

Stickstoffflüsse im landwirtschaftlichen Betrieb

Reinhold Gutser¹, Ivika Rühling¹

¹ Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München, Am Hochanger 2, D-85350 Freising-Weihenstephan

1. Zusammenfassung

Im Rahmen des Teilprojekts PG3 Langzeitmonitoring und Indikatoren wurden der N-Haushalt des integrierten und des ökologisch wirtschaftenden Betriebes in Scheyern bilanziert – beide weisen eine jeweils hohe Intensität bezüglich des N-Inputs auf. Die hoftor-, flächen- und stallbezogenen Bilanzen wiesen durchweg positive N-Salden auf. Im ökologischen Landbau fiel der N-Saldo der Flächenbilanz mit 37 kg N/ha deutlich niedriger aus als im integrierten Anbau mit 82 kg N/ha im Jahresmittel.

Die Grünlandflächen wiesen mit 8 kg N/ha (Mittelwert über Wiese, Mähweide und Weide) eine nahezu ausgeglichene Bilanz auf. Bedingt durch die höhere Tier-Besatzdichte des Öko-Betriebes (1,2 gegenüber 0,6 GV/ha) und folglich höheren N-Emissionen im Stall und Düngerlager, näherten sich die N-Salden der Hoftorbilanz beider Betriebe mit 93 kg N/ha (integriert) und 80 kg N/ha (ökologisch) weitgehend an. Nachdem die Bodeninventuren von 1991 und 2001 keine nennenswerte Veränderung des N-Vorrates der Ackerflächen erkennen ließen, geben die N-Salden der Flächenbilanzen des integrierten und ökologischen Betriebes die an die Hydrosphäre (27 bzw. 16 kg N/ha) und Atmosphäre (55 bzw. 21 kg N/ha) verlorengegangenen N-Mengen wieder.

2. Einleitung

Die Stoffbilanzierung (N) im integrierten und ökologischen Betrieb ist einerseits die Basis zur Beurteilung der Bewirtschaftungsintensität sowie des Verlustpotentials (N) auf Betriebs-, Flächen- und Stallebene und ermöglicht andererseits die Bewertung der Wirtschaftsweise im Vergleich zu den Betrieben in der Region Scheyern.

Der N-Bilanzsaldo ist ein wichtiger Indikator für die N-Flüsse, insbesondere die Stickstoffverluste auf den bewirtschafteten Flächen und des gesamten landwirtschaftlichen Betriebs, unter Berücksichtigung des N-Vorrates der Böden. Damit ist er ein Maß für die Qualität der Bewirtschaftung. Den flächenbezogenen N-Saldo erhält man aus dem flächenbezogenen Input¹ und dem innerbetrieblichen Output (Abfuhr durch die Pflanzen). Stellt man die gesamten Eingänge² und Ausgänge (pflanzliche und tierische Marktprodukte) der Betriebe gegenüber, erhält man den N-Saldo der Hoftorbilanz. Letzterer ergibt sich auch aus der Summe der Flächen- und Stallbilanz, so dass damit die Verluste im Stall und bei der Lagerung der Wirtschaftsdünger mit berücksichtigt sind.

¹ Immission, N₂-Fixierung, Saatgut, organische Düngung, mineralische Düngung, Stroh-/Gründüngung, Nettomineralisation des Bodens

² Immission, N₂-Fixierung, Saatgut, mineralische Düngung, Tierzukauf, Futter- und Strohkauf

Ziel dieser Untersuchung ist es, die N-Überschüsse (N-Salden) den gemessenen oder modellierten und somit quantifizierten Verlusten an die Hydro- und Atmosphäre gegenüberzustellen.

3. Ergebnisse

Mit dem Modell REPRO (Hülsbergen et al. 2001) wurde im Mittel der Jahre 1993 bis 2000 ein Flächenbilanz-N-Saldo von 82 kg N/ha für den integrierten Betrieb und 37 kg N/ha für den ökologischen Betrieb ermittelt (Abb. 1). Diese Salden errechnen sich aus den mittleren Werten der Input- und Output-Größen von Hoftor-, Flächen- und Stallbilanz beider Betriebe. Die Inputgrößen weisen in beiden Betrieben auf eine hohe N-Intensität hin und spiegeln eine hohe Ertragserwartung wider.

