

# Einfluß der Landnutzung auf den Stoffhaushalt von Agrarlandschaften in der Lößregion Mitteldeutschlands

U. FRANKO, M. RAMSBECK-ULLMANN und S. SCHENK

## Abstract

Agriculture is often responsible for environmental problems- especially in case of nitrogen. Nitrogen cycling is strongly connected with organic matter turnover. That means carbon and nitrogen turnover has to be studied together with the water fluxes in order to characterise land use strategies. In this paper two different landscape units from central Germany are compared by means of modelling techniques. The CANDY model is integrated in a GIS and database environment and provides good possibilities to investigate matter cycling on regional scale.

The regions compared in this study have similar climate conditions and land use patterns.

Despite these similarities results show remarkable differences in nitrogen exports into the environment because of the different water storing capacity of the soils.

## Einleitung

Mit zunehmender Intensivierung sieht sich die Landwirtschaft einem Interessenskonflikt zwischen der Erhaltung der Umwelt und der Steigerung der Erträge ausgeliefert. Eine wichtige Rolle nimmt hierbei der Stickstoff ein - zum einen als entscheidender Nährstoff zum Erreichen hoher und hochwertiger Erträge und zum anderen als wesentlicher Belastungsfaktor für angrenzende Ökosysteme. Der Austrag von Stickstoff aus dem Agrarbereich in die Atmosphäre oder in das Grundwasser ist eine wesentliche Kenngröße von Landnutzungssystemen. Man kann dieser Größe auf regionaler Ebene eine Indikatorfunktion zuordnen. Eine nachhaltige Landnutzung in einer Agrarlandschaft begrenzt den Stickstoffaustrag auf die Größe der Stickstoffeinträge auch durch Deposition. Für langfristige Auswertungen von Systemen nahe des Fließgleichgewichtes kann man

diese Größe über N-Bilanzen ermitteln. Bei Änderungen der Landnutzungssysteme und/oder der Umweltbedingungen gibt es jedoch ebenfalls Änderungen in der organischen Bodensubstanz, die eine wesentliche Rolle bei der Speicherung und Freisetzung von Nährstoffen spielt. Die Menge der organischen Bodensubstanz wird durch den  $C_{org}$ -Gehalt im Boden charakterisiert. Daraus wird deutlich, daß Kohlenstoff und Stickstoff neben dem Wasser als Transportmedium wesentliche Größen für den Stoffhaushalt von Agrarlandschaften darstellen, deren Dynamik mit Hilfe von Simulationsmodellen gut untersucht werden kann.

Es zeigt sich in vielen Untersuchungen, daß nur eine langfristige Betrachtung der Umsatz und Transportprozesse im Boden geeignet ist, um das zugrunde liegende Ursache-Wirkungsgefüge aufklären zu können. Nur durch mehrjährige Untersuchungen lassen sich systembedingte Trends in den klimabedingten Variationen erkennen.

Vor allem nach Änderungen der Bewirtschaftungssysteme - wie zum Beispiel in der Landwirtschaft Ostdeutschlands infolge der Wiedervereinigung - steht die Frage nach der Richtung in die sich wesentliche Systemeigenschaften, wie der Humusgehalt entwickeln. Gleichzeitig entsteht die Frage, ob aktuell beobachtete Stickstoffausträge als Ursache aktueller Wirtschaftsweisen oder als Folge vorangegangener Landnutzung zu interpretieren sind. Bei diesen Fragen spielt neben dem Intensitätsniveau der untersuchten Systeme immer der Standort eine wesentliche Rolle.

In der vorliegenden Arbeit werden die Stoffflüsse für zwei Agrarlandschaften in der Lößregion Mitteldeutschlands mit Hilfe von Modellsimulationen untersucht und einander gegenübergestellt. Die Analysen beziehen sich dabei auf den Zeitraum der 80er und 90er Jahre.

Beide Gebiete unterschieden sich in ihrer Größenordnung, sodaß in beiden Fällen unterschiedliche Methoden zur Abbildung der Landnutzung eingesetzt wurden. In jedem Fall bestand jedoch das Ziel, die reale Nutzung für diese Zeit bestmöglich zu rekonstruieren.

