

# Ökosystemforschung in der mitteldeutschen Agrarlandschaft - Stand und Perspektiven

H. Mühle, St. Claus, W. Diepenbrock und K.-J. Hülsbergen

## 1 Charakterisierung der Untersuchungsregion

Das mitteldeutsche Löß-Schwarzerde-Gebiet gehört aufgrund seiner fruchtbaren Böden zu den landwirtschaftlichen Gunststandorten Deutschlands. Die Region ist daher geprägt durch eine intensive ackerbauliche Nutzung auf großen Ackerschlägen.

Dieses Gebiet gehört zu den niederschlagsärmsten Regionen Deutschlands. Die vom Westen heranströmende feuchte Meeresluft staut sich an der Westabdachung des Harzes und verliert dort einen großen Teil ihrer Niederschlagsfracht. Dadurch gelangt nur sehr wenig Niederschlag in die östlich gelegene Ebene. Für dieses sogenannte mitteldeutsche Trockengebiet werden mittlere jährliche Niederschlagswerte zwischen 460 bis 550 mm angegeben (SCHUMANN UND MÜLLER 1995). Diese in Deutschland seltene Kombination von hoher Bodenfruchtbarkeit und geringen Niederschlägen macht das Gebiet für Untersuchungen zu einer umweltgerechten Landbewirtschaftung interessant.

Die Landwirtschaft im mitteldeutschen Raum befindet sich, wie in vielen agrarisch geprägten Regionen Deutschlands auch, in einer zwiespältigen Situation. Einerseits gilt es, landwirtschaftliche Produkte in beträchtlichen Mengen und mit hoher Qualität zu erzeugen, andererseits werden von der Landwirtschaft ökologische Leistungen erwartet, die sich nicht vermarkten lassen. So wird beispielsweise im regionalen Entwicklungsprogramm für den Regierungsbezirk Halle die Querfurter Platte - eine der fruchtbaren Regionen Mitteldeutschlands - als Vorranggebiet sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Trinkwassergewinnung ausgewiesen.

1.	Einzelblatt	6.	Ackerschlag
2.	Kompartiment einer Einzelpflanze	7.	Fruchtfolge
3.	Gesamtpflanze	8.	Landwirtschaftsbetrieb
4.	Mikrobestand an Pflanzen	9.	Landschaft
5.	Versuchsparzelle	10.	Region

Abb. 1: Hierarchische Ebenen in einem Ökosystem

Es erhebt sich die Frage nach einer dauerhaft umweltgerechten Landnutzung, die derartige Konflikte überwinden hilft. Es treten dabei Probleme auf, die auf unterschiedlichen Maßstabebenen und Niveaus eines gedachten hierarchischen Systems zu lösen sind (Abb.1). Durch geschickte Verknüpfung der Ergebnisse verschiedener Ebenen dieses Systems können Aussagen zur Reaktion eines Ökosystems auf höherem Niveau getroffen werden. Auf den Ebenen 1-4 erfolgt im allgemeinen die Erfassung physiologischer Merkmale. Auf diese Weise können Ursache-Wirkungsprinzipien pflanzlicher Reaktionen unter variierenden Klima- und Bodenbedingungen ermittelt werden. Die Untersuchungen auf den Ebenen 5-9 betreffen die Kompartimente Biosphäre-Boden-Atmosphäre sowie deren Interaktionen, und die Ebenen 8-10 schließlich sind geeignet, um die natürlichen, die ökonomischen und die soziologischen Komponenten eines Systems und deren Wechselwirkungen zu ermitteln.

## 2 Verbundprojekte in der mitteldeutschen Agrarlandschaft

In der mitteldeutschen Agrarlandschaft gibt es kein als Institution existierendes Ökosystemzentrum, das vergleichbar wäre mit den Zentren in Göttingen, Bayreuth oder München. Es gibt vielmehr eine Reihe von Verbundprojekten, in denen Mitarbeiter sowohl des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GbmH (UFZ) als auch der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) sowie anderer wissenschaftlicher Einrichtungen kooperierten bzw. noch kooperieren.

