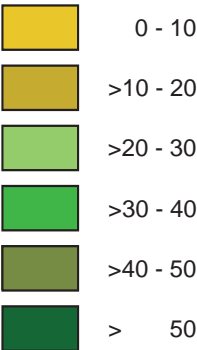
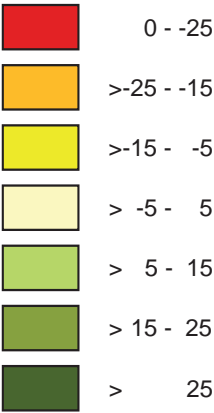


Flächenanteil an der gesamten  
Anbaufläche [%/km²] im Jahr 1995  
Karte 1: Winterweizen  
Karte 3: Silomais



Differenz der Anbaufläche  
2003 zu 1995 [%]  
Karte 2: Winterweizen  
Karte 4: Silomais



GLOBAL CHANGE ATLAS  
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:  
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

2.9.1 Teilprojekt Agrarökonomie  
Landwirtschaftliche Landnutzung und  
Trinkwasserbedarf

Rastergröße: 1 x 1 km²  
Maßstab: 1: 3.800.000



**Datengrundlage:**  
Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung,  
München, 1995  
Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 1998  
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1995  
Statistik Austria, Wien, 1995  
Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, 2003  
EEA, European Environment Agency, CORINE Land Cover,  
Copenhagen, 2005  
DANUBIA-Landbedeckung und Landnutzung

**Autoren:**  
A. Wirsig, T. Krimly, S. Dabbert  
Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre,  
Universität Hohenheim

**Grafik:**  
V. Falck  
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,  
Ludwig-Maximilians-Universität München



## 2.9.1 Teilprojekt Agrarökonomie - Landwirtschaftliche Landnutzung und Trinkwasserbedarf

### 1. Einleitung

Regionalmodelle werden als Instrumente zur Unterstützung von politischen Entscheidungen entwickelt. Agrarökonomische Regionalmodelle dienen den speziellen Entscheidungsfragen des Agrarsektors und repräsentieren in interdisziplinären Projekten die landwirtschaftlichen Akteure. In der landwirtschaftlichen Produktion sind ökonomische und politische Rahmenbedingungen bestimmend für den Faktoreinsatz, die Produktion und das landwirtschaftliche Einkommen (Dabbert et al., 1999). Diese prägen die Landnutzungsstruktur im Zusammenspiel mit den natürlichen Standortbedingungen, wie z.B. dem Niederschlag. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Global Change Szenarien im Einzugsgebiet der Oberen Donau ermöglicht das Agrarökonomische Regionalmodell eine Analyse und Bewertung des Wasserverbrauchs und des wasserqualitätsbeeinflussenden Maßnahmen der Landwirtschaft aus produktionstechnischer und sozioökonomischer Sicht.

### 2. Datenaufbereitung

Grundlage für die Berechnung der Ergebnisse des Agrarsektormodells zur optimalen landwirtschaftlichen Landnutzung sind die auf Landkreisebene aggregierten Acker- und Grünlandflächen des jeweiligen Jahres aus der DANUBIA Landnutzungs-Datenbank (siehe Kapitel 1.3). Ein Disaggregations-Tool verteilt diese landkreisbasierten Ergebnisse auf die in DANUBIA standardisierte Proxelebene.

### 3. Modellbeschreibung

Das Modell *Farming* simuliert Landnutzung, Trinkwasserverbrauch und Stoffeinträge durch die Landwirtschaft. Als Teil der Hauptkomponente *Actor* tauscht sich *Farming* mit den Simulationsmodellen *WaterSupply*, *Biological*, *Soil* und *Atmosphere* aus. Das agrarökonomische Modell in DANUBIA besteht aus drei Grundkomponenten (siehe Abbildung 2.9.1.1):

(1) dem Agrarsektormodell ACRE, das auf Basis statistisch verfügbarer Landkreisdaten arbeitet, (2) einem Regelwerk-basierten Ansatz zur Disaggregation (bzw. Aggregation), der die in ACRE ermittelten landkreisbasierten Ergebnisse für den interdisziplinären Datenaustausch auf den in DANUBIA gemeinsam verwendeten Maßstab des Proxels disaggregiert (bzw. aggregiert) und (3) einem landwirtschaftlichen Akteurmodell, das die landwirtschaftlichen Entscheidungen pro Proxel simuliert.