## Material und Methoden

### Modellierung

Die Modellierung des Stoffhaushaltes erfolgte unter Verwendung des CANDY-Systems. Die eigentliche Simulationssoftware ist dabei in eine Umgebung aus Datenbank- und Geografischem Informationssystem (GIS) eingebettet. Das GIS ermöglicht die Verarbeitung räumlicher Informationen. So können die richtigen Bodenparameter mit den zutreffenden Bewirtschaftungsmaßnahmen und Wetterinformationen zusammengeführt werden. Das Datenbanksystem wurde auf einem SQL-Server implementiert und soll eine Reihe von Funktionen erfüllen:

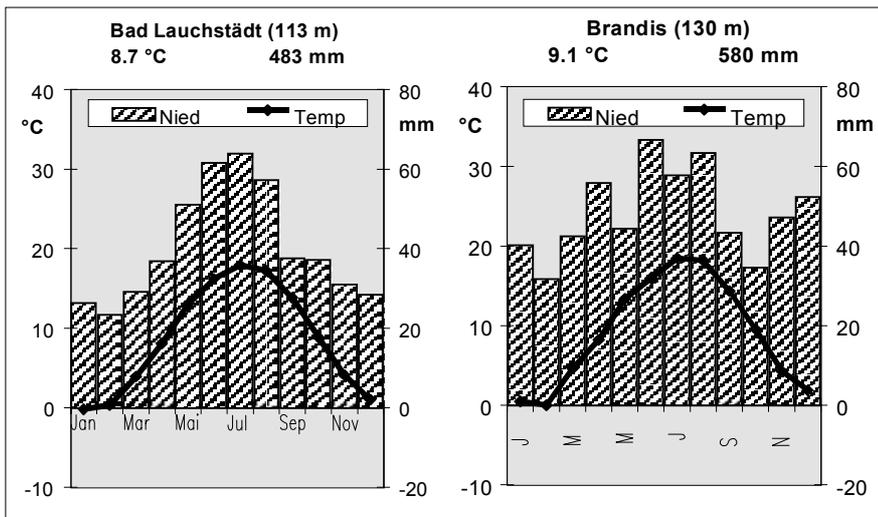
- Verwaltung der primären Daten

Die primären Daten umfassen neben der Geometrie der Boden- und Landnutzungskarten die Attribute der kartierten Objekte. Im Fall der Bodenkarte sind dies die vergesellschafteten Bodenformen, deren Profilaufbau und die physikalischen Parameter der einzelnen Bodenhorizonte. Die Objekte der Landnutzungskarte sind reale Acker-schläge oder andere als homogen angesehene Bewirtschaftungseinheiten. Jedes Landnutzungsobjekt wird neben fixen Informationen (Name, Startbedingungen usw.) durch eine Zeitreihe von Bewirtschaftungsmaßnahmen charakterisiert. Die eigentliche Datenpflege erfolgt mit Hilfe des CANDY-Systems. Anschließend werden die Datenbestände den geographischen Objekten der Landnutzungskarte zugeordnet und in die Datenbank importiert.

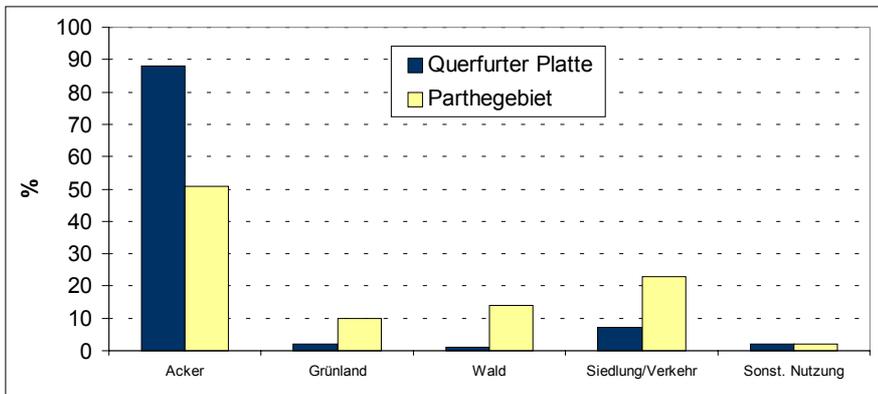
**Autoren:** Dr. Uwe FRANKO, Dr. Mignon RAMSBECK-ULLMANN und Dr. Stefan SCHENK, UFZ Leipzig-Halle, Sektion Bodenforschung, Theodor Lieser Straße 4, D-06120 HALLE