Während die Hoftorbilanz beider Betriebe (Abb. 1) nur relativ geringe Unterschiede in den N-Salden aufweist (93 kg N/ha integriert gegenüber 80 kg N/ha ökologisch), weichen die entsprechenden Werte der Flächen- und Stallbilanz jeweils deutlich voneinander ab. Der höhere N-Überschuß in der Stallbilanz des Ökobetriebes ist sowohl auf die größere Tier-Besatzdichte als auch auf die Aufstallungsart mit Festmist zurückzuführen. Der höhere N-Überschuß in der Flächenbilanz des integrierten Betriebs ist auf höhere NH₃-Verluste (Gülleinsatz) sowie den deutlich höheren N-Input zurückzuführen. Für das Grünland (Mittel über Wiese, Mähweide und Weide) des Öko-Betriebes errechnet sich ein auffallend niedriger N-Überschuß. Dabei (nicht aufgeführt) traten auf Wiesen Negativsalden und auf Weiden höhere Positivsalden auf.

Abb. 2 zeigt für die integriert oder ökologisch in der Region Pfaffenhofen

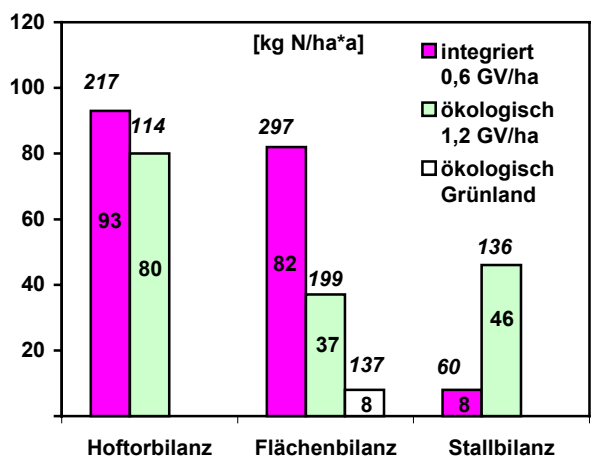


Abb. 1: N-Salden der Hoftorbilanz, der Flächenbilanz von Acker und Grünland sowie der Stallbilanz (1998 bis 2000) und N-Input (kursiv)

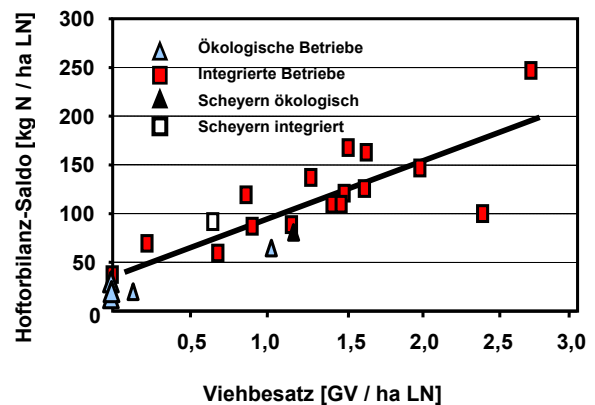


Abb. 2: N-Saldo der Hoftorbilanzen und Viehbesatz ökologischer und integrierter Betriebe in Scheyern und von Betrieben in der Region Pfaffenhofen

wirtschaftenden Betriebe N-Salden von Hoftorbilanzen. Grundsätzlich steigen diese mit höheren Tier-Besatzdichten an. Ökobetriebe weisen niedrigere N-Überschüsse auf als integriert wirtschaftende Betriebe. Die beiden scheyerener Betriebe finden sich bei insgesamt hoher N-Intensität im Mittelfeld der Vergleichsbetriebe im Landkreis Pfaffenhofen.

Um mögliche bewirtschaftungsbedingte Veränderungen des C- und N-Vorrates des Bodens zu erfassen, wurde zu Beginn (1991) und nach 10 Jahren (2001) eine Bodeninventur über die Betriebsflächen im 50*50m-Raster durchgeführt (Tab. 1). In die Vorratsermittlung ging sowohl der Verlust an Boden durch ein Erosionsereignis nach der Bodeninventur 1991 (Ø 70 t Verlust je ha) als auch die Veränderung der Krumentiefe (Ap) des Ökobetriebes ein. Der Ap-Horizont wurde im ökologischen Betrieb in den 10 Jahren durch Tieferpflügen durchschnittlich um ca. 2 cm mächtiger. Dies wurde bei der Berechnung des Bodenvorrats an C und N durch die Einbeziehung des Unterbodens (2 cm) berücksichtigt.

Die Bodeninventuren weisen auf keine nennenswerten Veränderungen der C- und N-Vorräte der Ackerböden beider Betriebe hin. Die Auswertung ist noch nicht gänzlich abgeschlossen. Die pfluglose Bewirtschaftung des integrierten Betriebes bewirkte eine N- und C-Anreicherung der Ober- (0-10cm) bzw. Abreicherung der Unterkrume.