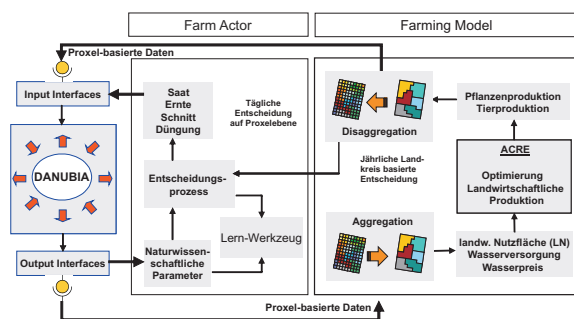


Abbildung 2.9.1.1: Agrarökonomische Modellkomponente.

Im ersten Schritt (1) errechnet das Agrarsektormodell einen optimierten Jahresplan für das nachfolgende Wirtschaftsjahr, der ökonomische Parameter abbildet wie z.B. das Einkommen der Landwirte, den optimalen Anbauplan, die Tierhaltung, die Düngungsmenge und den Trinkwasserbedarf auf Landkreisebene. Das Agrarsektormodell ACRE (Agro-eConomic pRduction model on rEgional level) ist ein nichtlineares prozessanalytisches Modell auf der Basis von Landkreisstatistiken. Seine zeitliche Auflösung beträgt ein Jahr. ACRE basiert auf der Methode der „Positiven Mathematischen Programmierung (PQP)“ (Howitt, 1995; Howitt & Mean, 1999), in einer von Röhm & Dabbert (2003) erweiterten Modifikation, welche unterschiedliche Produktionsvarianten (z.B. verschiedene Produktionsintensitäten) berücksichtigt. Das nichtlineare Optimierungsmodell bildet räumliche Heterogenitäten innerhalb der Landkreise näherungsweise ab. Ziel-funktionsvariable des Modells ist der Gesamtdeckungsbeitrag der Modellregion. Dieser berechnet sich als Differenz aus Erlös und variablen Produktionskosten. Ein wesentliches Ergebnis innerhalb DANUBIA ist die optimierte Landnutzung auf Landkreisebene. ACRE wurde von Winter (2005) in der Hochsprache GAMS (General Algebraic