**Tabelle 1: Ableitung von Bewirtschaftungsdaten - Methodenvergleich**

Kriterium	Querfurter Platte	Parthegebiet
Bearbeitungsmaßstab (Top. Karte)	1 : 25.000	1 : 25.000
Grundlage für Festlegung von Bewirtschaftungseinheiten	Herstellung einer digitalen Schlagkarte (Vorlage: Grundlagenkarten Landwirtschaft, 1985-87)	CIR-Biotoptypenkartierung (Sachsen, 1994)
Auflösung verfügbarer Landnutzungsinformationen	Schlag	Landkreis
Ableitung schlagbezogener Daten	Schlagbezogener Datenspeicher DASKE (1981-89), Betriebserhebung (1990-96)	Kreisstatistik, Ableitung und Übertragung von Standardfruchtfolgen



**Abbildung 1: Klimadiagramme Bad Lauchstädt (Querfurter Platte) und Brandis (Parthegebiet)**



**Abbildung 2: Vergleich der Landnutzung Querfurter Platte und Parthegebiet**

- Organisation der benötigten Simulationsobjekte  
Das CANDY-Modell berechnet den Zeitverlauf für vorzugebende Zustandsgrößen aus einer eindeutigen Kombination von Boden-Klima- und Landnutzungsinformationen. Durch die Geometrie der Region und infolge der Behandlung von Bodenvergesellschaftungen kommt es zu Wiederholungen in den oben genannten Kom-

binationen. Das heißt verschiedene geographische Objekte haben den gleichen Informationsgehalt. Um die Effektivität des Systems zu steigern, werden aus den geographischen Objekten eindeutige Simulationsobjekte herausgefiltert. Die Liste dieser Objekte stellt die Simulationsaufgabe dar, die mit Hilfe von mehreren vernetzten PC's abgearbeitet werden kann.

- Verwaltung der Simulationsergebnisse

Nach Abschluß der Simulationsrechnungen liegen die Ergebnisse für die mehr oder weniger abstrakten Simulationsobjekte vor. Für den Anwender sind diese Daten durch entsprechende SQL-Abfragen den gewünschten geographischen Objekten zuzuordnen. Mit Hilfe eines unter DELPHI entwickelten User-Interface ist der Anwender in der Lage relativ komplexe Analysen des Datenmaterials durchzuführen. Die Inputdaten, Parameter und Ergebnisse können in Kartenform dargestellt werden. Gleichzeitig können die Ergebnisse für einzelne Objekte als Zeitreihe dargestellt werden. Beide Darstellungsformen sind miteinander verbunden: Der Klick auf einen Punkt der Karte liefert das entsprechende Diagramm der Zeitreihe und der Klick auf einen Punkt der Zeitreihe produziert die Kartendarstellung für diesen Zeitpunkt.

**Charakteristik Untersuchungsgebiete**

Die Untersuchungsgebiete für diese Arbeit befinden sich auf der Querfurter Platte westlich von Halle bzw. im Parthe-Einzugsgebiet südöstlich von Leipzig. Rund die Hälfte des Parthegebietes wird von pleistozänen bis 20 m mächtigen Muldeschottern eingenommen, worüber Geschiebelehm lagert, der von Lößlehm verhüllt ist. Vorherrschende Bodentypen sind Braunerden, Staugleye, Parabraunerden und Gleye. Südwestlich und nordöstlich der Schotterebene lagern Geschiebesande und -lehme über tertiären Tonen. Hier kam es zur Bildung von Pseudogleyen.

