einem unendlich lang andauernden Regenereignis das Verhältnis von abflusswirksamen Niederschlag zu Gesamtniederschlag nach Abzug der auftretenden Anfangsverluste gleich der potentiellen zur tatsächlichen Infiltration (ohne Anfangsverluste) ist. Die Entwicklung dieses empirischen Verfahrens fand auf der Grundlage von gemessenen Niederschlags- und Abflussereignissen einer großen Anzahl kleiner Wassereinzugsgebiete in den USA statt und eignet sich besonders für Gebiete mit hohen Niederschlagshöhen und -intensitäten. Vorteil dieses Verfahrens ist die einfache Parametrisierung bei Berücksichtigung der für den Oberflächenabfluss als relevant betrachteten Standortfaktoren Bodenart und Landnutzung sowie der Vorfeuchte. Subsumiert werden diese Größen in einer sogenannten „Curve Number“ (CN), die Werte zwischen 0 (hohes Retentionsvermögen des Standortes) und 100 (geringes Retentionsvermögen des Standortes) annehmen können.

Das SCS-Verfahren wird neben der Bestimmung des abflusswirksamen Anteils eines Niederschlags (z.B. Starkregenereignis mit einer bestimmten Wiederkehrwahrscheinlichkeit) in einer etwas modifizierten Form auch zur Berechnung des Abflusskontinuums (auf Tagesbasis) bei verschiedenen Erosions- bzw. Abflussmodellen (SMITH & WILLIAMS, 1980, WILLIAMS et al., 1984) eingesetzt.

Die notwendigen Eingangsparameter sind die Bodenfeuchtegruppe und die CN-Werte. Die Zuordnung der Bodenfeuchtegruppen zu den Terrain Components erfolgte durch die AG Bodenkunde. Da für die im Untersuchungsgebiet vorherrschenden Vegetationstypen derzeit keine gemessenen CN-Werte vorliegen, wurden nach Literaturstudien Werte von vergleichbaren Vegetationseinheiten übertragen. Dabei wurden für die jeweiligen Maximalwerte Eckwerte bestimmt, zwischen denen die übrigen Landnutzungs- und Landbedeckungsklassen linear ermittelt wurden. Das Kriterium der Reihung erfolgte gemäß eigener Abschätzung (hierfür wurden mehrere Partner konsultiert) nach dem Grad der Dichte, Schichtung und Anteil immergrüner Arten, bzw. nach dem Versiegelungsgrad (Niedrigster CN Wert für den Übergang Baum-Caatinga – Floresta-Decidual: CN-Wert (26) f. Bodentyp A, höchster CN-Wert (95) f. Siedlungen, Bdt. D (s.a. Tab. 7).

Der Einfluss der Vorfeuchte des Bodens wird, unter Berücksichtigung der Jahreszeit, über die Niederschlagshöhe in den vorangegangenen fünf Tagen berücksichtigt. Die diskrete Berücksichtigung der Bodenfeuchte hat den Nachteil, dass, aufgrund der plötzlichen Änderung der CN-Werte, es zu Sprüngen bei der Berechnung des Oberflächenabflusses kommt; zudem ist die Benutzung von 5 Vorregentagen nicht physikalisch begründbar (vgl. ØVERLAND, 1990). Es existieren jedoch inzwischen eine Reihe von Modifikationen des SCS-Verfahrens, die diesen Nachteil ausgleichen (vgl. WILLIAMS et al., 1984; SMITH & WILLIAMS, 1980).

Im Modell wird der Einfluss der Vorfeuchte des Bodens auf den Oberflächenabfluss auf der Grundlage des kumulativen Niederschlages der fünf Vortage berücksichtigt. Als nächster Schritt wird im Modell – alternativ zu diesem Ansatz – die Berechnung des Oberflächenabflusses in Abhängigkeit des aktuellen Bodenwassergehaltes in der Wurzelzone implementiert. Dazu erfolgte eine Koppelung des Oberflächenabflusses mit dem Bodenwassermodell, indem das SCS-Verfahren im Bodenwassermodell zwischen Interzeptionsspeicher und Streuspeicher eingebaut wurde.

2.3 Ausgewählte Ergebnisse

Bundesstaatliche Ebene (Makroebene)

Infrastruktur und zentralörtliche Erreichbarkeit

Auf der bundesstaatlichen Ebene beschränkten sich in dieser Projektphase die Auswertungen auf eine entscheidende Steuergröße der Entwicklung: die Infrastruktur der Bundesstaaten Piauí und Ceará. Mittels einer Netzwerkanalyse (Arc-InfoTM) wurde der Zentralitäts- und Erschließungsgrad der Munizipien durch Straßen ermittelt. Die Ausweisung der Zentren geschah durch Experteneinschätzungen (Brasilianische Partner Landschaftsökologie sowie AG Regionalökonomie), da bislang für das Untersuchungsgebiet keine raumordnerischen Entwicklungskonzepte vorliegen. Eines der Auswahlkriterien war die Existenz leistungsfähiger EMATER-Büros (staatliche landwirtschaftliche Beratungsstellen). Den verschiedenen Straßenkategorien wurden unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten zugeordnet. Mit einem 10km breiten Streifen entlang der Strassen wurden die Flächen ermittelt, welche in einer Fahrstunde Entfernung zum jeweiligen Zentrum liegen (dunkelgelbe Bereiche um die Zentren, s. Kartenanhang). Ausschlaggebend für die Zentralität ist derjenige Flächenanteil der Räume am Gesamtmunizip, welche in der ‚guten Erreichbarkeitszone‘ liegen. Außerdem lässt der Erschließungsgrad der Gemeinden durch das Verhältnis der (entsprechend den nach Straßenkategorien gewichteten) Straßenlängen im Verhältnis zur Munizipgröße ermitteln. Der Entwicklungsstand der 332 Einzelmunizipien des Untersuchungsraumes wird somit bezogen auf Zentralität und Erschließung durch Straßeninfrastruktur auf bundesstaatlicher Ebene indizierbar.

Die Auswertungen stellen eine wichtige Eingangsgröße für die Szenarien sowie zukünftige Arbeiten auf der bundesstaatlichen Ebene dar.

Administrative Grenzen

Im Untersuchungsraum erfolgten in den letzten Jahrzehnten im Zuge einer allgemeinen Gemeindereform eine umfangreiche Ausweisung neuer Munizipien (in Piauí nahezu Verdoppelung von 1985 -1997). Um eine Vergleichbarkeit der Daten herstellen zu können, musste zunächst die Genese der Munizipien mit ihrem Flächenbezug geklärt werden. Gemeinsam mit der AG Regionalökonomie (Tabellarische Aufbereitung) wurden diese Daten dem Projektverbund als Geometrien für das Desktop-GIS ARCVIEW zur Verfügung gestellt.

Ausbau der GIS-Datenbasis

Auf der bundesstaatlichen Ebene wurden zahlreiche neue Geometrien für spätere Auswertungen erstellt (Bodenkarten, Vegetationskarten, etc.). In diesem Zusammenhang wird auf die Tabelle 9 verwiesen.

Regionale Ebene (Mesoebene)

Die Arbeiten des FB Landschaftsökologie auf der Mesoebene konzentrierten sich auf Datenerhebung, –aggregation und Verknüpfung zur Erstellung des integrativen Simulationsmodells MOSDEL. In einem wechselseitigen dynamischen Prozess wurde gemäß den verfügbaren Daten die Modellverknüpfungen und –oberflächen entwickelt. Die Modellierung des Oberflächen- und Bodenwasserhaushaltes sowie die Interpretation des Satellitenbildes nahm besonderen Raum in der Bearbeitung ein und wird deswegen jeweils gesondert dargestellt, auch wenn die Ergebnisse dieser Arbeiten letztlich in MOSDEL einfließen.

MOSDEL-MODELLERGEBNISSE

Die hier gezeigten Ergebnisse entsprechen denen in Bd.1 des Statusberichts. Am Ende des Berichtszeitraumes lag bereits ein erster einjähriger Modelldurchlauf vor. Das Simulationsergebnis wird am Beispiel des Munizips Picos in Tab. 8 dargestellt. Dabei wurde von der Vegetationsperiode des Referenzjahres 1995/96, d.h. einem durchschnittlichen Niederschlagsjahr ausgegangen.