Modeling System) entwickelt. Zur Aggregation der einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe in den Landkreisen wurde der Regionshofansatz verwendet (Dabbert et al., 1999). Dabei werden die Faktorkapazitäten der dort vorkommenden Betriebe addiert und angenommen, dass der gesamte Landkreis durch einen einzelnen Betrieb repräsentiert wird. Die Abbildungsgenauigkeit des Modells hängt von dessen Kalibrierung, d.h. der genauen Abbildung der Basisperiode ab. ACRE wurde mit statistischen Basisdaten auf das vorgegebene Referenzjahr 1995 kalibriert. Die Basisdaten beinhalten Informationen zum Produktionsumfang der pflanzlichen und tierischen Produktion, zur Produktionsleistung sowie Daten zur sozioökonomischen Situation. Durch Verwendung eines nichtlinearen Regionshofmodells lassen sich die Nachteile linearer Regionshofmodelle wie unrealistische konstante Grenzerträge, die Überspezialisierung des Modells mit eingeschränkten Reaktionsmöglichkeiten sowie sprunghafte Änderung der Organisation bei Szenarienrechnungen überwinden (Röhm & Dabbert, 2003). PQP ermöglicht es zudem, den Produktionsprozess sowie die Verflechtung der einzelnen Produktionsverfahren detailliert darzustellen. Insgesamt sind im Modell 12 Produktionsverfahren in der Tierhaltung, 15 Produktionsverfahren im Pflanzenbau und 2 Grünlandverfahren formuliert. Verkaufsaktivitäten erfolgen modellendogen unter Berücksichtigung der Verflechtungen in den Tierhaltungsverfahren. Zur Simulation von Klima- und sozioökonomischen Szenarien werden Daten anderer Modellkomponenten aus DANUBIA eingelesen, z.B. Ertragsänderungen, die von *Biological* errechnet werden. Als Ergebnis liefert ACRE Daten, die Veränderungen der Produktionsstruktur (z.B. Landnutzung) sowie der sozioökonomischen Situation (z.B. regionaler Gesamtdeckungsbeitrag) beschreiben. In Abbildung 2.9.1.2 sind die Produktflüsse in ACRE vereinfacht dargestellt. Als pflanzliche Produkte werden Nahrungs-, Futter- und Industriepflanzen angebaut. Marktgängige Produkte aus der Pflanzen- und Tierproduktion werden zum Erzeugerpreis verkauft und die Erlöse (Preis x Menge) fließen in den Gesamtdeckungsbeitrag ein. Futterpflanzen werden als Futtermittel in der Tierproduktion eingesetzt. Die Tiere liefern Wirtschaftsdünger; Mineraldünger und Kraftfutter können zugekauft werden.

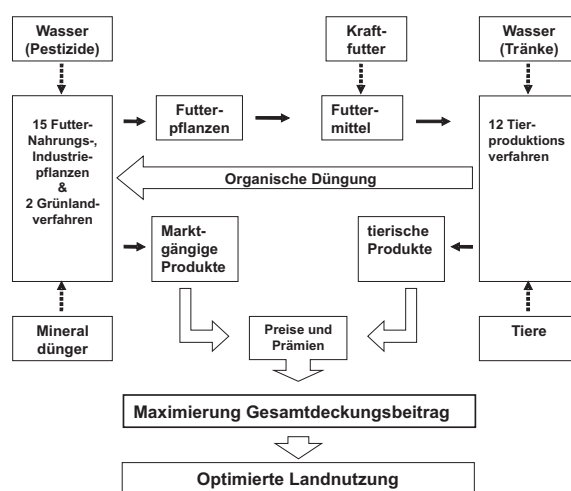


Abbildung 2.9.1.2: Agrarsektormodellierung in ACRE.

In einem zweiten Schritt (2) verteilt das Disaggregations-Tool die landkreisbasierten Ergebnisse des Regionalmodells auf die in DANUBIA standardisierte Proxelebene. Es beinhaltet eine regelwerk-basierte interne Entscheidungsmatrix. Das Regelwerk wurde mit Hilfe räumlicher Information (z.B. Landwirtschaftliche Vergleichszahl, Gemeindestatistik) und Expertenwissen aus Befragungen (z.B. Standortbedingungen, Fruchtfolgen, Betriebsstruktur) entwickelt. Diesen Regeln folgend werden die mittels ACRE ermittelten Anbauflächen der einzelnen Kulturarten in den Landkreisen auf diejenigen Proxel des Einzugsgebietes verteilt, die in der DANUBIA Datenbank als Proxel mit landwirtschaftlicher Nutzfläche gekennzeichnet sind (Herrmann et al., 2003). Fruchtfolgekriterien wird Rechnung getragen, indem der anteilige Anbau jeder Kulturart auf dem Proxel beschränkt wird (z.B. Zuckerrüben max. 25% impliziert eine 4-jährige Fruchtfolge). Auf der Grundlage dieses Regelwerkes erfolgt die Disaggregation der in ACRE ermittelten landkreisbasierten Ergebnisse auf das Proxel, um den inter-

disziplinären Datenaustausch in DANUBIA zu gewährleisten.

