

Auswertung von Faktendatensammlungen zur Abschätzung des nutzungs- und bodenbedingten Stickstoffaustrags aus landwirtschaftlich genutzten Flächen

K. Großmann, Eberswalde
G. Adler, Eberswalde
J. Thiere, Eberswalde
F. Rosner, Eberswalde

Zusammenfassung

Faktendatensammlungen, welche seit Mitte der 70er Jahre für den Komplex Pflanze-Boden-Witterung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR verfügbar sind, stellen eine wertvolle Informationsquelle für aktuelle Untersuchungen dar. Mit dem Ziel einer Bestandsaufnahme und der Ableitung von Signalinformationen wird eine Methodik zur Einschätzung des Gefährdungspotentials an Stickstoff entwickelt. Bei der Lösung der Aufgabe wird vom Zusammenhang von Standort- und Produktivitätseigenschaften ausgegangen. Das Intensivierungsniveau der Pflanzenproduktion und die dazu korrespondierenden Kennzahlen des Bodens bezüglich der Auswaschungseigenschaft und damit der Austragungsgefährdung in den Untergrund und das Grundwasser sind die Zielgrößen für die Bereitstellung von Entscheidungshilfen.

1 Zielstellung

Neben den bereits laufenden Arbeiten zur Erfassung des derzeitigen Bodenzustandes ist es für die Unterstützung der Planungsarbeiten bei der Raumordnung und Flurneuordnung in den neuen Bundesländern vorrangig erforderlich, flächenbezogene Informationen über nutzungsbedingte und bodenbedingte Eigenschaften landwirtschaftlicher Nutzflächen bereitzustellen.

Wegen der besonderen Relevanz der Stickstoffresidualwirkungen im Boden sowie der Belastung des Grund- und Oberflächenwassers wird davon ausgegangen, daß die nutzungsbedingte Abschätzung von landwirtschaftlichen Flächen (Stickstoffzufuhr) mit der bodenbedingten Abschätzung (Transportverhalten) verknüpft werden muß. In der Überlagerung dieser beiden Aspekte entsteht eine komplexe Aussage, die den Planer auf Landes- aber auch auf Kreisebene in die Lage versetzt, diese bei Entscheidungen zur Neuordnung der Landnutzung sowie zum Intensitätsniveau der Landwirtschaft zu berücksichtigen. Für die Erarbeitung und Bereitstellung solcher Informationen existieren in den neuen Bundesländern bereits für die Zielstellung geeignete Datenbasen.

2 Datenbasen

Seit Mitte der 70er Jahre sind für den Komplex Pflanze-Boden-Witterung Datenspeicher für die Datengruppen:

- Feldversuchsdaten (DAVEP, BAETZ, G. et al., 1975),
- Produktionsschlagdaten (DASKE, KUEHN, G. et al., 1979),
- Witterungsdaten (DAWIP, GROSSMANN, K. et al., 1976),
- Bodendaten (DABO, ADLER, G., 1974),
- Pflanzenschutzdaten (SEÜ, ENZIAN, S. et al., 1987),
- Erhebungsdaten Düngung (DS 79, ADL, 1979)

sowie weitere Datensammlungen verfügbar.

Diese Fonds wurden durch wissenschaftliche Einrichtungen, staatliche Stellen und durch die landwirtschaftliche Praxis genutzt. So sind z.B.

- Analysen zu meteorologischen Einflüssen auf die Ertragsbildung und zur Standortcharakterisierung,
- Untersuchungen von Produktionsergebnissen und -bedingungen auf betrieblicher und überbetrieblicher Ebene,
- Flächendeckende Auswertungen der Ergebnisse der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) auf Betriebs- und Kreisebene,
- Vergleichende Untersuchungen zur Beurteilung und Bewertung der Bodenbedingungen für die Pflanzenproduktion in Betrieben und Gemeinden (NStE "neu"),
- Analysen von Feldversuchsergebnissen zu verschiedenen produktionsrelevanten Fragestellungen angestellt worden.