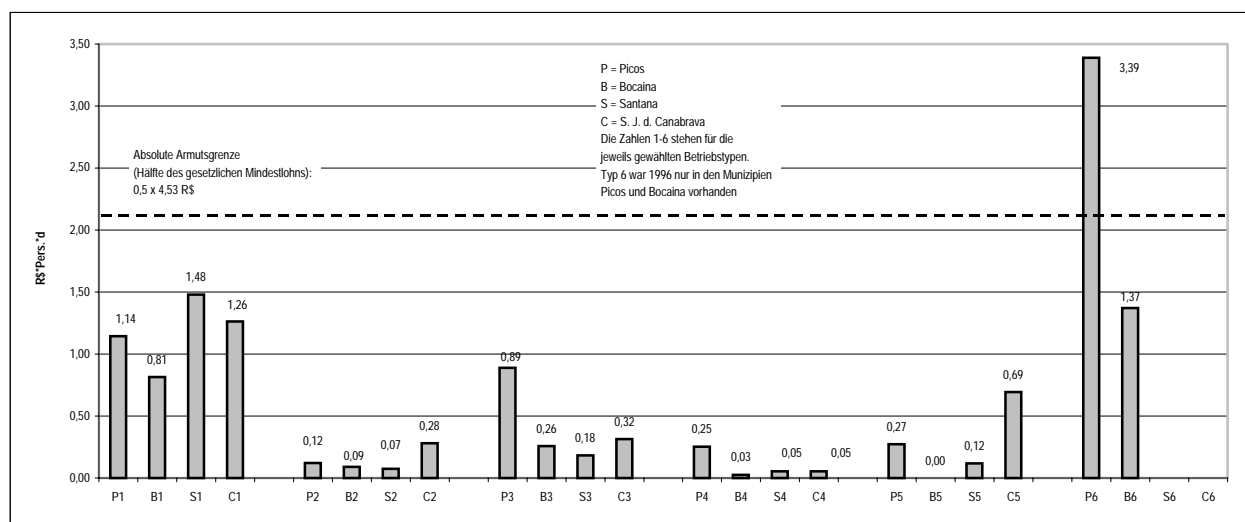


Abb. 6: Tageserlös pro Kopf, sortiert nach Betriebstypen in den verschiedenen Gemeinden

Zunächst fällt das geringe Einkommen der Betriebstypen auf: Keiner der Betriebstypen erreicht das gesetzliche Mindesteinkommen („salário mínimo“) von 4,53 R\$/d. Selbst die als ‚absolute Armutsgrenze‘ („ungenügender Verdienst“ - PNUD, 1998) gesetzte Hälfte des gesetzlichen Mindesteinkommens wird nur von einem Betriebstyp übertroffen. Dabei ist zu beachten, dass die Erträge der Tierproduktion (ca. 50% des landwirtschaftlichen Gesamterlöses in der Region, s. Bd.1, Kap. 5.1 Statusbericht) im Modell noch nicht berücksichtigt wurden. Auch außerlandwirtschaftliche Einkommen bleiben außer Betracht. Selbst unter Einbeziehung dieser Erträge, bleibt die Einkommenssituation für fast alle Betriebstypen prekär, besonders gravierend (wie zu erwarten) für die Subsistenzbetriebe (Betriebstyp 2 und 4). Damit bildet sie relativ gut die in Bd. 1, Kap. 5.1 Statusbericht (Sozioökonomische Kenngrößen) beschriebene reale Einkommenssituation ab.

Als vergleichsweise erfolgreicher Betriebstyp können die Gartenbaubetriebe gelten, u.a. da diese mit zwei Ernten pro Jahr rechnen können. Der deutlich höhere Gewinn der Gartenbaubetriebe von Picos im Verhältnis zu den Gartenbaubetrieben von Bocaina ist durch z.T. doppelt so hohe Flächenerträge (wg. der im Mittellauf breiteren Talaue mit den besseren Böden) erklärbar. Mit MOSDEL könnten beispielsweise pro Munizip optimierte Obergrenzen der Anbauflächen für bestimmte Anbaukulturen definiert werden. Durch die Kopplung der Betriebstypen mit sozio-

ökonomischen Faktoren wird das ökonomische Potenzial der Gartenbauer für die jeweiligen Gemeinden bestimmbar (Arbeitsplätze, Erträge). Auswirkungen von Szenarien (z.B. neue Marktfrüchte) werden saldierbar.

in (m ³)	Bedarf	Angebot	Bilanz
Picos	37.314.800	1.091.445.248	1.054.130.448
Bocaina	5.514.400	271.036.160	265.521.760
Santana	1.554.000	70.892.928	69.338.928
S. J. d. Canabr.	3.794.000	217.992.608	214.198.608

In den Munizipien ergab sich für die Auswahl der betrachteten Kulturen und Produktionsverfahren des Simulationsganges jeweils eine positive Wasserbilanz (s. Tab. 2).

Tab. 2: MOSDEL-Bilanz des Wasserbedarfs für Bewässerungskulturen mit der lokalen Wasserverfügbarkeit

Ermittlung der Landnutzung durch Satellitenbildinterpretation

Die aktuelle Landnutzung ist eine der zentralen Eingangsgrößen in MOSDEL. So ergeben sich daraus z.B. die für Acker- oder Baumkulturen zur Verfügung stehenden Flächen. Um die realen Nutzflächen sinnvoll im GIS mit anderen Informationen verknüpfen zu können (z.B. Boden oder Betriebstyp), ist die räumliche Zuordnung dieser Flächen (für das Referenzjahr 1996) unabdingbar. Zusätzlich wurde eine flächendeckende Attributierung der Landnutzung / Landbedeckung für die Modellierung der WARIG Module Oberflächenabfluss und Bodenwasserhaushalt benötigt (z.B. Abflusskoeffizienten, Evapotranspiration).

Da auf absehbare Zeit kein Projektpartner in Aussicht stand, welcher diesen für das Modell elementaren Interpretationsschritt leisten konnte, übernahm der Fachbereich Landschaftsökologie entgegen der ursprünglichen Planung die Verantwortung in diesem Bereich. Dafür war einerseits eine Einarbeitung von Hrn. Mörtl in die komplexe Software notwendig, andererseits wurde die GAF (Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung) zur technischen Unterstützung verbleibender technischer Fragen verpflichtet.

Die lokalisierbaren Landnutzungsdaten der Region Picos wurden von der Arbeitsgruppe Landschaftsökologie mit Hilfe der Software ERDAS Imagine Professional 8.3.1TM aus einer Landsat TM5 Satellitenszene vom 9.7.1996 erzeugt. Die Szene wurde von der DHME als Binärfile zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe der topografischen Karten der Region sowie einer Satellitenszene von 1993, die bereits während der Projektvorphase von der GAF aufbereitet wurde, konnte die Szene in der Projektion UTM 24 georeferenziert werden. Sie wurde dann auf das Untersuchungsgebiet zugeschnitten.

Mittels unüberwachter und überwachter Klassifikationsverfahren wurden zunächst 96 weitgehend homogene spektrale Klassen abgegrenzt. Diese wurden in einem weiteren Interpretationsschritt zu 18 Landnutzungsklassen zusammengefasst. Die Einteilung der natürlichen Vegetationsklassen wurde an die Klassen der Radambrasil Vegetationskarten angelehnt. Grundlage für die Interpretation waren die Ortskenntnis von Hrn. Printz sowie Referenzfotos. Zwei weitere Landnutzungsklassen (Siedlungen und Auen) konnten aus keiner der 96 Spektralklassen eindeutig abgeleitet werden. Sie wurden daher anhand deutlich erkennbarer Strukturen abgegrenzt und gesondert digitalisiert.

Bei einem Geländeaufenthalt im April 1999 wurde das erste Interpretationsergebnis gemeinsam mit den brasilianischen Kooperationspartnern überprüft. Während des Studienaufenthaltes der Diplomandinnen Fr. Hörauf und Fr. Zellhuber wurden zahlreiche Referenzpunkte systematisch nach ihren physiognomischen Merkmalen (Höhe, Dichte, Schichtung, etc.) mit GPS (Global Positioning System) erfasst und dienten als Grundlage für eine Überarbeitung der ersten Interpretation.

Die Geometrien der Radambrasil-Karte (M 1:1 Mio., MME 1981) erwiesen sich für einen Abgleich mit der Interpretation der Untersuchungsregion als maßstäblich ungeeignet. Bei der Referenzkartierung lag ein Schwerpunkt der Erfassung auf den in der Picosregion typischen Übergangsformen der Vegetationstypen („zona de transição“=Übergangszone zwischen Caatinga und Cerrado, s.a. Bd.1, Kap. 5 Statusbericht, Beschreibung der Picos-Region). Diese konnten somit präziser differenziert und lokalisiert werden. Durch den Wegfall regional nicht relevanter Klassen wurde die Gesamtzahl der Klassen auf 15 reduziert.

Der Aufnahmezeitpunkt der Satellitenszene zu Beginn der Trockenzeit (Juli) lässt an zahlreichen Stellen die ‚Bodeninformation‘ über die z.T. bereits unbelaubte Vegetation dominieren. Die hierdurch zunächst erfolgte Überbewertung der ackerbaulichen Anbauflächen konnte nach Einarbeitung der ‚ground check‘-Erkenntnisse deutlich reduziert werden (vgl. Tab. 6).

Dennoch verbleibt eine Restdifferenz in der Flächenbilanzierung der ackerbaulichen Nutzflächen im Vergleich zur offiziellen Agrarstatistik (IBGE, 1998). Bei zukünftigen ‚ground checks‘ sollte diesbezüglich eine gezielte Überprüfung der Talauen erfolgen. Auch hier rücken vermutlich z.B. nach der verbreiteten Schneitelung der Carnaúba-Palmsavannen (für Wachsgewinnung, etc.) wieder Bodeninformationen irreführend in den Vordergrund. Ein hoher Anteil der ackerbaulichen Interpretationsklassen wurde den Talräumen zugeordnet. Die größten Differenzen ergeben sich im Munizip Picos, welches gleichzeitig den größten Anteil der Landschaftseinheit Talraum hat (544 km² gegenüber ca. 100 km² Differenzflächen). Statistische Erhebungsgenauigkeiten sind ebenfalls bei einem Vergleich zu berücksichtigen. Für die Simulation der Situation im Referenzjahr wurden grundsätzlich die jeweiligen Flächenanteile der amtlichen Statistik zugrundegelegt, um eine Kalibrierung der Ertragsergebnisse zu ermöglichen. Dieses Flächenvolumen wird dann frei auf die entsprechenden Landnutzungsklassen verteilt.

