

**DAS INTEGRIERTE LANDNUTZUNGSMODELL MOSDEL**  
**(MODEL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LANDUSE)**  
**(S. Mörtl, A. Printz, U. Voerkelius - TUM/LÖK)**

## 0 VORBEMERKUNG

Die einzelfachlichen Projektergebnisse von WAVES fließen in zwei unterschiedlich integrierenden Modellen ein:

- ‚CACHAÇA‘ (**C**oupled **A**ssessment of **C**limatic, **H**ydrological, **A**gricultural and **C**ultural **A**spects-FB Integrierte Modellierung) wird vor allem die dynamischen Prozesse bzw. deren Rückkopplungen auf großskaliger Ebene darstellen.
- ‚MOSDEL‘ (**M**odel for **s**ustainable **d**evelopment of **l**and use-FB Landschaftsökologie) ist ein GIS-basiertes Simulationsmodell, welches insbesondere die flächenwirksamen Beziehungsgefüge zwischen natürlichen Standortfaktoren sowie Wasser- und Landnutzungsmanagement auf regionaler Ebene aufzeigt.

Letzteres soll gemäß dem aktuellen Stand in der Folge erläutert werden. Da mit dem Begriff „Geographisches Informationssystem“ (GIS) unterschiedliche Assoziationen verbunden sind, sollen vorab folgende Definitionen gegeben werden:

Arc/Info:	Eingesetztes Softwarepaket, mit der sich ein GIS aufbauen läßt. Enthalten sind auch Programmiersprachen und komplexere Tools zur räumlichen Modellierung und geometrischen Datenmanipulation;
GIS	ein Geographisches Informationssystem, das neben den geographischen Daten auch die fachlichen Attribute (bis hierhin nur bessere Datenbank), aber auch programmierte Verknüpfungen/Modelle enthält, welche die Datenbank zu einem Informationssystem machen. Erst die fachlichen Abfragen/Verknüpfungen/Analysen machen aus der Datenbank ein Informationssystem, denn hierdurch werden Informationen gewonnen, die über die Darstellung der Eingabedaten hinausgehen;
MOSDEL	im GIS für ein Focusgebiet implementiertes Simulationsmodell, das umfangreiche Abfragen/Analysen zuläßt; neben der fachlichen Modellierung (z. B. Ertrag im Gebiet bei verschiedenen Nutzungen und klimatischen Randbedingungen) enthält es auch Routinen, die für die Nutzungen aufgrund vorgegebener Kriterien Flächen ausweist.

Ein GIS enthält also neben den geometrischen und fachlichen Daten auch Methoden (Modelle, Verknüpfungsalgorithmen, Bewertungsmatrices), die auf die Daten anwendbar sind. Entsprechend gibt es unterschiedliche Möglichkeiten die GIS-Software zu Nutzen.

Im einfachsten Fall dient es der Ablage von Karten und deren Darstellung nach verschiedenen Gesichtspunkten. Es können aber auch Manipulationen an den Geometrien durchgeführt werden, wie z. B. Verschneidungen, Erzeugung neuer Geometrien über räumliche Abfragen die verschiedene Grundlängengeometrien in Relation zueinander setzen, Erzeugung von digitalen Geländemodellen, Extrapolation von Punktdaten in den Raum über geostatistische Verfahren etc. Hier kommt man schon in den Bereich des Informationssystems. Erfolgen dann fachliche Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Geometrien, kann man von einem echten GIS sprechen. Anwendungsbeispiele dafür wären z. B. die flächenbezogenen Angaben des Bodenabtrages durch Wasser (aus den Layern Nutzung, Boden und Topographie) oder die Darstellung des Kontaminationsrisikos für das Grundwasser.

## 1 MOSDEL-BEGRÜNDUNG UND ZIELE

Das Oberziel des WAVES-Programmes ist die Erarbeitung von Konzepten für nachhaltige Lebensqualität im semiariden Nordosten unter Berücksichtigung veränderter Bedingungen durch 'Global Climate Change'.