Dort, wo die methodischen Voraussetzungen für den Aufbau und die Auswertung der Datenbestände gegeben waren, gab es Erkenntnisgewinn und Rationalisierungseffekte. Der potentielle Wert der vorhandenen und zum Teil sehr detaillierten Datensammlungen, welche mit hohem Aufwand geschaffen, aber nicht immer adäquat ausbeutet wurden, ist erwiesenermaßen hoch. Ihre Nutzung kann umfangreiche Mittel im Vergleich zum Aufwand für neue spezifische Erfassungen ersparen helfen. Das gilt auch für solche Datenkategorien, welche an Aktualität verlieren.

Nach einer in den Anfängen der systematischen, wissenschaftlichen Bearbeitung von Datensammlungen gegen Ende der 50er Jahre positiv zu beurteilenden Anwendungsphase (siehe auch NELLINGER, L. und MANGSTL, A., 1990) folgte eine Phase, in welcher die steigenden Erwartungen an die Nutzung von Datenspeichern bzw.-banken zunehmend nicht mehr erfüllt wurden.

Diese Entwicklung ist im wesentlichen zu schulden:

- einer den Anforderungen nicht entsprechenden methodischen Arbeit,
- einem Mangel an relevanten, problembezogenen Informationen und
- einer überwiegenden Faktenbereitstellung, während zunehmend Beiträge zu Problemlösungen erwartet wurden und werden.

Soll diese Situation überwunden werden, so ist es von entscheidender Bedeutung, die Faktendaten mittels eines problembezogenen Fachwissens und mit den Werkzeugen der Informatik, wie mathematische Methoden, Modellen und Heuristiken aufzubereiten und dem Nutzer zur Verfügung zu stellen. Wichtig ist dabei, zur Problemlösung durch eine komplexe Vorgehensweise beizutragen. In erster Linie ist dabei an die Einbeziehung möglichst allseitig die Fragestellung betreffender Faktendaten gedacht. Es bestehen günstige Voraussetzungen, weil einheitliche Datenbasen vorhanden sind. Diese Bestände gilt es zu erhalten und zu aktualisieren. Somit wäre die Bedingung gegeben, sach- und aufgabenbezogene Informationen unter Verwendung einheitlicher Auswertungsmethoden bereitzustellen, womit vergleichbare Bewertungen und Beurteilungen bundesweit möglich wären. Künftig ist auch auf die Kopplung von nutzerfreundlichen PC-Programmen in Verbindung mit Wissensbasen, welche aus den Faktenfonds entwickelt werden, zu orientieren.

3 Prototyp zur Abschätzung der nutzungs- und bodenbedingten Stickstoffbelastung

Es wurde die Aufgabe gestellt, für das Land Brandenburg eine flächendeckende, auf Gemeindeebene bezogene Analyse

- der auf Schlägebene (Schlagkartei) vorliegenden Daten zu den Stoffflüssen des Stickstoffs sowie
- der durch die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung verfügbaren Daten zur Charakterisierung der Stickstoffauswaschungsgefährdung landwirtschaftlicher Nutzflächen anzustellen.

Betrachtet wird bei dieser Untersuchung der Bodenkörper bis zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse des Untergrundes, die für den weiteren Verbleib des Stickstoffs von Bedeutung sind, werden im Rahmen dieser Aufgabenstellung nicht berücksichtigt.

3.1 Lösungsweg

3.1.1 Teil nutzungsbedingte Abschätzung

Bilanzen sind ein brauchbares Instrumentarium, um Systeme wie den Stofffluß im Stickstoffkreislauf zu beschreiben. Die Änderungen des Inhalts des Systems ergeben sich aus der Differenz der Inputs und Outputs der Stickstoffbilanzgröße. Im Rahmen dieser Untersuchung liegt der Schwerpunkt auf der Kalkulation der Auswaschungsverluste. Nach KURZ, L.T. (1980) gelten für Nährstoffe im Boden folgende Reaktionswege

- bleiben unverändert,
- Verflüchtigung als Gas,
- Übergang in die Bodensubstanz,
- Übergang in die Pflanze,
- werden ausgewaschen,
- werden mit dem Boden erodiert.