Die beschriebenen Modifikationen ergaben insgesamt eine valide und flächendeckende Interpretation der Landnutzung / Landbedeckung als Eingangsgröße des Simulationsmodells. Den 15 Landnutzungsklassen wurden jeweils spezifische Attributierungen (z.B. Abflusskoeffizienten, s.a. Unterabschnitt Wasserhaushaltsmodellierung u. Tab. 7) zugeordnet. Über die bereits beschriebenen Optimierungen hinaus sind Verbesserungen denkbar durch den Vergleich multitemporaler Daten anderer Jahreszeiten. Verfälschungen der Interpretation durch Störungseinflüsse lokaler Schauer, welche sich vor allem auf die Interpretation der natürlichen Vegetation auswirken, können dann minimiert werden. Zusätzlich wären Aussagen über die Dynamik der Landnutzung möglich.

BODENWASSERHAUSHALT

Wasserhaushalt:

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf neuen Daten im Bereich der Landnutzungs-klassifikation und weichen von denen im Bd. 1 des Statusberichtes ab. Modellläufe erfolgten bis jetzt für die vier ausgewählten Klimatypen (vgl. Tab. 1). Weiterhin wurde das von allen Fachbereichen in der Focusregion vereinbarte Referenzjahr 1995/96 bearbeitet, sowie eine Periode der Jahre 1998/99 zum Abgleich mit den für diese Zeit vorliegenden Wasserstandsmessungen des Bocainastausees. Bei den Simulationen 1998/99 ist zu beachten, dass der Simulationszeitraum nur ca. 4 Monate beträgt (21.11.98 - 17.3.99).

Die Läufe erfolgten in verschiedenen Varianten. Die erste Variante (Typ 1) geht davon aus, dass Oberflächenabfluss auf allen Flächen unabhängig von der Neigung entsteht. Die zweite Variante (Typ 2) beruht auf der Annahme, dass unter 1% Gefälle kein Oberflächenabfluss entsteht. Der Vergleich beider Varianten für das Einzugsgebiet des Bocainastausees zeigt die Abbildung 6. Für eine dritte Variante (Typ 3) wird davon ausgegangen, dass die verwendeten Feldkapazitätswerte nur die nutzbare Feldkapazität darstellt. Damit wird der verfügbare Bodenspeicher vergrößert. Diese Variante wurde als Testvariante hinzugefügt, da die Ermittlung der

Feldkapazität in Brasilien enger ausgelegt ist als bei uns üblich, nämlich in dem Bereich von pF 4,2 - 2,5 statt wie bei uns üblich von pF 4,2 - 1,8. Diese Simulation entspricht natürlich nicht der präzisen Anwendung der bei uns üblichen Definition der nutzbaren Feldkapazität, zeigt aber doch eine von der Größenordnung entsprechende Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität und deren Auswirkung auf den Wasserhaushalt des Gebietes. Die Ergebnisse der Simulationsläufe zeigt Tabelle 3.

Tab. 3: Ausgewählte Ergebnisse der Simulationsläufe für das Einzugsgebiet des Bocainastausees sowie für das Gesamtgebiet. (alle Angaben in mm)

Nr.	Jahr	Simulations- typ	Gebiet	N	ETP	ETA	Ao	As
1	28/29	1	Picos	764	1925	640	45	72
2	41/42	1	Picos	428	2200	357	23	42
3	56/57	1	Picos	631	2054	495	39	90
4	73/74	1	Picos	1107	2182	826	131	136
5	28/29	1	Bocaina	764	1929	633	40	78
6	28/29	2	Bocaina	764	1929	634	32	86
7	28/29	3	Bocaina	764	1929	662	24	65
8	98/99	1	Bocaina	503	616	354	26	59
9	98/99	2	Bocaina	503	616	356	18	65

N = Niederschlag, ETP = potenzielle Evapotranspiration, ETA = aktuelle Evapotranspiration, Ao = Oberflächenabfluß, As = Versickerung aus dem durchwurzelten Bodenbereich (seepage)

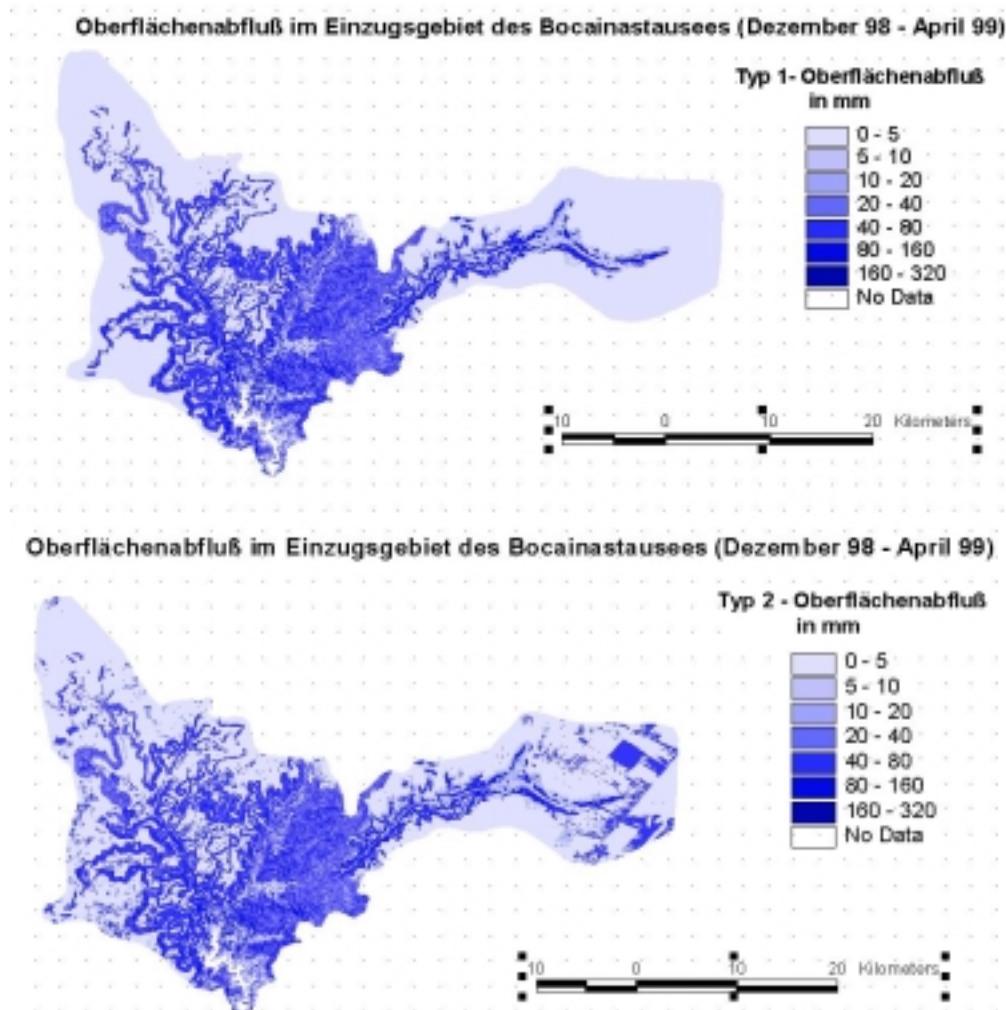


Abb. 7: Darstellung des Oberflächenabflusses für d. Periode Dez. 98 bis Apr. 99 für d. Einzugsgebiet des Bocainastausees. Typ 2 unter Annahme, dass Oberflächenabfluss erst ab 1% Gefälle entsteht.

Interessant ist der Vergleich der drei Simulationstypen für die Läufe Nr. 5-7. Die Annahme, dass erst über 1% Gefälle Oberflächenabfluss auftritt führt zu einer Verminderung des Oberflächenabflusses von ca. 25% (8 mm) und einem Anstieg der Versickerung von 10 % (8 mm) bei unveränderter aktueller Evapotranspiration. Der Vergleich mit dem Typ 3, der von einem größeren Speichervolumen des Bodens ausgeht erhöht die aktuelle Evapotranspiration um 30 mm und senkt den Oberflächenabfluss nahezu auf die Hälfte (um 16 mm) bei gleichzeitiger Senkung der Versickerung um 13mm.

Die Läufe Nr. 8 und 9 dienen im wesentlichen dazu, einen Vergleich mit den Speicheränderungen im Stausee zu ermöglichen. Für die betrachtete Periode wurde eine Speicherzunahme von ca. 10 Mio. m³ ermittelt, was für das Einzugsgebiet einem Abflusswert von ca. 10mm entspricht. In dieser Zeitspanne beträgt die Verdunstung aus dem Speichersee ca. 9 Mio. m³, was auf das Einzugsgebiet umgelegt weiteren 9 mm Abfluss entspricht. Somit kann für diese Berechnungsperiode von einem Oberflächenabfluss von 19 mm ausgegangen werden. Dieser Wert wird in der Simulation Nr. 9, die mit Oberflächenabfluss ab 1% Gefälle rechnet mit einem Oberflächenabfluss von 18 mm am besten abgebildet. Die erzielten Ergebnisse passen somit gut zu den ermittelten Abflüssen.