Sie sind nachfolgend aufgeführt:

1. Strategien zur Regeneration belasteter Agrarökosysteme des mitteldeutschen Schwarzerdegebietes (STRAS)  
Laufzeit: 01.01.92-30.06.95  
Sprecher: M. Körschens (UFZ), E.-G. Mahn (MLU)  
Förderung durch BMBF und Land Sachsen-Anhalt
2. Stabilität und Belastbarkeit von agrarischen Ökosystemen homogener Areale (STABÖK)  
Laufzeit: 01.01.93-30.04.96  
Leiter: St. Claus (AÖF Quedlinburg), H. Mühle (UFZ)  
Förderung durch BMBF
3. Regeneration hochbelasteter Ökosysteme/Landschaften für eine nachhaltige Landnutzung - der Ballungsraum Leipzig-Halle-Bitterfeld als Modellregion (REGNAL)  
Laufzeit: 01.01.93-30.06.96  
Leiter: K. Henle (UFZ)  
Förderung durch BMBF
4. Untersuchung von Langzeiteffekten des ökologischen Landbaus auf Fauna, Flora und Boden im Ökohof Seeben (boco)  
Laufzeit: 1994-1999  
Leiter: W. Diepenbrock, K.-J. Hülsbergen (MLU)  
Förderung durch die boco-Stiftung
5. Entwicklung von Modellen zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes (REPRO)  
Laufzeit: 1994-1999  
Leiter: W. Diepenbrock, K.-J. Hülsbergen  
Förderung durch BMBF, DBU und Land Sachsen-Anhalt
6. Verbundprojekte des UFZ im PB Agrarlandschaften (Leiterin H. Mühle):
  - 6.1. Nachhaltige umweltschonende Landnutzung unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte (UFZ 1)
  - 6.2. Folgen der Nutzungsänderung für die biologische Vielfalt in Ökosystemen der Agrarlandschaft (UFZ 2)

Die Forschungsarbeiten sind sowohl methodisch (Entwicklung bzw. Vervollständigung von Modellen, Schließen von Wissenslücken) als auch betriebs- oder landschaftsbezogen orientiert. Die unter Punkt 1-3 genannten Verbundprojekte wurden abgeschlossen, die unter Punkt 5 aufgeführten Projekte laufen Ende 1996 aus. Die Ergebnisse der Projekte STRAS und REGNAL (1 und 3) wurden bereits veröffentlicht und auf Tagungen vorgestellt. Hier soll vor allem auf die Resultate aus STABÖK (2), boco (4) und REPRO (5) eingegangen werden. Die Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg bearbeitet und koordiniert die interdisziplinären Forschungsprojekte 4 und 5 mit ökosystemarem Ansatz; beide Vorhaben sind auf die Systemebene des landwirtschaftlichen Betriebes bezogen. Das UFZ befaßt sich stärker mit landschaftsorientierter Forschung.

Die Projekte hängen miteinander zusammen. Die von der Sektion Bodenforschung des UFZ im Rahmen von STRAS erzielten Ergebnisse sowie die grundfinanzierte Entwicklung des Bodenprozeßmodells CANDY waren ebenso wie STABÖK Bestandteil von Verbundprojekt 6.1.

### 3 Forschungsansätze und Ergebnisse

#### **Stabilität und Belastbarkeit von agrarischen Ökosystemen homogener Areale**

Für die Abschätzung der aktuellen Landnutzung sowie von Nutzungsänderungen und deren Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt sind Modelle geeignet, mit deren Hilfe Entwicklung und Wachstum von Pflanzenbeständen, Wasserhaushalt, CO<sub>2</sub>-Haushalt sowie Stickstoffhaushalt im System berechnet werden können (MÜHLE UND CLAUS 1996). Die damit verbundenen Untersuchungen stellen den Inhalt von

Verbundprojekt STABÖK (2) dar. Ziel dieses Projektes war die Charakterisierung und Quantifizierung des Reaktionsvermögens von agrarischen Ökosystemen homogener Areale. Es basierte auf drei Säulen:

- den experimentellen Voraussetzungen
- den theoretischen Arbeiten (Modellierung) und
- dem Ökosystem-Monitoring

Die Stoff- und Energieflüsse im System "Boden-Pflanzenbestand-Schädling-Nützlinge-Atmosphäre" werden mit Hilfe von einem aus Teilmodellen bestehenden Komplexmodell abgebildet. Dieses komplexe Modell stellt ein erweiterbares Netz miteinander verbundener interner und externer Teilmodelle dar. Es umfaßt folgende Modelle:

- das objekt- und ereignisgesteuerte Pflanzenmodell für Wachstum und Entwicklung der Pflanzen
- das Modell für die Ontogenese
- das Modell für den Energie- und Wasseraustausch
- das externe Modell für den CO<sub>2</sub>-Austausch
- das externe Bodenprozeßmodell für Wärme-, Wasser- und Stickstofftransport im Boden und dessen C- und N-Haushalt
- das externe Modell der Wechselwirkungen zwischen Getreideblattläusen und Marienkäfern

Die externen Modelle sind als Prozeduren sogenannter Laufzeitbibliotheken (dynamic link libraries DLL) über problemspezifische Interfaces mit dem Pflanzenmodell gekoppelt.

Mit dem Generieren und Löschen von Kompartimenten ändert das gesamte System im Verlauf der Ontogenese seine Struktur, und damit ändert sich auch die des zugehörigen Systems von Differentialgleichungen. Mit diesen werden die Raten für die Stoffumwandlungen und für die Stoffverlagerungen in den Flußobjekten formalisiert. Diese Raten hängen einerseits von den Zustandsgrößen der Massen, andererseits vom Zustand der Ontogenese und von den Umgebungsgrößen ab. Diese Größen werden über Steuer- bzw. Umweltcharakteristiken eingekoppelt.

Mit dem komplexen Modell ist es möglich, verschiedene Standorte hinsichtlich der Reaktionen von Kulturpflanzenbeständen zu vergleichen, den Einfluß variiert Witterungsbedingungen auf das betrachtete agrarische Ökosystem zu quantifizieren oder auch die Wirkungen erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentrationen abzuschätzen. Damit gewinnen derartige Komplexmodelle an Bedeutung im Zusammenhang mit Untersuchungen von Klimaeffekten, die mit dem in der Atmosphäre erwarteten Anstieg der Konzentrationen sogenannter Treibhausgase verbunden sind.

Tab.1: Einfluß einer erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration auf Zustandsgrößen des Ökosystems

Zustandsgröße	350 ppm abs.	rel.	450 ppm rel.	550 ppm rel.	650 ppm rel.
TM Sproß dt/ha	57	100	100	107	107
TM Korn dt/ha	84	100	112	118	124
TM ges. dt/ha	141	100	109	116	120
Gesamt-N Sproß kg/ha	25	100	100	100	100
Gesamt-N Korn kg/ha	148	100	103	106	105

Im vorliegenden Fall wurde das Komplexmodell für Fallstudien bei Variation der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration von 450, 550 und 650 ppm eingesetzt (Tab. 1). Als Vergleichsvariante diente das Versuchsjahr 1992/93 mit der Witterung von Quedlinburg, die dem langjährigen mittleren Witterungsverlauf dieses Standortes ähnelt. Die durchschnittliche atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration betrug 350 ppm.

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß vor allem die Korntrockenmasse und die Gesamttrockenmasse mit Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration steigen. Das Optimum für die Bildung von Biomasse und vor allem für den Kornertrag scheint noch nicht erreicht zu sein. Das bestätigt Angaben anderer Autoren, die erhöhte wirtschaftlich nutzbare Erträge bei CO<sub>2</sub>-Konzentrationen meist bei Gewächshauskulturen nachwiesen und das Optimum zwischen 700 und 900 ppm angeben (MORTENSEN 1987, IDSO 1989).

Die simulierten Steigerungen der Erträge sollten jedoch nicht verallgemeinert werden, denn sie gelten nur für gleichbleibende Rahmenbedingungen. Derartige Fallstudien sind vor dem Hintergrund möglicher, durch das Treibhausgas CO<sub>2</sub> mitverursachter Klimaänderungen zu interpretieren. CO<sub>2</sub> zählt zu den langlebigen Treibhausgasen, es verbleibt mehr als 100 Jahre in der Atmosphäre und wird wegen der weltweiten Verteilung global wirksam. Es wird damit gerechnet, daß die globalen Veränderungen (BEESE et al. 1993, 1994, 1996) sowohl die mittlere globale Temperatur erhöhen als auch zu Witterungsextrema in verschiedenen Klimazonen der Erde führen. Die zu erwartende Temperaturverteilung auf der Erde ist jedoch noch unklar. Weiterentwickelte Klimamodelle, die für ein engmaschigeres Gitternetz als bisher gelten müßten, könnten zur Abschätzung regionaler Auswirkungen mit derartigen Modellen wie dem hier vorgestellten gekoppelt werden.