Hierfür müssen die komplexen Wirkungszusammenhänge der naturräumlichen Rahmenbedingungen einerseits, sowie der sozioökonomischen Verhältnisse andererseits im Projektgebiet verstanden werden. Insbesondere sind jedoch die entscheidenden Wechselwirkungen zwischen natürlichen und anthropogenen Systeme zu identifizieren und entsprechend sinnvolle Steuerungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Unter Berücksichtigung der beschränkten Wissenslage in Nordost-Brasilien erschien es sinnvoll, die einzelfachlichen Forschungserkenntnisse des Projektverbundes im Referenzgebiet Picos in einem regionalen Simulationsmodell zur Landnutzung zu aggregieren. Mit Hilfe des integrativen, flächenbezogenen, GIS-basierten Ansatzes von MOSDEL werden die relevanten Wirkungsbeziehungen zwischen Standortfaktoren sowie Land- und Wassernutzungsmanagement identifizierbar und quantifizierbar. Das Oberziel des Forschungsverbundes wird auf die regionale Untersuchungsregion als nachhaltige Eigenentwicklung der ländlich geprägten Region Picos übertragen. Hierfür dient die Gegenüberstellung der zentralen Modellzielgrößen 'landwirtschaftliche Erträge' sowie 'regionaler Bedarf' unter Berücksichtigung gesetzter Umweltqualitätsziele. Der Einbezug von Speichergrößen trägt dazu bei, nachhaltige Lebensqualität trotz außergewöhnlicher klimatischer Schwankungen zumindest berechenbar zu machen.

Regionale Auswirkungen, d.h. Neubilanzierungen, welche sich durch integrierte Szenarien (z.B. 'Global climate change') als auch durch veränderte Wasser- und Landnutzungsmethoden ergeben, können simuliert werden.

## 2 RAUM- UND ZEITDIMENSION DES MODELLS

Der relevante Flächenbezug wurde mit den auf regionaler und Punktebene arbeitenden Arbeitsgruppen des Referenzgebietes abgestimmt. Relevante Eingabeflächen sind hierbei:

1. Das Wassereinzugsgebiet des Stausees Bocaina dient vor allem der Validierung der Oberflächenabflußmodellierung. Gleichzeitig wird mit dem Stausee der entscheidende und gleichzeitig überprüfbare Oberflächenspeicher der Region einbezogen.
2. Das Wassereinzugsgebiet des Rio Guaribas bis zum Meßpunkt Angical (südlich Picos) dient zur Simulierung der Grundwasserverfügbarkeit.
3. Munizipiengrenzen mit den 1996 gültigen Gemeindegrenzen von São João da Canabrava, Bocaina, Santana und Picos. Alle Munizipien liegen in der Mikroregion Picos (Piauí-Brasilien). Die gewählte Abgrenzung macht Zeitreihen administrativer Vergleichsdaten von 1985 trotz Gemeinde möglich.

Die benannten Munizipien stellen gleichzeitig auch die (kleinste gemeinsame) Ausgabefläche dar.

Das Wassereinzugsgebiet des Stausees hat die Größe von ca. 1.000km<sup>2</sup>. Das Gesamtsimulationsgebiet umfaßt ca. 3.000km<sup>2</sup>. Die Deckungsunterschiede zwischen den Grenzen der Wassereinzugsgebiete und den Gemeindegrenzen werden jeweils bei der Modellierung berücksichtigt.

Die Kartendarstellung findet in einem quadratischen Darstellungsrahmen mit den folgenden äußeren Eckpunkten statt: 41,774 W / 7,36 S (Südwesten) sowie 40,884 W / 6,5 S (Nordosten).

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 100m).

Als Bezugszeitraum der Eingabedaten wurde die Vegetationsperiode Juli 1995 – Juni 1996 festgelegt.