Die mittlere Feldkapazität in 0-1 m Tiefe beträgt im Mittel 160-180 mm, der mittlere Feinanteilgehalt (Ton + Feinschluff) ca. 20 % in 0-30 cm.

Die wichtigste Bodenform auf dem Gebiet der Querfurter Platte ist die Löß-Schwarzerde, die sich im wesentlichen geländeabhängig in der Mächtigkeit der Lößauflage differenziert.

Bei durchgehendem Löß beträgt die Feldkapazität bis 1 m Bodentiefe etwa 300-320 mm.

Davon sind etwa 180-200 mm nutzbar. Typische Tongehalte bewegen sich zwischen 18 und 20 %, der Feinanteilgehalt liegt zwischen 26 und 30 %.

Zur Verdeutlichung der klimatischen Unterschiede der Regionen werden exemplarisch zwei Klimadiagramme für die Stationen Bad Lauchstädt und Brandis dargestellt. Die Spannweiten des mittleren jährlichen Niederschlags für die Gesamtregionen bewegen sich auf

**Tabelle 2: Vergleich wichtiger Kenngrößen des Gebietshaushaltes für das Parthe-Gebiet und das Gebiet auf der Querfurter Platte**

Gebiet	umsetzbarer Kohlenstoff (dt/ha)	jährliche N-Nachlieferung (kg/ha)	jährliche N-Verluste (kg/ha)	Anteil der Auswaschungsverluste (%)	jährliche Grundwasserbildung (mm)
Querfurter Platte	217	52	44	11	44
Parthegebiet	294	78	108	51	111

der Querfurter Platte zwischen 475 und 560 mm bzw. zwischen 520 und 660 mm im Parthe-Einzugsgebiet, wo die Winter-niederschläge einen deutlich größeren Anteil einnehmen.

Das Landschaftsbild im Parthegebiet ist zunehmend urban geprägt (Wachstum der Stadt Leipzig in die Peripherie). Dominierend ist der wenig strukturierte Ackerbau mit großen Schlägen. Nur im Quellgebiet ist ein Vorherrschen des Waldes aufgrund für den Ackerbau schlechter Böden zu erkennen. Grünland dominiert im Auenbereich mit kleinen Erlenwäldern.

Die Querfurter Platte ist eine stark ausgeräumte Landschaft, in der überwiegend intensiv genutzte Ackerflächen etwa 90 % Flächenanteil einnehmen (vgl. *Abbildung 2*).

**Ableitung der Bewirtschaftungsszenarien**

Bei der Ableitung von Bewirtschaftungsszenarien wurden für die beiden beschriebenen Regionen aufgrund der je-

weiligen Datenverfügbarkeit verschiedene Wege beschritten, die sich in unterschiedlicher geographischer und inhaltlicher Detailliertheit der agrarischen Nutzungsdaten äußern (vgl. *Tabelle 1*).