Die modular aufgebauten Teilmodelle können zur Charakterisierung und Quantifizierung von biotischen und abiotischen Prozessen im betrachteten System eingesetzt werden. Die Teilmodelle lassen sich auch autonom zur Simulation von Einzelprozessen verwenden. Ein Beispiel dafür liefert das Bodenprozeßmodell CANDY, das an ein geographisches Informationssystem (ARC/INFO) zur Untersuchung von Bodenprozessen in größeren Arealen gekoppelt wird (FRANKO UND SCHENK 1995, FRANKO, OELSCHLÄGEL UND SCHENK 1995). Durch die Überlagerung der Informationsebenen Boden, Witterung und Bewirtschaftung werden homogene Einheiten (Patches) erzeugt, die in Landschaftsausschnitten ein "Mosaik" ergeben und damit die Heterogenität dieses Ausschnittes abbilden. Auf diese homogenen Areale sind eindimensionale Modelle wie das CANDY anwendbar, und es kann eine Simulation von Zielgrößen erfolgen. FRANKO UND SCHENK (1996) haben für die agrarisch genutzten Böden des Landes Sachsen-Anhalt solche Größen wie z.B. Grundwasserneubildung, mittlere jährliche Wasserbilanz, umsetzbarer Kohlenstoff im Boden und Stickstoffnachlieferung berechnet und als thematische Karten bereitgestellt. Diese Informationen bilden eine wichtige Grundlage zur funktionsorientierten Landschaftsbewertung und -optimierung als Voraussetzung für eine umweltgerechte Landbewirtschaftung.

#### **Untersuchung von Langzeiteffekten des ökologischen Landbaus auf Fauna, Flora und Boden im Ökohof Seeben**

In dem von der boco-Stiftung geförderten Forschungsprojekt werden die Wirkungen der Umstellung von konventionell-intensiver auf ökologisch-extensive Landbewirtschaftung unter den Bedingungen des mitteldeutschen Trockengebietes in dem 350 ha großen Landwirtschaftsbetrieb "Ökohof Seeben", der am nördlichen Stadtrand von Halle liegt, analysiert. Der Untersuchungsbetrieb wird nicht als Lehr- und Versuchsgut bewirtschaftet. Damit sind Einfluß- und Steuerungsmöglichkeiten durch die Versuchsansteller ausgeschlossen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist ausreichend groß und gut arrondiert, um mögliche Randeffekte, z.B. durch Abdrift von Agrochemikalien aus benachbarten Betrieben, gering zu halten.