In einem letzten Schritt (3) werden tägliche Management-Entscheidungen durch jeweils einen landwirtschaftlichen Akteur pro Proxel simuliert. Der landwirtschaftliche Akteur versucht den von ACRE ermittelten optimalen Anbauplan auf den Proxeln in Abhängigkeit von natürlichen Faktoren wie Niederschlag, Befahrbarkeit und Bodentemperatur zu realisieren. Dabei entscheidet er täglich unter Berücksichtigung der jeweiligen natürlichen Bedingungen über die in unterschiedlichen Zeiträumen anfallenden Feldarbeiten wie Pflügen, Aussaat, Düngung, Ernte bzw. Schnitt und gibt das jeweilige Ergebnis bzw. die geänderte Landnutzung an andere DANUBIA-Modelle (*Soil* und *Biological*) weiter. Auf Basis der von *Biological* innerhalb von DANUBIA gelieferten tatsächlich erzielten Erträge bilanziert der landwirtschaftliche Akteur die realen Erträge und Kosten mit den Ergebnissen des von ACRE kalkulierten optimalen Anbauplans. Weichen die real erzielten Erträge in mehreren Jahren von den in ACRE zugrunde liegenden Ertragserwartungen ab, werden diese Änderungen bei der künftigen Anbauplanung in ACRE berücksichtigt.

### 4. Darstellung der Ergebnisse

Als interdisziplinäres Ergebnis der in DANUBIA modellierten Ertragsänderungen in Abhängigkeit der lokalen Klima- und Bodenbedingungen ergeben sich Veränderungen im Einkommen und der landwirtschaftlichen Landnutzung gegenüber der Referenzsituation. Die Karten 1-4 zeigen den simulierten Anbau von Silomais und Winterweizen im Vergleich zur Ausgangssituation im Jahr 1995. Während die Anbaumengen für Winterweizen auf Proxelebene sowohl Zunahmen wie auch Abnahmen aufweisen, verzeichnet der Anbau von Silomais einen einheitlichen Rückgang. Die Validierung des Modells für das deutsche Einzugsgebiet erfolgte durch eine Ex-Post-Analyse. Für das Jahr 1999 wurde ein geometrisch absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) von 7,68 % für den kostenseitigen Ansatz ermittelt (Winter, 2005). Mit diesem Fehlermaß findet eine quantitative Beurteilung der Prognosegenauigkeit auf Ebene der Landkreise statt. Nach Hazell und Norton (1986) können Werte des vergleichbaren mittleren absoluten prozentualen Prognosefehlers (MapPf) bis 10 % als gut eingestuft werden.

### Literatur

- Dabbert, S.; Herrman, S., Kaule, G. & Sommer, M. (Hrsg) (1999): *Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hazell, P. & Norton, R. (1986): *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. Macmillan Publishing, New-York.
- Herrmann, S., Schuster, H. & Zárate, M. (2003): *Disaggregation agrarökonomischer Daten als Grundvoraussetzung für eine disziplinübergreifende Modellkopplung – Das Beispiel GLOWA-Danube*. Posterpräsentation auf der 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Stuttgart-Hohenheim, 29. September - 1. Oktober 2003.
- Howitt, R.E. (1995): *Positive Mathematical Programming*. American Journal of Agricultural Economics 77(2): 329-324.
- Howitt, R.E. & Mean, U. (1999): *A positive approach to micro-economic programming models*. Workingpaper 6, Department of Agricultural Economics, University of California, Davis.
- Röhm, O. & Dabbert, S. (2003): *Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of Positive Mathematical Programming*. American Journal of Agricultural Economics. 85(1): 256-267.
- Winter, T. (2005): *Ein Nichtlineares Prozessanalytisches Agrarsektormodell für das Einzugsgebiet der Oberen Donau*. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart. <http://opus-ho.uni-stuttgart.de/hop/volltexte/2005/91/pdf/Dissertation.pdf>.