Punktuell erfolgten am Beispiel einiger Terrain Components für das Referenzjahr 1995/96 Vergleiche mit der Modellierung mit HILLFLOW (AG Wassermanagement u. -ressourcen, D. Halm). Einige Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4: Vergleich der Modellierungsergebnisse zwischen HILLFLOW und SIMPEL unter natürlicher Vegetation; Zeitraum 12/1995 bis 10/1996

Modell	Terrain Component	aktuelle Evapotranspiration	Interzeption	Oberflächenabfluss	Seepage
HILLFLOW	AQ	402	153	0	125
SIMPEL		427	140	80	68
HILLFLOW	AQ-SG	333	153	0	183
SIMPEL		412	140	97	65
HILLFLOW	LIT	305	124	0	222
SIMPEL		352	140	78	124
HILLFLOW	LVA	432	153	0	35
SIMPEL		459	141	0	79

AQ = Areia Quartzosa; AQ-SG= Areia Quartzosa über Serra Grande; LIT = Solo Litólico (35 cm Sand über anstehendem Sandstein); LVA= Latossolo Vermelío. Amarello

Für alle gezeigten Terrain Components sind vergleichbare Werte für den ermittelten Gesamtabfluss zu verzeichnen. Sehr gut passen die Ergebnisse in allen Parametern für den Standort LVA. Berücksichtigt man noch, dass bei der HILLFLOW Modellierung der Bodenspeicher eine Zunahme von 60mm Bodenwasser für den berechneten Zeitraum erfährt, differiert der Abfluss nur noch um 15mm. Für die ersten drei Standorte ergibt jedoch die Modellierung mit HILLFLOW keinen Oberflächenabfluss. Insofern ist der Vergleich unbefriedigend. Mögliche Ursachen liegen in der verwendeten Version von HILLFLOW, die den Oberflächenabfluss nur bedingt gut abbildet. Hier sind noch systematische Vergleiche notwendig um bestehende Unstimmigkeiten zu klären. Dabei sollte HILLFLOW in seiner 2D Version eingesetzt werden.

2.4 Diskussion

MOSDEL

Die obigen Erläuterungen und Interpretationen geben einen ersten Überblick über die Leistungsfähigkeit von MOSDEL. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lagen noch keine bewertungsfähigen Laufserien vor. Für eine ausführliche Diskussion ist jetzt die umfassende Analyse jeweils mehrerer (sowie mehrjähriger) Durchgänge notwendig, da z.B. die Flächenauswahl im Rahmen der ausgewählten Munizipien und Landschaftsräume durch das Zufallsprinzip erfolgt und somit pro Testlauf unterschiedliche Produktionsergebnisse zu erwarten sind. Aus diesen sind die jeweiligen Varianzen und Mittelwerte zu berechnen.

In der verbleibenden Laufzeit der Hauptphase I wird es also vor allem darum gehen, die Modellsensitivität durch Simulationsläufe mit veränderten Parametereinstellungen systematisch zu erfassen sowie notwendige Anpassungen vorzunehmen (z.B. Anbaumix bzw. des Flächenanteils der jeweiligen Kulturen). Die Ergebnisse des Agrarzensus von 1995/96 (Censo Agropecuario, IBGE 1997a) dienen dabei als munizipbezogene Referenzwerte für die Validierung.

Darüber hinaus wird eine stärkere Anpassung der Betriebstypen an die Region Picos erfolgen. Betriebsökonomische Kenngrößen, wie Produktionsverfahren, Produktionskosten sowie Preise, die gegenwärtig noch aus dem gesamtstaatlich arbeitenden Modell RASMO (AG Regionalökonomie) stammen, werden, sobald sie verfügbar sind, durch räumlich besser aufgelöste Daten der Region Picos (der AG Betriebsökonomie) ersetzt.

Durch den flächenbezogenen Modellierungsansatz von MOSDEL wurde es möglich, für die Untersuchungsregion Picos die Wirkungskette von Standortpotential, landwirtschaftlicher Produktivität und Wertschöpfung simulierbar zu machen. Mit Hilfe der Betriebstypen konnte die räumlich definierte Koppelung von Standortfaktoren mit sozioökonomischen Parametern hergestellt werden. Erste Optimierungshinweise für die aktuellen ackerbaulichen Nutzungen können damit bereits gegeben werden. Außerdem werden die voraussichtlichen ökologischen und ökonomischen Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen durch veränderte Klima- oder Managementparameter (z.B. von Szenarien) wie z.B. Wasserverfügbarkeit, Management, Fruchtwahl, Flächeninanspruchnahme darstellbar.

Die weiteren Arbeiten zielen nach der sorgfältigen Kalibrierung und Sensitivitätsprüfung auf die möglichen Einsatzbereiche einer Landnutzungsplanung wie sie z.B. bei landwirtschaftlichen oder gemeindlichen Planungsinstitutionen erforderlich sind. Zur Erzielung eines umfassenden und leistungsfähigen Planungsinstrumentes sind Weiterentwicklungen zusätzlicher Modellbereiche wie z.B. der Tierproduktion oder der Umweltplanung erforderlich und wünschenswert. Diese werden, ebenso wie die Prüfung einer räumlichen Übertragung auf andere Sertão-Regionen, erst in einer weiteren Förderperiode umsetzbar.

Ökonomische Aspekte (Familieneinkommen pro Betriebstyp, Arbeitskräftebedarf etc.) sollen in der nächsten Projektphase noch stärker berücksichtigt werden. Um nachhaltige Lebensqualität trotz außergewöhnlicher klimatischer Schwankungen zumindest für ausgewählte Parameter berechenbar zu machen, müssen zudem noch mehr Speichergrößen eingezogen werden (Stausee, Lagerkapazitäten, etc.).

Die Definition der oberen Belastungsgrenzen des Grundwassers durch Bewässerungskulturen wird noch während der laufenden Projektphase zu erwarten sein.

WASSERHAUSHALTSMODELLIERUNG

Für den Vergleichszeitraum 1998/99 gibt die angewendete Koppelung des Bodenwassermodells SIMPEL und der Oberflächenabflussberechnung nach dem SCS-Verfahren überraschend gute Übereinstimmung mit den Messungen der Volumenänderung im Stausee Bocaina. Um

eine abschließende Bewertung geben zu können reicht jedoch der Vergleichszeitraum nicht aus. Weitere Validierungen mit den fortlaufenden Abflussmessungen sind dafür notwendig.

Der punktuelle Vergleich mit den Ergebnissen des Modells HILLFLOW ergibt zum momentanen Zeitpunkt in der Gesamtbilanz gut vergleichbare Werte, aber unterschiedliche Aufteilung des Abflusses in Oberflächenabfluss und Versickerung. Den bestehenden Unstimmigkeiten ist weiter nachzugehen.

Dafür sind neben dem Vergleich der Modellläufe beider Modelle auch eine Einschätzung der Qualität der Eingangsdaten notwendig. Die wohl problematischste Komponente ist dabei der Niederschlag, der in der Regel mit starker räumlicher Inhomogenität niedergeht, für die Simulationen für das Untersuchungsgebietes jedoch bis jetzt nicht räumlich differenziert werden konnte. Für die Berechnung der potenziellen Evapotranspiration konnte auch der Einfluss der natürlichen Vegetation nur sehr undifferenziert berücksichtigt werden. Die für die nächste Phase geplanten Vegetationsökologischen Untersuchungen sollen unter anderem dazu dienen den Einfluss über die Bildung und Erfassung von funktionellen Vegetationseinheiten zu differenzieren. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da 90% der Fläche von der mehr oder weniger natürlichen Vegetation geprägt ist. Für die Steuerung der aktuellen Evapotranspiration bei den Ackerkulturen sollen Parameter, die den jeweiligen Entwicklungszustand in der Zeit angeben mehr Realitätsnähe schaffen. Mit diesen weiteren Anpassungen an die tatsächlichen Gegebenheiten soll eine solide Basis für Zukunftssimulationen geschaffen werden, die ein wesentlicher Bestandteil des WAVES Vorhabens sind.

2.5 Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgruppen und brasilianischen Wissenschaftlern

Zusammenarbeit mit den anderen Arbeitsgruppen

Die Zusammenarbeit mit den deutschen Projektpartnern bezog sich einerseits auf den bereits beschriebenen allgemeinen Kontext räumliche Integration und Skalierung. Die Diskussion wurde durch den vom FB Landschaftsökologie durchgeführten Workshop ‚Räumliche Integration und Skalierung‘ (28.-29.4.98 in Weihenstephan) in den Projektverbund hineingetragen. Räumliche Integration und Skalierung wurden allgemein als entscheidende Schlüssel für eine wirksame Integration erkannt. Die Grundsteine für die Erarbeitung von Lösungsmethoden wurden während des Workshops gelegt. Insbesondere wurde von den Teilnehmern das wachsende Verständnis für die Arbeits- und Denkweisen der anderen Fachbereiche hervorgehoben. Ein Tagungsband des Workshops wurde allen Interessenten zur Verfügung gestellt.

Daneben stand die Konkretisierung und Umsetzung des Integrationsbedarfs einzelfachlicher Ergebnisse für MOSDEL in der Untersuchungsregion Picos im Vordergrund.

Zusammen mit dem FB Klimamodellierung wurden die modellrelevanten Niederschlagstypen bestimmt. Abgrenzungsregeln für die Terrain-Components gemäß der Topographie wurden mit dem FB Agrarökosysteme erarbeitet. Die Bodenparameter der Terrain-Components (Datenbank SPICE) bilden die wesentliche Grundlage zur Berechnung der landwirtschaftlichen Erträge. Die AG Pflanzenernährung lieferte wichtige Grundlageninformationen zum Wuchs und Ernteverhalten der im Modell berücksichtigten Kulturen. Die Betriebstypen wurden in intensiver Diskussion mit Expertenwissen der AG Betriebsökonomie diskutiert.

