

# Prognose der diffusen N-Austräge in das Grundwasser aus den Agrarflächen Sachsen-Anhalts

Uwe Franko, Martina Puhlmann, Ina Prutzer

Department Bodenphysik  
UFZ Leipzig-Halle GmbH  
Theodor-Lieser-Str 4  
D- 06120 Halle  
uwe.franko@ufz.de  
martina.puhlmann@ufz.de  
ina.prutzer@ufz.de

**Abstract:** Der Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die methodischen Grundlagen zur Ermittlung künftiger Potentiale zur Reduktion der diffusen N-Austräge aus den Agrarflächen in Sachsen-Anhalt. Dargestellt werden der generelle Lösungsweg, Aspekte der EDV-technischen Umsetzung und die erreichten Ergebnisse. Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wurde durch das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt mit Mitteln des Europäischen Strukturfonds (EFRE) und des Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit des Landes Sachsen-Anhalt gefördert.

## 1 Einleitung

Im Rahmen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie rücken Fragen zur möglichen Minderung der diffusen N-Austräge aus landwirtschaftlichen Systemen in den Mittelpunkt. Im Rahmen eines vom Land Sachsen-Anhalt vergebenen Projektes wurde eine Methodik entwickelt, um die N-Austräge aus Acker- und Grünland zu modellieren und deren Trend für verschiedene Entwicklungsszenarien zu prognostizieren. Im folgenden wird die Ableitung der Szenarien, der Aufbau des GIS und die benutzte Technik zur Organisation der Simulationsläufe kurz beschrieben.

## 2 Ableitung der Szenarien

In einer Vorbereitungsphase wurden die Daten von 22 Bodendauerbeobachtungsflächen des Landes Sachsen-Anhalt mit dem CANDY-Modell bearbeitet, um standörtlich angepasste Parameter für die Berechnungen im gesamten Bundesland zu erhalten. Für diese Modellkalibrierung standen neben Klima-, Boden- und Bewirtschaftungsdaten Untersuchungsergebnisse zum Bodenwasserhaushalt und zur N-Dynamik von 1996 - 2003 zur Verfügung.

Grundlage zur Abbildung der Landnutzung waren die agrarstatistischen Angaben von 2003, die von der Ebene der Landkreise auf die der Bodenregionen übertragen wurden. Aus der Agrarstruktur der Bodenregionen wurden dann ‚virtuelle Betriebe‘ konstruiert. Eine Betriebsstruktur ist hierbei durch eine Acker-Fruchtfolge und in Abhängigkeit von der betriebswirtschaftlichen Ausrichtung durch den Grünlandanteil und den Tierbestand charakterisiert. Die Aufstellung von Fruchtfolgen und die Zuordnung der verschiedenen Formen der Grünlandnutzung erfolgte entsprechend dem Anbauverhältnis der ausgewählten Bodenregion unter Berücksichtigung der praxisüblichen Regeln. Die Zuordnung der Tierbestände erfolgt als Anzahl Rinder bzw. Schweine in der Fruchtfolge einschließlich des zur Betriebsstruktur gehörenden Grünlandanteils.

Für alle benutzten Fruchtarten wurden Mustertechnologien aufgestellt, in denen die für die CANDY-Simulation notwendigen Daten des Agrarmanagements (Bodenbearbeitung, Anbaudaten, Düngeterminen) abgebildet sind. Die Zielderträge werden auf Grundlage der Statistikdaten zur Ausführzeit an die jeweiligen Standortbedingungen angepasst. Die Mineral-N-Düngung wird durch CANDY nach dem praxisüblichen Verfahren der Düngeberatung ( $N_{\min}$ -Methode) ermittelt. Dazu wurde CANDY um ein Düngemodul erweitert, das auf der Basis der simulierten  $N_{\min}$ -Werte die zu applizierende N-Düngung für maximal vier Termine berechnet. Die dafür notwendigen Parameter betreffen Pflanzen, org. Dünger und Bodendaten. Sie sind zusätzlich zu den Standard-Parametersätzen erforderlich, können aber über das Anwender-Interface gepflegt werden. Die jeweiligen Düngemengen werden aktuell zur Laufzeit bestimmt, wobei auch die Applikation einer Null-Menge erfolgen kann. Die Simulation der Grünlandnutzung erfolgt mit einem ebenfalls zusätzlichen Grünland-Modul, das sowohl Wiese als auch Weidenutzung mit Viehauf- und -abtrieb abbildet [Sc04].