Die Prozeßauflösung auf unterster Aggregationsebene wird auf Tagesebene gerechnet (Niederschläge, Abfluß). Um typische Niederschlagsabfolgen zu integrieren, bietet die Benutzeroberfläche des Modells eine Simulationsfrequenz von 6 Jahren an. Zwischenbilanzen und Parametereinstellungen werden jeweils in einem Jahresrhythmus fällig.

### 3 METHODEN

MOSDEL verknüpft und integriert fragestellungsbezogene Ergebnisse aus Bewertungsverfahren und Modellläufen unterschiedlicher Fachbereiche auf regionaler Ebene.

Dazu müssen diese einzelfachlichen Ergebnisse, soweit sie auf anderer räumlicher Ebene basieren, zwingend auf die räumliche Ebene von MOSDEL übertragen, d. h. skaliert werden. Die bottom up- und top down-Methode kommen hierbei als klassische Skalierungsverfahren zur Anwendung.

Die bottom-up Methode wird zur Aggregation und Extrapolation punktbezogener Fachbereichsergebnisse angewandt (AG Betriebsökonomie, AG Pflanzenernährung, etc.). Die top down-Methode wurde beispielsweise bei der Disaggregation der Bodenkarte von Piauí (M1:1Mio.) angewandt. Skalierte Ergebnisse werden, soweit möglich, entsprechend dem SCS-Verfahren (Strategic cyclical scaling, ROOT and SCHNEIDER, 1995) an ausgewählten Testpunkten validiert (Regionalisierte Bodenkarte, wasserhaushaltliche Modellierung, ‚ground truth‘ zur Landnutzungsinterpretation aus dem Satellitenbild) und schließlich wieder auf die Gesamtfläche mit erhöhter Datensicherheit extrapoliert.

MOSDEL soll darüber hinaus fallweise Validierungen großskaliger Modellsimulationen von CACHAÇA, bzw. dessen Submodellen ermöglichen.

### 4 DATENINPUT

Standörtliche Parameter (Gridraster 100 x 100m):

- Bodentypen: AG Bodenkunde Hohenheim, LÖK
- Landbedeckung: GAF, LÖK (aus Landsat TM Szene vom 9.7.1996)
- Topografie: LÖK/TK100

Lokale Wasserverfügbarkeit:

- Werte aus WARIG: Grund- und Oberflächenwasserspeicher (Modellbeschreibung siehe WARIG-Text)

Klimatische Bedingungen:

- Niederschlagstypen: PIK

Landnutzungssysteme:

- Feldfruchtwahl, Anbaumethoden, etc.: Hohenheim
- Betriebstypen: Hohenheim
- Landnutzungs-, Landbedeckungsklassen: Landsat TM, 9.7.96 [INPE] - Auflösung max. 30m

Verfügbare Anbaufläche:

- Landwirtschaftlich genutzte Flächen: GAF, LÖK (aus Landsat TM Szene von 1996)

Landwirtschaftliche Erträge:

- Potentielle Erträge: Hohenheim (EPIC-Modell)

Ökologischer Folgenindex:

- Degradation, Desertifikation, Grundwassergefährdung: LÖK/Hydroisotop

Ökonomische Bewertung:

- Erzielbare Preise für landwirtschaftliche Erträge: Holger Hinterthür
- Einkommen

## 5 DATENOUTPUT

- Veränderte Wasserspeicherwerte
- Veränderte verfügbare Anbaufläche
- Veränderte Standortverhältnisse
- Ertragswerte pro Feldfrucht (monetär bewertet)

## 6 WIRKUNGSBEZIEHUNGEN, RÜCKKOPPLUNGEN

Die Integrationsleistung von MOSDEL liegt in erster Linie auf der Verknüpfung unterschiedlicher fachlicher Daten bei gleichem Raumbezug. Hierzu fließen definierte Ergebnisse anderer (Sub-) Modelle ein. Rückkopplungen mit den (Sub-) Modellen sind nicht zwangsläufig automatisiert sondern auf ausgewählte Zeitpunkte und Fragestellungen festgelegt.