Der Stickstoff ist der Nährstoff in Agroökosystemen, der allen diesen Reaktionen unterliegt. Es gibt dabei Überlagerungen von chemischen, mikrobiologischen und physikalischen Prozessen und damit ist die Kompliziertheit angedeutet, welche solche Bilanzierungen mit sich bringen. Die hier zugrundegelegte Bilanzmethode lehnt sich an die von BUFE, J. (1984) entwickelte an. BUFE geht bei seinen Berechnungen vom langfristigen, statistischen Verhalten, d.h. von Mittelwerten aus. Damit ist eine Trendaussage möglich. Das entspricht der hier zu bearbeitenden landwirtschaftlichen Aufgabenstellung dieses Vorhabens. Des weiteren geht BUFE von der Annahme aus, daß der aus den einzelnen Quellen stammende Stickstoff nicht vollständig pflanzenverfügbar ist, sondern Verlusten unterliegt, welche die in Ansatz zu bringenden Mengen reduzieren. Zu diesem Zweck führt er Minderungskoeffizienten ein, welche durch die Art der Stickstoffquelle und durch Bodensubstrateigenschaften differenziert verwendet werden können. Das Element Auswaschung des Bilanzschemas wird für die Zwecke dieser Untersuchung verwendet. Zur Vereinfachung der Bilanzrechnungen nimmt BUFE Immobilisation und Mineralisierung als zwei Seiten eines dynamischen Gleichgewichts an, so daß für jede Stickstoffquelle in der Höhe der Immobilisierung Bodenstickstoff als anorganischer pflanzenverfügbarer Stickstoff freigesetzt wird. Dieser unterliegt aber anderen Verlusten als die ursprüngliche Stickstoffquelle. Für eine langfristige Betrachtung, wie bei der vorliegenden Aufgabenstellung und unter Berücksichtigung, daß derzeit keine wissenschaftlich gesicherten Unterlagen vorliegen, ob langjährig gesehen der Gesamtstickstoffgehalt der Böden konstant ist, kann von diesem Postulat ausgegangen werden (siehe auch DIEZ, T., 1978, OBERLÄNDER, H.-E., 1979). Im einzelnen wird folgendes vereinfachtes Bilanzschema benutzt:

Stickstoff-Eintrag

Mineralische Düngung
Organische Düngung
Saatgut
Symbiotische Stickstoffbindung
Ernterückstände und -verluste
Asymbiotische Stickstoffbindung
Niederschläge

Stickstoff-Austrag

Ernteprodukte
Ernterückstände und -verluste
des Bilanzjahres

In der vorliegenden Untersuchung, die den Charakter eines Pilotprojektes für das Land Brandenburg trägt, wird zunächst mit dem Datenmaterial für Körnerfrüchte gearbeitet. Weitere Fruchtarten können erst in einer anschließenden Phase genutzt werden, in der auch weitergehende Aussagen zur regionalen Verteilung künftiger Bewirtschaftungsintensitäten integriert werden. In die Bilanzrechnungen werden die Schlagkarteidaten der Pflanzenproduktionsbetriebe des Landes Brandenburg über den Zeitraum von 1984 bis 1989 einbezogen. Im Jahr

1990 wurden infolge der politischen Veränderungen kaum noch nennenswerte Datenmengen in das ESER-Projekt eingespeichert. Der Zeitraum vor 1984 ist nicht interessant, da der Stichprobenumfang zu gering ist. Bei Fehlflächen, d.h. Flächen, welche in der Schlagkartei nicht nachgewiesen sind, wird so verfahren, daß angenommen wird, diese seien auf dem gleichen Intensitätsniveau wie die nachgewiesenen Flächen behandelt worden. Damit ist, da der relative Flächenbezug (kg/ha) benutzt wird, eine Extrapolation auf die gesamte Nutzfläche des Betriebes möglich. Der Lösungsweg zur Ermittlung des vorhandenen Gefährdungspotentials leitet sich aus o.g. Bilanzschema ab. Danach werden folgende Lösungsschritte abgearbeitet:

(1) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags aus mineralischen Düngemitteln

Es wird ein über die Düngeflächen des Einzelbetriebes gewogen gemittelter Nährstoffaufwand je Fruchtart berechnet. Für die Bilanzierung wird ein mehrjähriger, gewogener Mittelwert über die Fruchtarten aller angebaute Körnerfrüchte gebildet. Von dem Gesamtwert, welcher so ermittelt wurde, wird unter Verwendung des bodenbezogenen Minderungskoeffizienten (BUFE) ein entsprechender Abschlag (Auswaschung, Festlegung, gasförmige Verluste) ermittelt.