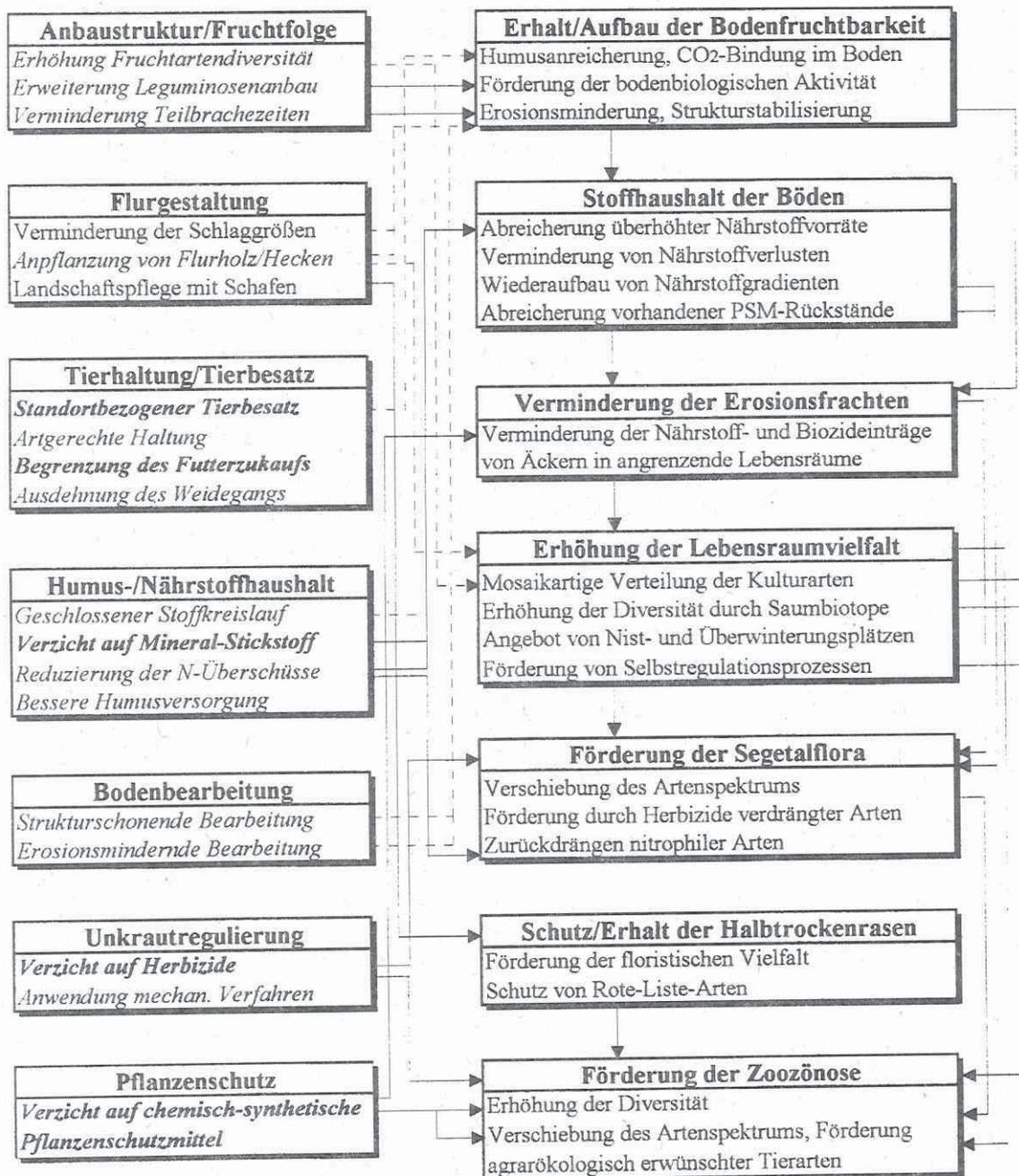
Vor Versuchsbeginn wurden Arbeitshypothesen zu Langzeiteffekten des ökologischen Landbaus formuliert (Abb.2). Die Auswahl der Untersuchungsmerkmale und Analysenmethoden wurde entsprechend den zu erwartenden Langzeitwirkungen getroffen. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes werden gleichbleibende Methoden angewendet, um die Vergleichbarkeit mit den Startwerten zu gewährleisten. Es werden Aussagen zur gegenwärtigen Belastungssituation von Fauna, Flora und Böden, zu möglichen Veränderungen unter dem Einfluß der Extensivierung und Umstellung auf ökologischen Landbau, zu den anzustrebenden Zielzuständen und den dazu notwendigen Bewirtschaftungsmaßnahmen erwartet (DIEPENBROCK UND HÜLSBERGEN 1996).

#### **Entwicklung von Modellen zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes**

Die Untersuchung landwirtschaftlicher Stoff- und Energieflüsse auf der Grundlage von Dauerfeld-, Mikroparzellen- und Lysimeterversuchen ist ein langjähriger Forschungsschwerpunkt des Instituts für Acker- und Pflanzenbau der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. In interdisziplinärer Zusammenarbeit wurde eine Methodik zur Quantifizierung landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe erarbeitet, die eine Grundlage des PC-