## 7 INTEGRIERTE (SUB-) MODELLERGEBNISSE

WARIG - SCS, BOWAMOD, HYMO

EPIC – SOTER

## 8 BESCHREIBUNG DES SIMULATIONS DURCHLAUFES

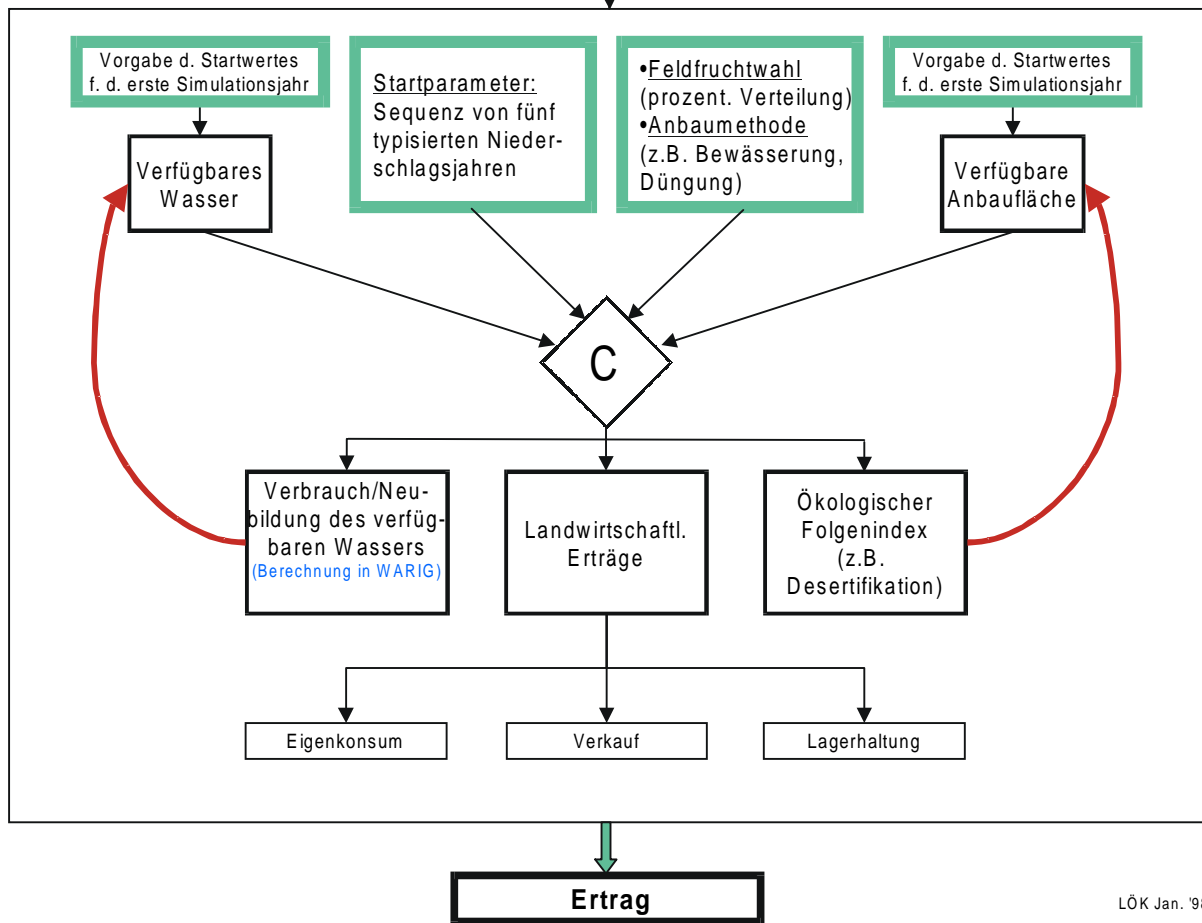
Vor dem Start des Modelldurchlaufes müssen verschiedene Parameter ausgewählt werden:

Startwerte für Wasserverfügbarkeit sind voreinzustellen. Eine beliebige Sequenz definierter Niederschlagstypen wird ausgewählt. Des weiteren werden die verfügbaren Anbauflächen festgelegt. Die Auswahl der Feldfrüchte, deren prozentuale Verteilung auf der Anbaufläche, sowie die Anbaumethode wird für das erste Simulationsjahr bestimmt.