Im Rahmen von WARIG erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit der AG Wassermanagement und –ressourcen sowie der AG Bodenkunde. Neben der Mitwirkung an der Gesamtkonzeption von WARIG, lag der Schwerpunkt der Zusammenarbeit im Bereich der Validierung der Modell-ergebnisse.

Der FB Landschaftsökologie war in der übergreifenden Arbeitsgruppe Szenarien vertreten und erarbeitete hierzu räumlich wirksame Indikatoren und Bewertungen.

Im Rahmen der allgemeine GIS-Serviceleistungen wurde den anderen Fachbereichen verschiedene Grundgeometrien für Desktop-Anwendungen zur Verfügung gestellt. Darunter z.B. die Abgrenzungen der Munizipien der betroffenen Bundesstaaten als Zeitreihe gemäß den Gemeindereformen der letzten Jahrzehnte. Der AG ‚Großskalige Wasserhaushaltsmodellierung‘ wurden die Geometrien der Vegetation der RADAMBRASIL-Karten, DGM Picos und Tauá, Bodenkarte zur Verfügung gestellt.

Für Auswertungen der AG Bodenkunde, Bodenwasserhaushalt sowie AG Wassermanagement und –ressourcen wurden Kartenausgaben bestehender Projektdaten angefertigt.

Zusammenarbeit mit den brasilianischen Wissenschaftlern

Der FB Landschaftsökologie pflegt seit 1993 intensive Kontakte zu verschiedenen brasilianischen Institutionen. Sehr hilfreich bei ihrer Initialisierung waren schon zu Beginn des WAVES-Programmes die Landeskenntnisse und beruflichen Kontakte des über zwei Jahre am FB Landschaftsökologie in Weihenstephan tätigen FINEP-Mitarbeiters Rogério Amaury de Medeiros (seit 1995 wieder FINEP, Rio de Janeiro).

Mit Förderungsbeginn der Stipendiaten durch die CNPq wurden 1998 die Grundlagen für den Übergang von der logistischen und informellen Mithilfe zur aktiven Kooperation gelegt. Erschwerend für die Feldarbeit der Partner blieben bis heute mangelhafte Förderzuweisungen im Bereich der Sach- und Reisemittel. Hier musste jeweils mit gutem Willen improvisiert werden. Eine hilfreiche Entlastungswirkung ist durch die Ende 1999 durch BMBF/DLR bewilligte Aufstockungsförderung für die Partner zu erwarten. Aufgrund des späten Genehmigungszeitpunktes musste der Mitteleinsatz überwiegend auf das Jahr 2000 übertragen werden. U.a. wurden für die brasilianischen Partner Landschaftsökologie Reisemittel für Geländeerkundungen sowie Kleingeräte und Satellitenbilder bewilligt.

Wenig hilfreich für die Kooperation war die kurzfristige Umwandlung des Internationalen Workshops in ein ‚Scientific Meeting‘ vom 6.4.-8.4.1999 in Fortaleza. Einerseits waren dadurch die piauiensischen Partner durch Streichung der Reisegelder faktisch ausgeschlossen, andererseits konnten wichtige Beschlusslagen durch Vertagung der brasilianischen Managementboard-Sitzung nicht herbeigeführt werden.

Die Zusammenarbeit mit den brasilianischen Partnern lebte vor allem durch die jeweiligen Studienaufenthalte vor Ort. Im Berichtszeitraum wurden von deutscher Seite 7 Reisen ins Projektgebiet (einschließlich INPE – São José dos Campos und Cachoeira Paulista und FINEP – Rio de Janeiro) unternommen. Gegenbesuche waren ein zweiwöchiger Arbeitsbesuch von Eng. Civil Margarita Maria López Gil (Juli '99) sowie ein informeller Besuch von Prof^a de Oliveira Ende Dezember '99 (Ein Arbeitsbesuch ist für März 2000 vorgesehen).

Für die engere Zusammenarbeit des Fachbereichs Landschaftsökologie gibt es einen vegetationskundlichen (UFPI - 7 Stipendien), einen landschaftsökologischen (UFC – 2 Stipendien) sowie einen hydrologischen Ansprechpartner (3 Stipendien). Letzterer, zunächst auf brasilianischer Seite nicht vorgesehene Partner, konnte schließlich durch die Vermittlungsbemühungen des FB Landschaftsökologie für den Forschungsverbund gewonnen werden.

Die folgende Auflistung gibt einen Überblick über die Arbeitstitel der bislang geförderten Arbeiten der brasilianischen Partner

Partner Prof. Dr. Antonio Alberto Jorge Farias Castro, Prof^a Marta Celina Linhares Sales (UFPI/TROPEN - Piauí):

- Sichtung und Ergänzung der Herbarien in Teresina - PI und Fortaleza - CE
- Floristische u. vegetationskundliche Erfassung ausgewählter Flächen in der Region Picos – PI (2)
- Studie zu Klima und Böden der Untersuchungsregion
- Studie über wirtschaftlich nutzbare Pflanzen der Caatinga
- Studie zu Standortgliederung und Degradation in der Region Picos - PI

Partner Prof^a Dr. Valdira de Caldas Brito Vieira und Eng. Civil Margarita Maria López Gil (DHME - Piauí):

- Studie zur Wasserbilanz im Wassereinzugsgebiet des Stausees Bocaina - PI
- Abflussmessprogramm im Wassereinzugsgebiet des Guaribas - PI
- Studie zur Oberflächenwasserqualität im Wassereinzugsgebiet des Guaribas - PI

Partner Prof^a Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (UFC – Ceará)

- Studien (2) zur Standortgliederung, Degradation und nachhaltige Entwicklungsmöglichkeiten im Untersuchungsgebiet Tauá – CE

Wegen mangelnder Sach- und Reisemittel konzentrierte sich der Partner in Piauí zunächst auf Literatur- und Herbarstudien. Mit einem Teil der Stipendiaten wurden zwei gemeinsame Feldexkursionen durchgeführt. Zu vegetationsökologischen Studien wurden im Untersuchungsgebiet von den Stipendiaten vier vegetationsökologische Transekte eingerichtet (Länge jeweils ca. 500m). Eine Einführung in die Arbeit mit Geographischen Informationssystemen wurde vom FB Landschaftsökologie gegeben. Ende 1999 wurden nach gemeinsamer Abstimmung von der AG Bodenkunde an zwei Vegetationstransekten in der Nähe des Stausees Bocaina TDR-Meßsonden zur Messung des Bodenwasserhaushaltes installiert. Gegen Ende dieser Projektphase werden erste Erkenntnisse über das Verhalten des Bodenwasserhaushaltes unter Caatingavegetation aus gemeinsamen Transektstudien (Vegetations- und bodenkundliche Beschreibung sowie Messungen des Bodenwasserhaushaltes) in der Referenzregion Picos erwartet. Diese Beiträge stellen eine sinnvolle und skalierbare Verknüpfung bislang punktueller floristischer Erkenntnisse dar, welche durch die Modellierung in BOWAMOD und WARIG zu einer Verbesserung der Bestimmung des Einflusses natürlicher Vegetation auf den Wasserhaushalt führen können. Eine Vertiefung der Zusammenarbeit mit der Partnerin Prof^a Sales, welche das Thema Desertifikation betreut, ist ebenfalls vorgesehen. Bei einer gemeinsamen Felderkundung konnte Prof^a. Sales wesentliche Beiträge zur Interpretation des Satellitenbildes beitragen.

Der cearensische Partner Landschaftsökologie begann für die Referenzregion Tauá zunächst aus Literaturstudien eine Datenbasis aufzubauen. Eine standörtliche Raumgliederung und Charakterisierung des Munizips wurde flächendeckend durch Interpretation eines analogen Satellitenbildes erarbeitet sowie durch mehrere Felderkundungen überprüft. Das Ergebnis wurde bei einem gemeinsamen Geländeaufenthalt diskutiert. Bei einer weiteren Feldexkursion bis in die Untersuchungsregion Picos konnte Prof^a de Oliveira und ihr Kollege Prof. Bezerra wertvolle Erkenntniszusammenhänge zur Interpretation des Satellitenbildes beitragen. Die Diplomandinnen des FB Landschaftsökologie wurden während ihres Studienaufenthaltes in Nordost-Brasilien umfassend vom Partner in Ceará betreut. Für das Ende der Projektphase sind gemeinsame kartographische Darstellungen der Ergebnisse während eines Studienaufenthaltes der Partnerin an der Technischen Universität München geplant. Aufgrund des hohen gegensei-

tigen Verständnisses der Arbeitsmethoden, Skalen und Integrationsbedarfs wird zukünftig die Prüfung der räumlichen Übertragungsmöglichkeit am Beispiel der Region Tauá intensiv diskutiert werden. Auch für eine mögliche Systematisierung der Beziehung Boden-Vegetation steht hier ein fachkundiger Ansprechpartner zur Verfügung.

Mit einer Vertreterin der DHME konnten WARIG-Modellergebnisse zum Oberflächenabfluss (SCS) während eines Studienaufenthaltes in München durch den Vergleich mit Messdaten validiert werden. Die Partnerin wurde bei der Organisation und Durchführung des Wasser- und Landwirtschaftstages in Picos-PI (19.11.99) aktiv unterstützt.