**Bewirtschaftungsmaßnahme /  
Bewirtschaftungsumstellung**

**Zu erwartende Langzeiteffekte auf  
Boden, Flora und Fauna**



**Erläuterungen:**

*durch Rahmenrichtlinien des ökologischen Landbaus geforderte Maßnahme*

*durch Rahmenrichtlinien geforderte Maßnahme unter Angabe von Richtwerten*

- ▶ zu erwartende Wirkung bereits realisierter Maßnahmen bzw. Folgeeffekte
- - - - -▶ zu erwartende Wirkung noch nicht / nur unzureichend realisierter Maßnahmen

**Abb. 2: Bewirtschaftungsumstellungen und zu erwartende Langzeiteffekte**

Programms REPRO (HÜLSBERGEN 1991) bildet. Das Modell erlaubt es, Zusammenhänge zwischen der Betriebsstruktur, der Bewirtschaftungsintensität und dem Stoff- und Energiehaushalt zu untersuchen. Somit können die Stoff- und Energieflüsse eines landwirtschaftlichen Betriebes analysiert, bewertet und gesteuert werden. Das Modell REPRO beinhaltet Humus-, Nährstoff-, Futter- und Energiebilanzen innerhalb eines Wirtschaftsjahres (Tab. 2).

Tab. 2: Inhalt des Modells REPRO

Bilanz	Systemebene	Maßeinheit	Literatur
<b>Nährstoffbilanz</b> *)			
Stallbilanz	Tierhaltung	kg N,P,K/ha	HÜLSBERGEN (1990)
Bodenbilanz	Betrieb, Fruchtfolge, Schlag	kg N,P,K/ha	BIERMANN (1995)
Gesamtbilanz	Betrieb	kg N,P,K/ha	HÜLSBERGEN et al. (1996)
<b>Futterbilanz</b> *)	Tierhaltung	MEF**)	BEYER et al. (1988)
<b>Humusbilanz</b>	Betrieb, Fruchtfolge, Schlag	HE/ha**)	LEITHOLD et al. (1996)
<b>Trockenmassebilanz</b>	Betrieb	dt TM/ha	SIEGERT (1983)
<b>Energiebilanz</b>	Betrieb	GJ/ha	KALK et al. (1996)

\*) Die Bilanzierung erfolgt fruchtarten- und tierartenspezifisch, differenziert nach Ackerland und Grünland.

\*\*\*) MEF = Futterenergetischer Maßstab; HE = Humuseinheit = 1 t Humus mit 50-55 kg N und 580 kg C

Zur Bewertung umweltrelevanter Stoff- und Energieflüsse wurden Agrar-Umweltindikatoren und standortbezogen anzustrebende Wertebereiche abgeleitet, die in weiteren Untersuchungen zu präzisieren sind. Landwirtschaftliche Stoff- und Energieflüsse werden durch die Betriebsstrukturen stark beeinflusst. Im Zuge der ab 1950 einsetzenden Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe wurde die Kopplung von Pflanzenbau und Tierhaltung mehr und mehr aufgegeben; die Landwirte konzentrierten sich zugunsten hoher betrieblicher Ergebnisse auf artenarme Fruchtfolgen bzw. auf die Haltung weniger, leistungsstarker Tierrassen. Ökologisch sinnvoll sind jedoch aufgelockerte Fruchtfolgen mit geringem Schaderregerdruck und einem ausgewogenen Verhältnis von Humuszehrern (Halmfrüchte) zu Humusmehrern (Blattfrüchte). Aus diesem Grund werden Optima für den Anteil landwirtschaftlicher Kulturarten an der Ackerfläche, für das Verhältnis von pflanzlicher zu tierischer Marktproduktion und für den Tierbesatz je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche angegeben. Auch für den Stickstoffhaushalt liegen derartige Indikatoren vor, deren Über- bzw. Unterschreitung zu Abweichungen von einer ausgewogenen Stickstoffbilanz führen (Tab. 3).

Mit Hilfe von REPRO kann die Stickstoffbilanz näher untersucht werden. Die Stallbilanz gibt Hinweise zur Effizienz und zum Verlustpotential von Stickstoff, in der Bodenbilanz werden die dem Boden zu- und abgeführten Stickstoffmengen saldiert. Die nach der Humusbilanz zu erwartende Netto-Mineralisation bezüglich Immobilisation kann in die Stickstoffbilanz einbezogen werden. Die Bilanzen werden auf die landwirtschaftliche Nutzfläche, die Ackerfläche, das Grünland, die Fruchtfolge und den Einzelschlag bezogen. Die Gesamtbilanz schließlich erfaßt alle auf Betriebsebene quantifizierbaren Stickstoffzufuhren und -abfuhren. Der Stickstoffsaldo der Gesamtbilanz beschreibt das Gesamt-Verlustpotential an reaktiven Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft.