Die Simulation läuft innerhalb des Grid-Moduls von ArcInfo. Für das erste Simulationsjahr werden die Erträge der einzelnen Feldfrüchte für jede Gridzelle (=1ha) ermittelt. Nach dem ersten Simulationslauf ergeben sich neue Startwerte der Wasserverfügbarkeit, der verfügbaren Anbaumittel und der Anbaufläche. Auf Basis dieser neuen Situation werden die Anbauentscheidungen für das nächste Simulationsjahr getroffen. Das zweite Simulationsjahr läuft mit den voreingestellten Klimaparametern ab und die Erträge pro Gridzelle werden erneut ermittelt. Nach dem gleichen Schema wird über den Simulationszeitraum von fünf Jahren verfahren und zum Schluß eine Gesamtbilanz erstellt.

Nach jedem Simulationsjahr werden die Zellen, je nach der Nutzung mit der sie belegt waren, mit einem 'ökologischen Folgenindex'-Wert versehen. Der Index wird entsprechend der Abfolge der Nutzungen im Simulationszeitraum aufaddiert. Die einzelnen Standorte werden mit spezifischen, ihrer individuellen ökologischen Empfindlichkeit entsprechenden Grenzwerten versehen. Wird die Tragfähigkeit eines Standortes überschritten, so wird die Gridzelle in der Folge für bestimmte Nutzungen gesperrt. So können sich nach jedem Jahr die verfügbaren Flächen für bestimmte Bewirtschaftungsformen ändern. Dadurch soll die Degradation von Standorten vermieden werden und dem Ziel der Nachhaltigkeit Rechnung getragen werden.

**MOSDEL-Simulation über 6 Jahre**



LÖK Jan. '98

**10 STAND DER MODELLENTWICKLUNG UND ENTWICKLUNG**

In der Version 0.1 von MOSDEL (April '98) wurden lediglich Erträge unterschiedlicher Feldfrüchte während des Simulationszeitraumes aufaddiert. Wahlmöglichkeiten bestanden nur hinsichtlich dreier unterschiedlicher klimatischer Bedingungen (hohe Niederschläge bei guter Verteilung, hohe Niederschläge bei schlechter Verteilung und niedrige Niederschläge) und zweier Anbaumethoden (high Input, low Input). Landnutzung oder Wasserverfügbarkeit konnte noch nicht ausreichend eingebunden werden. Zur Verdichtung der notwendigen Datengrundlagen wurden einerseits (mit GAF-Unterstützung) Landnutzung und -bedeckung durch Interpretation einer Satellitenbildszene klassifiziert. Damit kann der Modellauf mit den bekannten Eingangsparameter des Jahres 1995/96 erfolgen. Ertragspotentiale für diese Vegetationsperiode wurden bereits vom FB Bodenkunde (Th. Gaiser) zur Verfügung gestellt. Die Gegenüberstellung der Modellergebnisse mit den Werten des Agrarzensus kann zu einer besseren Einschätzung der Datenqualitäten führen.

Die Entwicklung und die Integration von Wasserverfügbarkeit (WARIG), des ökologischen Folgenindex (DESERT), das sozioökonomische Submodul (SOZÖKON), sowie typisierte Niederschlagsjahre, ist für das laufende Forschungsjahr vorgesehen.

Die Steuerung der Modellabfragen und ihre Visualisierung werden über eine interaktive Benutzeroberfläche realisiert.