(2) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags aus organischem Dünger

Es wird wie unter (1) verfahren. Die Minderungskoeffizienten (BUFE, J., 1984) werden entsprechend der Düngestoffe und der Bodenart ausgewählt sowie die Abschläge ermittelt.

(3) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags durch Saatgut

Der Zuschlag wird (als Mittelwert) pauschal mit 3 kg/ha LN (BUFE, J., 1984) festgelegt. Eine Minderung erfolgt nicht.

(4) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags durch symbiotische Stickstoffbindung

Hier wird entsprechend den Empfehlungen des Düngungsprojektes DS 69 (zit. b. BUFE) verfahren. Der Stickstoffeintrag wird bei der oberirdischen bzw. bei der unterirdischen Luftstickstoffbindung jeweils mit einem anderen Koeffizienten berechnet. Nur bei der unterirdischen Stickstoffbindung werden die Auswaschung, Festlegung sowie die gasförmigen Verluste berücksichtigt. Die Anwendungsfläche leitet sich aus der Körnerleguminosenfläche ab.

(5) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags durch Ernterückstände und -verluste des Vorjahres

Bei dieser Komponente werden die Stickstoff-Entzüge und Verlusten des Vorjahres und die Minderungskoeffizienten einheitlich über alle Fruchtarten zugrundegelegt (BUFE, J., 1984).

(6) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags aus Niederschlägen

Entsprechend der Verfahrensweise verschiedener Autoren wird eine Eintragsmenge von 20 kg/ha Anbaufläche in Anrechnung gesetzt (BUFE, J., 1984). Minderungsraten werden berücksichtigt.

(7) Ermittlung des Stickstoff-Eintrags aus asymbiotischer Stickstoffbindung

Nach BUFE, J. (1984) werden einheitlich 10 kg/ha Anbaufläche angerechnet sowie Minderungskoeffizienten berücksichtigt.

Beim Stickstoff-Austrag werden berücksichtigt:

(8) Ermittlung des Stickstoff-Austrags durch Ernteprodukte

Zur Berechnung der Entzüge werden die von BUFE, J. (1984) benutzten Koeffizienten verwendet.

(9) Ermittlung des Stickstoff-Austrags durch Ernterückstände und -verluste des Bilanzjahres

Hier wird analog Pkt. (5) aber unter Bezug auf die Daten des Bilanzjahres verfahren.

Die Bilanzrechnung bei Vorliegen aller Werte wird mit dem Ziel der Bereitstellung des Auswaschungswertes durchgeführt. Dieses Ergebnis wird als mittlerer mehrjähriger Wert, welcher die Bodenbelastung durch den Stickstoffeintrag charakterisiert, zur Klassifizierung weiterverwendet. Damit liegt ein nutzungsbezogenes Zwischenurteil über den Betrieb vor. Das Ziel der Untersuchung besteht in der gemeindebezogenen Bereitstellung von Parametern. Es muß also eine Transformation der Parameter von der Betriebs- auf die Gemeindeebene erfolgen. Das vorliegende Datenmaterial erlaubt keine Lokalisierung der Schlagflächen in den Betrieben und somit auch nicht in den Gemeinden. Daher wird davon ausgegangen, daß die Produktionsschläge im Mittel gleichmäßig über das Betriebsareal verteilt sind und somit eine Gleichverteilung auch auf alle Gemeindeflächen, welche zu einem Betrieb gehören, angenommen werden kann. Auf dieser Grundlage erfolgt die Zuordnung der Parameter zu den Gemeinden.