Mit einer vereinfachten Version von REPRO wurden flächendeckende und räumlich differenzierte Nährstoffbilanzen für die neuen Bundesländer berechnet (BIERMANN 1995). Im Rahmen der Forschungsprojekte "Praktische Ansätze für die Verwirklichung einer umweltgerechten Landnutzung" (gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)) und "Naturschutz in der offenen agrar genutzten Kulturlandschaft am Beispiel des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin" (gefördert durch das BMBF und die DBU) wurden landwirtschaftliche Stoff- und Energieflüsse im mitteldeutschen Trockengebiet und im nordostdeutschen Tiefland untersucht.

Tab. 3: Ausgewählte Agrar-Umweltindikatoren zur Betriebsstruktur, zum Stoff- und Energiehaushalt

	Maßeinheit	Anzustrebender Wertebereich	
		Schwarzerde	Sand
<b>Strukturkennzahl</b>			
<b>Anbaustruktur</b>			
Getreide	% der AF	40 - 60	
Hackfrüchte	% der AF	< 25	< 20
<b>Tierbesatz</b>			
Tierbesatz	fGV/ha LF <sup>*)</sup>	0,8 - 1,2	0,4 - 0,8
Kuhbesatz	Kühe/ha LF	0,3 - 0,4	0,2 - 0,4
<b>Stickstoffbilanz und Stickstoffflüsse</b>			
Futterzukauf	% des Futter-N	< 10	
Mineral-N-Zukauf <sup>**)</sup>	kg N/ha LF	< 50 ; < 100	< 40 ; < 80
<b>N-Bodenbilanz</b>	<b>N-Saldo</b>	<b>kg N/ha LF</b>	
	<b>N-Verwertung</b>	<b>%</b>	
		> 75	> 65
<b>N-Gesamtbilanz</b>	<b>N-Saldo</b>	<b>kg N/ha LF</b>	
	<b>N-Verwertung</b>	<b>%</b>	
		< 75	< 65
		> 50	
<b>Verbrauch fossiler Energie und Energieeffizienz</b>			
Pflanzenbau	GJ/ha LF	< 10	
Tierhaltung	GJ/fGV	< 12	
<b>Energiegewinn</b>			
Pflanzenbau	GJ/ha LF	> 70	> 40
Tierhaltung	GJ/fGV	> 0 <sup>***)</sup>	
<b>Energieintensität</b>			
Pflanzenbau	MJ/GE	< 180	< 280
Tierhaltung	MJ/GE	< 270 <sup>***)</sup>	

\*) fGV = futterbedarfsorientierte Großvieheinheit (BEYER et al. 1988)

\*\*) < 50 (40) kg N/ha LF gilt für Betriebe mit 1 GV/ha Tierbesatz, < 100 (80) kg N/ha LF für viehlose Betriebe

\*\*\*) Dieser Wert gilt für die Milchproduktion bzw. Betriebe mit dominierender Milchviehhaltung. Bei der Fleisch- und Wolleproduktion ist nach KALK et al. (1996) kein Energiegewinn zu erreichen.

Die hier vorgestellten Forschungsansätze und Ergebnisse lassen sich miteinander kombinieren. In das in Verbundprojekt 2 erarbeitete Komplexmodell wurde CANDY bereits einbezogen. Es wird eine zukünftige Aufgabe sein, dieses Komplexmodell mit ARC/INFO zu koppeln, um auch landschaftsorientierte Aussagen über den Stoff- und Energiehaushalt (Evapotranspiration, CO<sub>2</sub>-Austausch, Wärmeabgabe etc.) machen zu können. Es ist weiterhin zu prüfen, ob die Einbeziehung beider Modelle in das Modell REPRO die Aussagen noch präzisiert bzw. erweitert.