Bei der Förderverteilung der Hauptphase I wurde auf deutscher Seite davon ausgegangen, dass der Fachbereich Fernerkundung von einem brasilianischen Partner Fernerkundung übernommen werden könnte. Da in der Folge der deutsche Fachbereich Fernerkundung gestrichen wurde, verstärkte der deutsche Fachbereich Landschaftsökologie die Bemühungen um die Etablierung einer Kooperation in diesem Bereich. Zunächst wurden hierfür die Kontakte aus der Vorphase zur FUNCEME reaktiviert. Trotz mehrfachen Besuchen und positiven Zusagen gelang es nicht, diese verbindlich zu konkretisieren. Die diesbezüglichen Bemühungen wurden schließlich eingestellt.

Nach mehreren Besuchen gelang es, INPE (São José dos Campos – SP) zu gewinnen, einen Projektantrag zu initiieren und abzustimmen. Er wurde Frühjahr '99 dem wissenschaftlichen WAVES-Koordinator von Brasilien übergeben. Da bis zum Berichtszeitraum keine Sitzung des brasilianischen Managementboards stattfand (als formale Prüfungsinstanz vor CNPq), sind zumindest verwertbare Ergebnisse für die laufende Projektphase leider nicht mehr zu erwarten. Der Antrag der INPE sieht die Übertragung eines Bewertungskonzeptes (basierend auf Satellitenbildinterpretation), welches für die Amazonasregion entwickelt wurde auf die WAVES-Untersuchungsregionen vor. Aufgrund der Professionalität, der hohen Grundbereitschaft zur Zusammenarbeit mit den Nordost-Universitäten (was in Brasilien keinesfalls als selbstverständlich gilt), sowie des interdisziplinären Konzeptansatzes erwartet der deutsche FB Landschaftsökologie von diesem Fachbereich wertvolle Impulse auf brasilianischer Seite bzgl. der Integration einzelfachlicher Ergebnisse. Die Wirksamkeit des Partners INPE wird entscheidend von der bislang auf brasilianischer Seite ungeklärten Finanzierung von Reisen ins Projektgebiet abhängen.

Die bestehenden Kontakte zu IBAMA (Umweltbehörde) und FINEP (Institution zur Förderung wissenschaftlicher Projekte) wurden weiter gepflegt. Konkrete Kooperationen mit IBAMA im Untersuchungsgebiet sind derzeit ebenfalls wegen der Umorganisation der Führungsstrukturen erschwert (Dezentralisierung der bundesstaatlichen Leitungsebene auf die Municipien bzw. Konzentration auf eine Zentralbehörde für alle Nordost-Bundesstaaten).

Die Leitlinien der FINEP zur Projektförderung wurden dahingehend geändert, dass Rückzahlungsperspektiven der geförderten Projekte ein entscheidendes Selektionskriterium wurden. Da dieser Aspekt bei WAVES nicht gefunden werden kann, scheint hier derzeit eine Förderung schwierig.

Klimastationen des Fachbereichs Landschaftsökologie

Die Verantwortung für Auslese und Wartung oblag entgegen den anfänglichen Erwartungen bis zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vollständig dem FB Landschaftsökologie. In der Berichtszeit wurde eine Klimastation von Gilbués an den Stausee Bocaina (Untersuchungsregion Picos-Region) verlegt. Die Daten der Klimastationen wurden dem FB Klimamodellierung zur Verfügung gestellt. Weitere Details sind in den Wartungs- und Ausleseprotokollen zu entnehmen.

2.6 Bibliographie

2.6.1 Eigene Publikationen

- Mörtl, S., Printz A., Voerkelius, U. (1999). Integration of research results on the regional level by MOSDEL (Poster)
- Voerkelius, U., Printz A., Mörtl, S., Oliveira, V. P.V., Castro, A. A. J. F., Trepl L., Haber, W., (1999). Integration of research results on the regional level in the WAVES Project. Vortrag am Deutscher Tropentag im Oktober 1999, Berlin, zur Veröffentlichung
- Hoerauf, Martina (1999). Nachhaltige Landnutzung im semiariden Nordosten Brasiliens am Beispiel des Wassereinzugsgebiets des Stausees Bocaina im Bundesstaat Piauí. Freising (Diplomarbeit)
- Zellhuber, A. (vorauss. 2000). Bewertungsansätze für nachhaltige Landnutzung in Piauí, Nordost-Brasilien, auf Grundlage einer Betriebstypologie, Freising (Diplomarbeit)
- Arnert, R. (vorauss. 2000). Konzeption und Umsetzung multimedialer Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse am Beispiel des WAVES-Projektes, Freising (Diplomarbeit)

2.6.2 Zitierte Literatur

- Bornhöft, D. (1993). Untersuchung zur Beschreibung und Modellierung des Bodenwasserhaushalts entlang einer Agrar- und einer Wald-Catena im Bereich der Bornhöveder Seenkette. - EcoSys Bd. 6.
- Bronstert, A. (1994). Modellierung der Abflussbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. IHW 46: 193 S. Universität Karlsruhe.
- GAF - Gesellschaft für angewandte Fernerkundung (1995). „Endbericht - Fernerkundung und GIS zum Umweltmonitoring für das Projektgebiet Piauí und Ceará im Verbundprojekt WAVES“. München, unveröff.
- Haber, W. (1990). „Basic Concepts of Landscape Ecology and Their Application in Land Management“. In: *Physiol. Ecol. Japan*, 27 (Special Number), S. 131 - 146.
- Hawkins, R. H. (1978). Runoff Curve Numbers with Varying Site Moisture. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 104, 389–398
- Hörmann, G. (1999a). The SIMPEL soil water spreadsheets: defining the low end of hydrologic computing. Ecosystem Research Center Kiel, Germany, <http://www.pz-oekosys.uni-kiel.de>
- Hörmann, G. (1999b). Simpel - Speichermodelle zum Bodenwasserhaushalt; Ecosystem Research Center Kiel, Germany, <http://www.pz-oekosys.uni-kiel.de>
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1998). „Censo Agropecuário 1995-1996, Nº 10. Piauí“, Rio de Janeiro.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1995). „Censo Demográfico 1991. Estado do Piauí“. Rio de Janeiro.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1997). „Contagem da População 1996“. Rio de Janeiro.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (div.). „Internetservice IBGE“: <http://www.ibge.gov.br>
- IBGE (1998). Base de informações municipais (1996). [CD-ROM], Rio de Janeiro
- Lang, R. (1997). Modellierung von Erosion und Nitrataustrag in Agrarlandschaften. FAM - Bericht 19; Shaker Verlag Aachen
- MME - Ministerio das Minas e Energia (1981). „Levantamento de recursos naturais“. Projeto Radambrasil, Volume 23. Jaguaribe / Natal (Folhas SB.24/25), Rio de Janeiro.
- National Engineering Handbook, Appendix E.2.B (Runoff curve numbers for hydrologic soil-cover complexes in Puerto Rico)

-
- Øverland, H. (1990). Einfluss der Landnutzung auf Hochwasserabfluss und Schwebstofftransport. Mitteilungen des Institutes für Wasserwesen 35. Universität der Bundeswehr München. 180 Seiten
- PNUD; IPEA; FJP; IBGE (1998). Desenvolvimento humano e condições de vida: Indicadores Brasileiros, Brasília
- Root, Terry L.; Schneider (1995). Ecology and climate: research strategies and implications, Science, Vol. 269, 21. July 1995, p. 334ff.
- Smith, R. E.; Williams, J. R. (1980). Simulation of the surface water hydrology. In: Knisel, W. G. (ed.): CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. U.S. Department of Agriculture. Conservation Research Report 26, 13–35
- Soil Conservation Service (1972). National Engineering Handbook, Hydrology Section 4, Chapters 4-10. United States Department of Agriculture. Washington D.C., USA.
- USDA (ed.) (1972). SCS National Engineering Handbook Section 4: Hydrology. USDA. Washington. Reprinted March 1985.

2.6.3 Vergleich des Standes des Vorhabens mit der ursprünglichen Planung und Ausblick

Die Erstellung des regionalen Simulationsmodells MOSDEL wurde im Laufe der Bearbeitung zum zentralen Arbeitsinhalt des FB Landschaftsökologie. Dabei stellte sich heraus, dass wesentliche Arbeitsinhalte vom Projektverbund entgegen ursprünglicher Erwartungen nicht abgedeckt werden konnten. Eine der entscheidenden Arbeitsgrundlagen und Eingangsgrößen für das Modell war z.B. die räumliche Definition der aktuellen Landnutzung (s.a. Ermittlung der Landnutzung durch Satellitenbildinterpretation). Nachdem absehbar war, dass die anfangs dafür vorgesehenen brasilianischen Partner nicht innerhalb der notwendigen Zeit die notwendigen Daten liefern konnten, wurde gemeinsam mit der GAF (Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung, München), eine Interpretation einer Landsat-TM-Szene durchgeführt.

Im Laufe der Zusammenarbeit stellte sich heraus, dass die Modellierung des Bodenwasserhaushaltes im Rahmen der bei der AG Bodenkunde durchgeführten Arbeiten dem MOSDEL-Anspruch einer flächendeckenden Aussage nicht genügen konnte. Daher wurde entschieden, dass der Fachbereich Landschaftsökologie zusätzlich diese Aufgabe übernimmt.

Die ursprünglich auf der großen Skala vorgesehenen Arbeiten (räumliche Gliederung, Desertifikation) mussten wegen der umfangreichen Übernahme nicht vorhergesehener Aufgaben für die Bearbeitung in einer weiteren Projektphase verschoben werden.