Als Anfangsbedingungen für den Herbst 1990 wurden die typischen  $N_{\min}$ -Verhältnisse [Kö88] und der in einem vorangegangenen Projekt [Fr97] modellierte Humusstatus benutzt. Davon ausgehend wurde bis 2003 die aktuelle Landnutzung simuliert, die als ‚baseline‘ Szenario bis 2030 fortgesetzt wurde.

Um den Einfluss potenzieller Landnutzungsänderungen ermitteln zu können, wurden weitere Szenarien zur Flächenstilllegung, zur Grünlandextensivierung, zur Ausweitung des Ökologischen Landbaus und zur Reduktion der Mineraldüngerapplikation aufgestellt und unter Fortsetzung der Fruchtfolgen bis zum Jahr 2030 simuliert.

### **3 Regionalisierung - GIS**

Die Gliederung der Landesfläche entsprechend ihren natürlichen Standortbedingungen erfolgte auf Grundlage der Karte der Bodenlandschaften im Maßstab 1:200.000 von Sachsen-Anhalt. Mit der Aggregierungsstufe der Bodenregionen konnte das Land Sachsen-Anhalt in fünf verschiedene naturräumlichen Einheiten unterteilt werden, die eine sinnvolle Zuordnung der auf Kreisebene vorliegenden Agrarstrukturen ermöglichte. Im Gegensatz zur klassischen Naturraumdefinition wurden hier die naturräumlichen Einheiten ausschließlich über den Boden abgegrenzt. Begründet wird diese Vorgehensweise damit, dass CANDY auf Basis von Boden- und Klimadaten arbeitet und somit die Bodeneigenschaften wesentlich die zu simulierenden Umsatzprozesse im Boden beeinflussen. In Abhängigkeit vom prozentualen Flächenanteil eines Kreises an einer Bodenregion fließt die Agrarstruktur dieses Kreises flächengewichtet in die zu ermittelnde Agrarstruktur der Bodenregion ein. Zur Charakterisierung der Bodenregionen bezüglich ihrer Landbewirtschaftung wurden die Anbaufläche und Erträge der Fruchtarten, die Flächen je betriebswirtschaftlicher Ausrichtung und die Tierbestände als Gesamtstückzahl je Tierart aus den agrarstatistischen Angaben entnommen.

Neben den fünf Bodenregionen wurden sieben Klimagebiete definiert, deren Wetterverlauf (Tageswerte von Niederschlag, Lufttemperatur und Globalstrahlung) durch jeweils eine Wetterstation bestimmt wird. Eine weitere regionale Untersetzung der Niederschlagsheterogenität erfolgte durch das Zuweisen von Niederschlagsfaktoren zu den einzelnen Patches. Diese Faktoren modifizieren den aktuellen Niederschlag zur Ausführzeit. Sie wurden auf der Basis einer Rasterkarte des DWD zu langjährige Mittelwerten des Jahresniederschlags berechnet. Für alle Prognoseszenarien wurde der CANDY-Wettergenerator, parametrisiert auf der Datenbasis von 1973-2003, eingesetzt. Die durch Verschnitt der Ebenen ‚Bodenlandschaft‘, ‚Bodenform‘ (BÜK200), Landnutzung (Acker, Grünland nach CORINE Landcover) und Klimagebiete entstandenen Patches wurden abschließend mit einem Niederschlagsraster (1x1 km; DWD) überlagert, wobei den Patches die jeweiligen Niederschlagsmittelwerte zugewiesen wurden. Auch die Grenzen der Klimagebiete wurden an die Geometrie der Bodeninformation angepasst, um Artefakte zu vermeiden.