3.1.2 Teil bodenbedingte Abschätzung

Die Abschätzung der Möglichkeiten des Stickstoffaustrags aus dem Bodenkörper landwirtschaftlich genutzter Flächen der Gemeinden erfolgt für das Land Brandenburg auf der Basis von Bodeneigenschaften, die aus den kreisbezogenen Dokumentationsblättern von Typen der Bodengesellschaften (Standortregionaltypen - StR) der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) entnommen werden. Standortregionaltypen sind u.a. nach Wasser- und Substratverhältnissen untergliederte Areale größerer Einheiten, welche für die landwirtschaftliche Produktion annähernd gleiche natürliche Bedingungen bieten. Es sind heterogene Einheiten. Die Standortregionaltypenkonturen wurden gemeindebezogen digitalisiert. Auf dieser Grundlage konnten die relativen Flächenanteile der StR für alle Gemeinden des Landes Brandenburg berechnet werden. Sie bilden damit die Basis zur Kennzeichnung der in der Regel standortkundlich aus unterschiedlichen StR zusammengesetzten Gemeindeflächen. Als wichtige Inhalte der StR gelten Flächentypen der Komponenten Substrat, Hydromorphie und Hangneigung (THIERE, J. u. SCHMIDT, R., 1979), so daß jedem StR eine Kombination von Flächentypen zugeordnet ist. Aus dem Substratflächentyp sind die Primärparameter Substrat und Substratschichtung (definierte flächenmäßige Kombination von vertikalen Substratfolgen), aus dem Hydromorphieflächentyp die Wasserverhältnisse (Sickerwasser-, Stauwasser-, Grundwassereinfluß) und aus dem Hangneigungsflächentyp die Neigungsverhältnisse (eben bis stark geneigt) ableitbar. Aus diesen Bodendaten und wesentlichen bodengeologisch bedingten Unterschieden in den Humusverhältnissen werden die hydrologischen Parameter der StR abgeleitet, die in bezug auf den Stickstoffaustrag von Bedeutung sind. Es handelt sich hierbei um die bodenphysikalischen Parameter Feldkapazität, nutzbare Feldkapazität und Durchwurzelungstiefe. Für alle Kartierungseinheiten einer Gemeinde stehen zusätzlich Klimadaten (klimatische Wasserbilanz; ADLER, G., 1978) zur Verfügung. Durch Anwendung vorliegender Bodenwassermodelle nach RENGIER, M. und STREBEL, O. (1980) für sickerwasserbestimmte und ebene Standorte sowie MICHEL, R.-J. (1991) für ebenfallsebene, aber grund- und stauwasserbestimmte Standorte wird die Sickerwassermenge und die Sickerwasserverlagerungstiefe je Kartierungseinheit abgeschätzt. Angestrebt wird die Erweiterung dieser Modelle nach dem Einfluß der Hangneigung. Diese Modellparameter werden genutzt, um Klassen der Versickerungsdisposition für StR festzulegen. Bezogen auf die vorliegenden StR-Flächenanteile an der Gemeindefläche kann damit für jede Gemeinde die Versickerungsdisposition berechnet werden. Als komplexer Klassenwert der Gemeinde gilt der gewogene Mittelwert. Zusätzlich kann die Klasse je Gemeinde bestimmt werden, die die höchste Versickerungsdisposition aufweist. Diese Aussage wird nur dann ausgewiesen, wenn ein Mindestflächenanteil dieser Versickerungsdisposition an der Gemeindefläche gegeben ist.

3.1.3 Gesamtabeschätzung

Aus den nutzungs- und bodenbedingten Abschätzungsergebnissen werden Zwischenurteile abgeleitet. Ein Zwischenurteil wird als dimensionslose Größe in den Abstufungen niedrig, mittel und hoch bezüglich der Stickstoffauswaschungshöhe und der Versickerungsdisposition der Bodensäule ausgedrückt. Letzteres kann nicht ohne Berücksichtigung der Hydromorphieverhältnisse im Bodenkörper erfolgen. Die gewonnenen Zwischenurteile werden zu einem Gesamturteil verknüpft. Mit dieser (komplexen) dimensionslosen Größe soll