3 Ergebnisse Dritter, die für das Vorhaben von Bedeutung sind

- keine -

4 Angaben zu Erfindungen und Schutzrechten

- keine -

5 Anhang

RAUM- UND ZEITDIMENSIONEN VON MOSDEL

Der relevante Flächenbezug wurde mit den auf regionaler (Meso-) und Punktebene (Mikroebene) arbeitenden Arbeitsgruppen des Referenzgebietes abgestimmt (s. Kartenanhang: Kartographische Übersichtskarte der Region Picos). Relevante Eingabeflächen sind hierbei folgende:

1. Das Wassereinzugsgebiet des Stausees Bocaina dient vor allem der Validierung der Oberflächenabflussmodellierung. Gleichzeitig wird mit dem Stausee der entscheidende und überprüfbare Oberflächenspeicher der Region einbezogen.
2. Das Wassereinzugsgebiet des Rio Guaribas bis zum Messpunkt Angical (südlich Picos) dient zur Simulation der Grundwasserverfügbarkeit.
3. Munizipiengrenzen mit den 1996 gültigen Gemeindegrenzen der genannten vier Munizipien. Alle Munizipien liegen in der Mikroregion Picos (Piauí-Brasilien). Die gewählte Abgrenzung macht Zeitreihen administrativer Vergleichsdaten von 1985 trotz zwischenzeitlicher Gemeindereformen möglich.

Die benannten Munizipien stellen gleichzeitig auch die gemeinsame Ausgabefläche dar und ermöglichen Vergleiche mit den Simulationsergebnissen des großskaligen Integrierten Modells. Das Wassereinzugsgebiet des Stausees hat eine Größe von ca. 1.000 km². Die Simulationsregion umfasst insgesamt ca. 3.000 km². Die Deckungsunterschiede zwischen den Grenzen der Wassereinzugsgebiete und den Gemeindegrenzen werden jeweils bei der Modellierung berücksichtigt.

Die Aussageschärfe des integrierten Modells ist entsprechend den Eingangsdaten auf den Maßstab 1:100.000 ausgelegt. Das der Simulationsberechnung zugrunde liegende Flächenraster hat die Größe eines Hektars (100 x 100 m).

Als Bezugszeitraum der Eingabedaten wurde die Vegetationsperiode Nov. 1995 – Okt. 1996 festgelegt. Die Prozessauflösung auf unterster Aggregationsebene sind Tagesschritte (Niederschläge, Abfluss). Um typische Niederschlagsabfolgen zu integrieren, wird die Benutzeroberfläche des Modells eine mehrjährige Simulationsfrequenz anbieten. Der Zeitraum eines Jahres ist die entsprechende Zeitgröße für Zwischenbilanzen und Parametereinstellungen.

MOSDEL-DATENINPUT

Die folgenden Eingabeparameter werden in MOSDEL verwendet:

Klimatische Parameter:

- Niederschlag, vier Klimatypen (FB Klimamodellierung) sowie die Referenzperiode 1995/96, Auflösung: Tageswerte

Standörtliche Parameter (Gridraster 100 x 100 m):

- Bodenassoziationen und Terrain Components: AG Bodenkunde, FB Landschaftsökologie
- Landbedeckung: GAF, FB Landschaftsökologie (aus Landsat TM Szene vom 9.7.1996)
- Topografie: LÖK/TK100, Höhenlinienschritte 40m bzw. 50m

Lokale Wasserverfügbarkeit:

- Werte aus WARIG: Grund- und Oberflächenwasserspeicher (Modellbeschreibung siehe WARIG-Text, Bd. 1 sowie Sstatusbericht AG Wassermanagement und -ressourcen)

Landnutzungssysteme:

- Feldfruchtwahl, Anbaumethoden, AG Pflanzenbau und AG Pflanzenernährung, FB Landschaftsökologie
- Betriebstypen: AG Betriebsökonomie, FB Landschaftsökologie
- Landnutzungs-, Landbedeckungsklassen: Landsat TM, 9.7.96 - Auflösung max. 60m, FB Landschaftsökologie

Verfügbare Anbaufläche:

- Landwirtschaftlich genutzte Flächen: GAF, FB Landschaftsökologie (aus Landsat TM)

Landwirtschaftliche Erträge:

- Potentielle Erträge: AG Bodenkunde, AG Pflanzenbau, AG Pflanzenernährung
- Wasserbedarf in der Landwirtschaft: AG Pflanzenbau, AG Regionalökonomie

Ökonomische Bewertung:

- Erzielbare Preise für landwirtschaftliche Erträge und Aufwand, AG Regionalökonomie
- Betriebskennzahlen, AG Betriebsökonomie, FB Landschaftsökologie

DATENOUTPUT

- Veränderungen der regionalen Wasserbilanz (pro Jahr und Gemeinde)
- Ackerbauliche Erträge in t/ha (pro Jahr) sowie t und R\$ pro Betriebstyp / Gemeinde
- Veränderung des Pro-Kopf-Einkommens (pro Jahr und Betriebstyp)
- Veränderungen der verfügbaren Anbaufläche (pro Jahr und Gemeinde)
- Veränderung der Landnutzung (pro Jahr und Gemeinde)

Karten

Nachfolgend oder unter <http://www.loek.agrar.tu-muenchen.de/waves/Kartenintro.html>

Tabellen

Tab. 5: MOSDEL-Betriebstypen, ihre wichtigsten Parameter mit Werten des ersten Durchlaufs

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6
Standort	Chapada	Chapada	Chapada/ Baixio	Chapada/ Baixio	Tal	Tal
Betriebliche Ausrichtung	marktorientiert	Subsistenz	marktorientiert	Subsistenz	marktorientiert	Marktorientiert, Gartenbau
Betriebsgr.	30 ha	2 ha	17 ha	1,5 ha	6 ha	2 ha
Produktionsverfahren	Technologieeinsatz	Einfach	Einfach, Staubbewässerung	Einfach, Staubbewässerung	Einfach, Staubbewässerung	Technologieeinsatz, Tröpfchenbewässerung
Produktionsverfahren	Technologieeinsatz	Einfach	Einfach, Staubbewässerung	Einfach, Staubbewässerung	Einfach, Staubbewässerung	Technologieeinsatz, Tröpfchenbewässerung
Personen	10	5	10	5	7	7
Angebaute Kulturen	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Cashew	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok	Mais (bew.) Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Reis Cashew	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Reis	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Reis	Banane Mango Tomate Paprika Mais (bew.) Reis Cowpea (bew.)
Angebaute Kulturen	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Cashew	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok	Mais (bew.) Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Reis Cashew	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Maniok Reis	Mais (unbew.) Cowpea (unbew.) Reis	Banane Mango Tomate Paprika Mais (bew.) Reis Cowpea (bew.)
Anzahl der Betriebe pro Gemeinde	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6
Bocaina	6	95	6	74	214	30
Picos	176	1471	10	63	1453	283
São João d. Canabrava	12	205	13	170	37	0
Santana do Piauí	31	438	24	253	124	0
Anteilverteilung in %	100	100	100	100	100	100
Cowpea	5	70	13	37	16	12
Mais	2	14	25	37	60	12
Cashew	80	0	42	0	0	0
Cassava	13	16	10	16	0	0
Reis	0	0	10	10	24	25
Tomaten	0	0	0	0	0	7
Mango	0	0	0	0	0	6
Bananen	0	0	0	0	0	27
Paprika	0	0	0	0	0	11

Tab. 6: Gegenüberstellung der Flächenbilanz der beiden Interpretationsschritte de Satellitenbildes

		Picos	Bocaina	Santana do Piauí	São João da Canabrava
Erstes Interpretationsergebnis					
Dauerkulturen	Klassen 13,16	4059	305	602	2799
Wechselkulturen	Klassen 10,12	26432	2542	2540	5456
lbge-Daten Permanente		5710	371	309	888
lbge-Daten Temporária		9512	1497	1089	1993
Differenz Dauerkultur		-1651	-66	293	1911
%		71,09	82,21	194,82	315,20
Differenz Wechselkultur		16920	1045	1451	3463
%		277,88	169,81	233,24	273,76
Ergebnis nach Groundcheck					
Dauerkulturen	Klassen 13,15	3736	265	590	2689
Wechselkulturen	Klasse 12	21399	1934	1979	3822
lbge-Daten Permanente		5710	371	309	888
lbge-Daten Temporária		12031	2061	1385	2959
Differenz Dauerkultur		-1974	-106	281	1801
%		65,43	71,43	190,94	302,82
Differenz Wechselkultur		9368	-127	594	863
%		177,87	93,84	142,89	129,17

Tab.: 7: Interpretierte Landbedeckungs-/nutzungsklassen und ihre CN-Wert-Attributierung

Klassenbezeichnung deutsch	Code Nr.	CN-Werte			
		A	B	C	D
Übergang Baum-Caatinga-Floresta Decidual	6	26	52	62	69
Übergang Floresta Decidual / Cerrado-Übergang	7	30	55	64	71
Dichte Baum-Caatinga	5	34	57	66	73
Offene Baum-Caatinga	4	38	60	69	75
Dichte Strauch-Caatinga	3	42	62	71	77
Offene Strauch-Caatinga	2	46	65	73	79
Auen, Palmsavannen	14	50	67	76	81
Krautige Brachflächen	10	54	70	78	83
Baumfruchtplantagen	13, 15	58	73	80	85
Grasland	11	62	76	83	87
Acker	12	66	79	85	89
Degradationsflächen	9	70	81	88	91
Fels, steinige Böden	8	74	84	90	93
Siedlungen	16	78	87	92	95
Ohne CN-Wert					
Wasser	1				