### **4 Organisation der Simulationsrechnungen**

Die abgeleiteten Agrarstrukturen der Bodenregionen sind in einer Datenbank abgelegt. Mit Hilfe eines Delphi-Programmes wurden daraus vereinfachte landwirtschaftliche Betriebsstrukturen abgeleitet. Für jedes zu simulierende Szenario wurde eine ACCESS-Datenbank erzeugt, die Bewirtschaftungsabläufe, GIS-Objekte, Szenariodefinition und Simulationsergebnisse als Datenblöcke enthält. Mit Hilfe dieser Datenbank erfolgt gleichzeitig die Steuerung der Simulationsläufe und die Verwaltung der Ergebnisse. Das

CANDY Modell benutzt als Input Parameter, organisatorische Basisdaten der Schläge, Klimadaten, Managementdaten und Messwerte. Die Parameter sind in einer ACCESS-Datenbank zusammengefasst – alle übrigen Daten werden in Form von dBase-Tabellen verarbeitet. Zur Ausführzeit werden die Managementdaten und die Messwerte über SQL-Befehle aus den Inhalten der Szenario-Datenbank generiert. Die ‚Messwerte‘ wurden hier benutzt, um die Anfangsbedingungen für den Herbst 1990 objektspezifisch definieren zu können.

Zur Ergebnisausgabe gibt es verschiedene Optionen. Hier wurde das Modell so gestartet, dass die berechneten Resultate - zu Jahreswerten aggregiert - direkt in die Szenario-Datenbank geschrieben wurden. CANDY kann den aktuellen Wert der Zustandsgrößen in einer binären Status-Datei ‚einfrieren‘. Diese Möglichkeit wurde benutzt, um den Status für 2003 im ‚status quo‘-Szenario festzuhalten. Nach Abschluss der Szenario-Simulation werden diese Dateien aggregiert und ebenfalls in der Szenario-Datenbank gespeichert. Für die Folgeszenarien wurden die Status-Sätze wieder exportiert und CANDY so gestartet, dass die Anfangsbedingungen aus den Binärfiles geladen wurden.

## 5 Ergebnisse

Die Veränderung der N-Auswaschung durch die geprüften Szenarien ist sehr stark von den jeweiligen Standortbedingungen abhängig. Nicht in jedem Fall führen die Umstellung auf Ökolandbau oder die Düngereduktion auch zu reduzierter N-Auswaschung. Im Mittel aller Fälle wird durch den Ökolandbau im Vergleich zur Standardbewirtschaftung nach ‚Guter Fachlicher Praxis‘ eine 50%-ige Reduktion der N-Auswaschung berechnet. Die Reduktion der N-Mineraldüngung um 30% ergibt im Mittel einen Rückgang der N-Auswaschung auf 75%. In Einzelfällen wird hier überhaupt kein Sanierungseffekt erreicht und im anderen Extrem kann die Auswaschung nahezu völlig gestoppt werden.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass durch die Verbindung von punktbezogener Modellkalibrierung an den Dauerbeobachtungsflächen und der beschriebenen Regionalisierung der Agrarstatistikdaten ein relativ gut handhabbares System zur großräumigen Analyse der Auswirkung von Landnutzungsänderungen geschaffen wurde, das auch für andere Fragestellungen – wie z.B. Prognosen zur Entwicklung der Humusgehalte – anwendbar ist.

## Literaturverzeichnis

- [Fr97] Franko, U. et al.: Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf den N-Austrag aus Agrarökosystemen. UFZ-Bericht 10/1997, Leipzig, 1997.
- [Kö88] Körschens, M. et al.: Die Abhängigkeit der  $N_{an}$ -Gehalte im Frühjahr von Bodenart, Witterungsverlauf und Vorfrucht. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd., Berlin 32 (1988) 2, 1988; S. 107-144.
- [Sc04] Schmidt, T.: Integrierte Methodik zur ökologischen und ökonomischen Analyse von Agrarsystemen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. UFZ-Bericht 20/2004, Leipzig, 2004.