#### Literatur

BEESE, F., H. MÜHLE et al. (1993): Welt im Wandel - Grundstruktur globaler Mensch-Umwelt-Beziehungen. Jahresgutachten 1993, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Economica-Verlag: Bonn.

BEESE, F., H. MÜHLE et al. (1994): Welt im Wandel - Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Economica-Verlag: Bonn.

- BEESE, F., H. MÜHLE et al. (1996): Welt im Wandel - Wege zur Lösung globaler Umweltprobleme. Jahresgutachten 1995, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- BEYER, M., A. CHUDY et al. (1988): DDR-Futterbewertungssystem. Deutscher Landwirtschaftsverlag: Berlin.
- BIERMANN, ST. (1995): Flächendeckende, räumlich differenzierte Untersuchung von Stickstoffflüssen für das Gebiet der neuen Bundesländer. Univ. Halle, Diss.
- DIEPENBROCK, W. UND K.-J. HÜLSBERGEN (HRSG.) (1996): Langzeiteffekte des ökologischen Landbaus auf Fauna, Flora und Boden. Beiträge der wiss. Tagung am 25.04.1996 in Halle/Saale.
- FRANKO, U. UND S. SCHENK (1995): Gebietsbezogene Modellierung der Humusakkumulation in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung. In: Berichte der Gesellschaft für Informatik in der Land- Forst- und Ernährungswirtschaft, Kiel, 7, 84-91.
- FRANKO, U., S. SCHENK UND B. OELSCHLÄGEL (1995): Modellierung von Bodenprozessen in Agrarlandschaften zur Untersuchung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen. UFZ-Bericht, Leipzig, 3.
- FRANKO, U. UND S. SCHENK (1996): Modellierung von Stoffflüssen in Agrarlandschaften. UFZ Leipzig-Halle, Sektion Bodenforschung (interner Bericht).
- HÜLSBERGEN, K.-J. (1990): Methodik zur Quantifizierung landwirtschaftlicher Stoffflüsse im System Boden-Pflanze-Tier und Ableitung von Parametern des natürlichen Reproduktionsprozesses als Grundlage rechnergestützter Analysen in Landwirtschaftsbetrieben. Univ. Halle, Diss.
- HÜLSBERGEN, K.-J. (1991): Analyse und Bewertung landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe - Methoden, Untersuchungsergebnisse, Empfehlungen. Kongreß- u. Tag.-ber., Univ. Halle, 22, 62-76.
- Hülsbergen, K.-J. und W. Diepenbrock (1996): Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. Vortrag zur Tagung "Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen", 11./12.7.96 in Wittenberg (Tagungsband im Druck).
- IDSO, S.B. (1989): Carbon Dioxide, Soil Moisture, and Future Crop Production. Soil Sci., 147 (4), 305-317.
- KALK, W. UND K.-J. HÜLSBERGEN (1996): Energiebilanz - Methode und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Vortrag zur Tagung "Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen". 11./12.7.96 in Wittenberg (Tagungsband im Druck).
- LEITHOLD, G. et al. (1996): Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Vortrag zur Tagung "Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen". 11./12.7.96 in Wittenberg (Tagungsband im Druck).
- MORTENSEN, L.M. (1987): Review: CO<sub>2</sub>-Enrichment in Greenhouses: Crop Responses. Scientia Horticult. 33, 1-25.
- MÜHLE, H. UND ST. CLAUS (HRSG.) (1996): Reaktionsverhalten von agrarischen Ökosystemen homogener Areale - Methoden der Beschreibung, Messung und Quantifizierung. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft: Stuttgart Leipzig.
- SCHUMANN, A. UND J. MÜLLER (1995): Klimatologische Kennzeichnung des mitteldeutschen Trockengebietes. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 77, 43-48.
- SIEGERT, W. (1983): Der natürliche Reproduktionsprozeß der Landwirtschaft und Methoden seiner Analyse und Beurteilung. Univ. Halle, Diss.

**UFZ-Bericht Nr. 5/1997**

**Tern-Tagung**

**Terrestrische ökosystemare Forschung  
in Deutschland**

**Stand und Ausblick**

**Tagungsband**

**der Veranstaltung am 27. und 28. November 1996  
im UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle**

**Heidrun Mühle und Svenne Eichler (Hrsg.)**