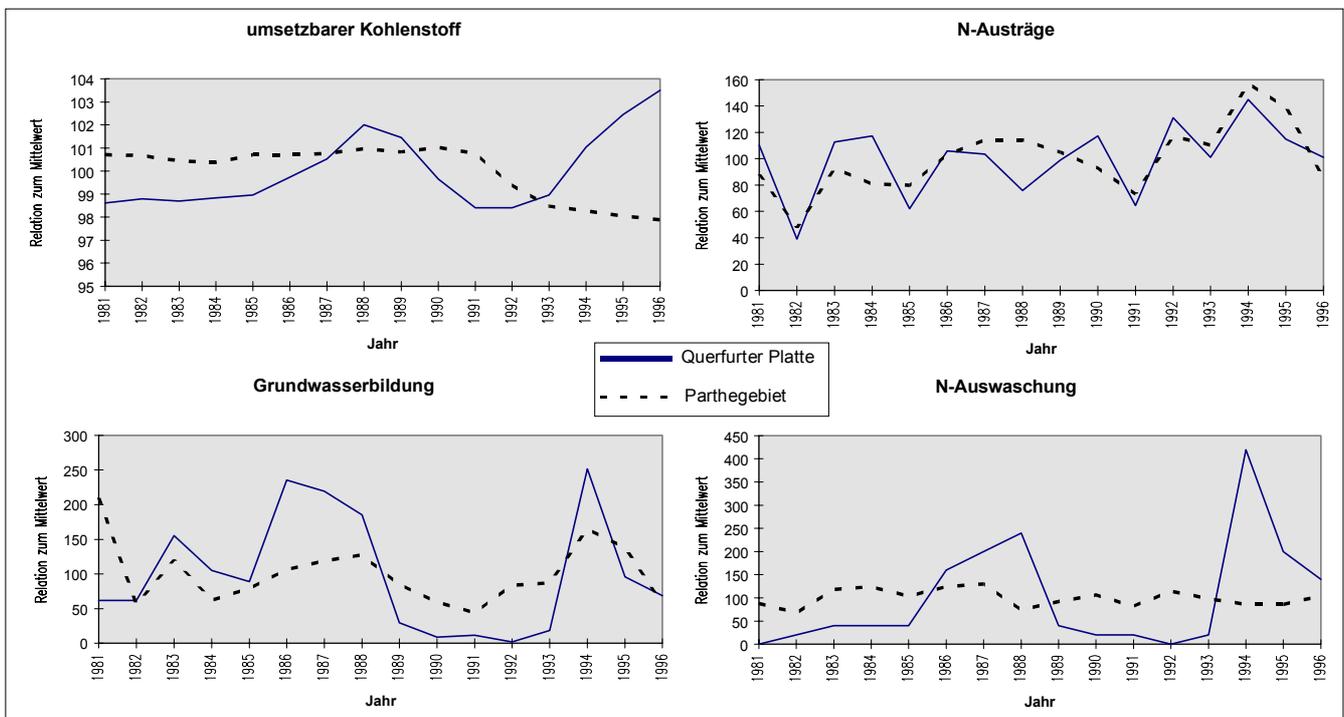
**Ergebnisse**

Zum Vergleich der Stoffflüsse in beiden Gebieten wurden in *Tabelle 2* einige wesentliche Kenngrößen als Mittelwert über den gesamten Zeitraum von 1981 bis 1996 zusammengestellt.

Der zeitliche Verlauf ausgewählter Größen ist in *Abbildung 3* dargestellt. Es wird deutlich, daß mit der höheren Wasserversickerung in den Böden des Parthegebietes eine stärkere N-Auswaschung erfolgt. Wesentliche Standortmerkmale sind hier die geringere Wasserspeicherkapazität der Böden gemeinsam mit den zusätzlichen Niederschlägen ausserhalb der Vegetationsperiode. Auch die N-Verluste insgesamt sind im Parthegebiet deutlich höher als auf den Schwarzerdeböden im Raum Querfurt. Die dort festgestellte geringere N-Nach-

lieferung aus den organischen Düngern und der organischen Bodensubstanz ermöglicht einen effizienteren N-Einsatz für die Bestandesführung, sodaß die N-Austräge insgesamt niedriger sind als die Einträge aus sonstigen Quellen. Damit wird auf diesem Gebiet ein wesentlicher Indikator für eine nachhaltige Bodennutzung erfüllt.

Der Trend der Stickstoffverluste ist in beiden Gebieten zunehmend. Die seit 1989 vorgenommenen Änderungen in der Bewirtschaftung machen sich also noch nicht bemerkbar. Die Humusversorgung im Raum Querfurt ist trotz rückläufiger Tendenzen im Tierbesatz zunehmend, da Koppelprodukte jetzt in den Boden eingearbeitet werden. Nach Erreichen des Gleichgewichtsniveaus muß hier mit einer Zunahme der Nettomineralisierung gerechnet werden. Umgekehrt führt der Rückgang des Humuspools im Parthegebiet aktuell zu einer erhöhten Nettomineralisierung, die bei der Bemessung der Düngergaben besser berücksichtigt werden sollte.



**Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf wichtiger Kenngrößen des Gebietshaushaltes in Relation zum Mittelwert**