Tab. 8: MOSDEL-Ergebnis am Beispiel des Munizips Picos

Betriebsstyp	Kultur	Zahl (ha)	Ertrag (t)	Preise (1996) (R\$/t)	Erlös/Kultur	Anbau- verfahren	Kosten (ha)	Kosten ges.	Gewinn/ Frucht	Anzahl Betriebe	Anz. Personen/	Pro Kopf- Ein-
1	Cowpea	263	60,067	659,17	39.594	tractor	-64,20	-16.885	22.710			
	Mais (ubw.)	105	30,147	200	6.029	tractor	-42,80	-4.494	1.535			
	Maniok	685	3260,623	46,84	152.728	tractor	-91,90	-62.952	89.776			
	Cashew	4.217	2479,641	286,67	710.839	tractor	-21,40	-90.244	620.595	176	10	1,14
	Summe	5.270			909.190				734.616			
2	Cowpea	2.058	419,688	659,17	276.646	simple	-22,80	-46.922	229.723			
	Mais (ubw.)	411	104,11	200	20.822	simple	-22,80	-9.371	11.451			
	Maniok	472	2101,531	46,84	98.436	simple	-35,65	-16.827	81.609	1.471	5	0,12
	Summe	2.941			395.903				322.783			
3	Cowpea	20	6,46	659,17	4.258	Simple	-22,80	-456	3.802			
	Mais (ubw.)	33	15,704	200	3.141	Simple	-22,80	-752	2.388			
	Maniok	18	90,691	46,84	4.248	Simple	-35,65	-642	3.606			
	Cashew	70	46,293	286,67	13.271	Simple	-21,40	-1.498	11.773			
	Mais (bew.)	6	24,78	200	4.956	Irrihigh	-749,39	-4.496	460			
	Reis	22	112,067	243,33	27.269	Irrihigh	-766,91	-16.872	10.397	10	10	0,89
	Summe	169			57.143				32.427			
4	Cowpea	34	11,195	659,17	7.379	Simple	-22,80	-775	6.604			
	Mais (ubw.)	34	14,665	200	2.933	Simple	-22,80	-775	2.158			
	Maniok	15	72,443	46,84	3.393	Simple	-35,65	-535	2.858			
	Reis	45	213,537	243,33	51.960	Irrihigh	-766,91	-34.511	17.449	63	5	0,25
	Summe	128			65.666				29.069			
5	Cowpea	1.394	421,829	659,17	278.057	Simple	-22,80	-31.783	246.274			
	Mais	5.230	2409,308	200	481.862	Simple	-22,80	-119.244	362.618			
	Reis	2.093	8265,011	243,33	2.011.125	Irrihigh	-766,91	-1.605.143	405.982	1.453	7	0,27
	Summe	8.717			2.771.044				1.014.874			
6	Cowpea (bew.)	67	78,295	659,17	51.610	Irrihigh	-562,86	-37.712	13.898			
	Mais (bew.)	67	195,331	200	39.066	Irrihigh	-749,39	-50.209	-11.143			
	Reis	141	548,069	243,33	133.362	Irrihigh	-766,91	-108.134	25.227			
	Tomate	39	1009,195	730	736.712	Irrihigh	-1.423,70	-55.524	681.188			
	Paprika	62	1003,599	730	732.627	Irrihigh	-1.423,70	-88.269	644.358			
	Banane	152	2466,21	501,98	1.237.988	Irrihigh	-1.026,85	-156.081	1.081.907			
	Mango	38	204,577	211,59	43.286	Irrihigh	-721,79	-27.428	15.858	283	7	3,39
	Summe	566			2.974.652				2.451.294			

Tab. 9: Liste der im Berichtszeitraum erstellten Geometrien

Geometrie	Datenquelle	Originalmaßstab	Tätigkeit
<u>Gesamtbrasilien:</u> Vegetationskarte Bodenkarte	"Vegetation Map of Brazil", UNEP/GRID 1992 "Soil Map of Brazil", UNEP/GRID 1992	1:5.000.000 1:5.000.000	importiert importiert
<u>Nordostbrasilien:</u> Vegetationskarte Flusssystem Zentralität	Mapa de Vegetação; Projeto Radambrasil, MME/INPE 1973/1981 Mapa de Vegetação, s.o. s. Straßenkarte Piauí u. Ceará	1:1.000.000 1:1.000.000 1:1.000.000 / 1: 500.000	digitalisiert digitalisiert berechnet
Trockenpolygon	"Mapa de Infra-Estrutura de Recursos Hídricos da Região semi-árida Nordeste", DNOCS 1989	1:2.000.000	digitalisiert
<u>Bundesstaat Piauí:</u> Bodenkarte Munizipiengrenzen 1967-1986 Munizipiengrenzen 1987-1988 Munizipiengrenzen 1989-1992 Munizipiengrenzen 1993-1996 Mikroregionen 1967-1996 Makroregionen 1967-1996 Straßenkarte Piauí	"Mapa Exploratório – Reconhecimento de Solos", EMPRAPA-SLNCs 1983 "Estado do Piauí", IBGE 1987 "Estado do Piauí", IBGE 1987 "Malha municipal digital do Brasil", IBGE 1996 "Malha municipal digital do Brasil", IBGE 1996 IBGE (RJ 1992) Divisão regional do Brasil em Mesoregiões e Microregiões Geográficas; Volume 2 IBGE (RJ 1992) Divisão regional do Brasil em Mesoregiões e Microregiões Geográficas; Volume 3 DER-PI	1:1.000.000 1:2.000.000 1:2.000.000 1: 500.000 1: 500.000 1: 500.000 1: 500.000 1:1.000.000	digitalisiert modifiziert modifiziert importiert importiert modifiziert modifiziert digitalisiert
<u>Bundesstaat Ceará:</u> Bodenkarte Vegetationskarte Landnutzung/ Landbedeckung Munizipiengrenzen 1989-1992 Munizipiengrenzen 1993-1996 Straßenkarte Ceará	FUNCEME (via Maike Hauschild) FUNCEME (via Maike Hauschild) FUNCEME (via Maike Hauschild) "Malha municipal digital do Brasil", IBGE 1996 "Malha municipal digital do Brasil", IBGE 1996 SEPLAN, IPLAN, DGC	? ? ? 1: 500.000 1: 500.000 1: 500.000	importiert importiert importiert importiert importiert digitalisiert
<u>Region Picos:</u> Topographische Karten Digitales Geländemodell (Zellenweite 100m) Modifizierte Bodenkarte Marktzugang Picos Höhenlinien Bocaina-Stausee (2,5m) Digitales Geländemodell, Bocaina-Stausee (Zellenweite 10m) Wassereinzugsgebiet d. Rio Guaribas bis Angical Wasserqualität d. Wasserversorgung Landnutzung Picos	Inhuma, Santa Cruz do Piauí, São José do Piauí, Picos, Pio IX, Fronteiras; Diretoria de Serviço Geográfico – Brasil (1972/1973) Topographische Karten der Region Picos (s.o.) Bodenkarte Piauí (s.o.), Digitales Geländemodell Picos (s.o.), Rekodierungstabelle von Dr. T. Gaiser Straßennetz der Topographischen Karten (s.o.) "Barragem de Bocaina", DNOCS (Pi), Hidrotterra S.A. (RJ) Höhenlinienkarte des Stausees (2,5m Höhenlinien) 3° BEC – Picos, DNOCS (Pi), Hidrotterra S.A. (RJ) Digitales Geländemodell Picos (s.o.) GPS-Punkte; aufgenommen von Hydroisotop, Sep. '98 Landsat TM5 v. 9.7.96	1: 100.000 1: 100.000 1: 100.000 1: 100.000 1: 5.000 1: 5.000 1: 100.000 1: 1 30m Auflösung	digitalisiert berechnet berechnet berechnet digitalisiert berechnet berechnet importiert Interpretiert
<u>Region Tauá:</u> Topographische Karten Digitales Geländemodell (Zellenweite 100m)	Várzea do Boi, Tauá; SUDENE, Diretoria de Serviço Geográfico – Brasil (1988) Topographische Karten Region Tauá (s.o.)	1: 100.000 1: 100.000	digitalisiert berechnet

Abkürzungen

AG	Arbeitsgruppe
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DHME	Departamento de Hidrometeorologia (Teresina - PI), Unterabteilung der SEAAB
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DLR/PT	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V./Projektträger
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA / SNLCS	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos
FB	Fachbereich
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GAF	Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung
GIS	Geographisches Informationssystem
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos - SP)
MOSDEL	Model for sustainable development of land use
Munizip	Amts- bzw. Gemeindebezirk, unterste brasilianische Verwaltungsebene auf ruraler Ebene
SCS	Soil Conservation Service (US-Behörde, welche Simulationsverfahren für Oberflächenabfluss entwickelt hat)
SCS	Strategic Cyclical Scaling (Skalierungsverfahren nach Root, Schneider, 1995)
TDR	Time Domain Reflectometry (Verfahren zur Bestimmung des Bodenwassergehaltes mittels elektromagnetischer Wellen)
TROPEN	Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste (Teresina - PI)
UFC	Universidade Federal do Ceará (Fortaleza -CE)
UFPI	Universidade Federal do Piauí (Teresina - PI)
USGS	U.S. Geological Survey