Tab. 1: Ergebnisse der Bodeninventur 1991 und 2001 der integriert und ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen (Ap-Tiefe integriert 0-23 cm und ökologisch 0-25 cm)

		1991	2001
C [kg ha ⁻¹ a ⁻¹]	Integriert	45700	41600
	Ökologisch	49200	50000
N [kg ha ⁻¹ a ⁻¹]	Integriert	4700	4630
	Ökologisch	5090	5140

Aus den Ergebnissen der Bodeninventur, die sich zudem mit den Prognosen des in REPRO enthaltenen Bodenprozess-Modells (C,N) weitgehend decken (Schwankungen der Bodenvorräte zwischen -12 und 16 kg N/ha), ist zu folgern, dass die in Abb. 1 aufgezeigten N-Überschußsalden die an die Hydro- und Atmosphäre verloren gegangenen N-Mengen wiedergeben. Im folgenden wurde versucht, unter Einbeziehung von Punkt- und Flächenmessungen anderer Teilprojekte, zumindest für die Ackerschläge eine weitere Quantifizierung dieser N-Austräge auf die einzelnen Verlustpfade zu kalkulieren. Es wurden folgende Austragspfade berücksichtigt:

- NO₃-Auswaschung: Kombination von Sickerwasser-Mengen (REPRO) und NO₃-Gehalten von Abflüssen in Naturlysimetern in 180 cm Tiefe (Matthes et al., 2001) mit Oberflächen- und Zwischenabflüssen (Hellmeier, 2001)
- NH₃-Emission: Modellierung der NH₃-Verluste nach Gülledüngung (nach Katz in Menzi et al., 1997); Evaluierung dieser Methode mittels NH₃-Messung im Freiland (dynamische Kammermethode nach Weber et al., 2000)
- N₂O-Emission: Ganzjährige, punktuelle, kulturartenspezifische Feldmessungen (geschlossene Kammermethode, Ruser 1999) mit 1-10 kg N/ha Streubreite.

Der für die Ackerflächen des integriert bewirtschafteten Betriebes festgestellte N-Überschuß von 82 kg N/ha wird zu 27 kg N in die Hydrosphäre und zu 55 kg N/ha in die Atmosphäre ausgetragen. Letztere Menge teilt sich in die Segmente NH₃ (20 kg N/ha), N₂O (8 kg N/ha) und N₂ (27 kg N/ha) auf (Abb. 3).

N-Emissionen [kg ha⁻¹ a⁻¹]

Integrierter Betrieb 0,6 GV/ha

Ökologischer Betrieb 1,2 GV/ha

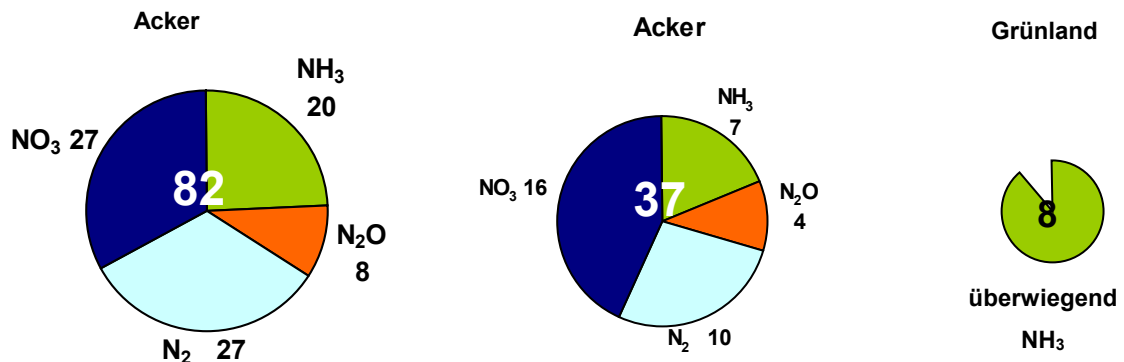


Abb. 3: N-Emissionen von Acker- und Grünlandflächen in beiden Betriebssystemen

Die insgesamt deutlich niedrigeren Austräge aus den ökologisch bewirtschafteten Flächen gehen mit 16 kg N/ha in die Hydrosphäre und 21 kg N/ha in die Atmosphäre verloren. Die mit deutlichem Abstand niedrigsten N-Austräge auf Grünland (Ø von Wiese, Mähweide, Weide) dürften überwiegend als NH₃-Stickstoff verloren gehen.

4. Diskussion

Aus Bilanzierungen der N-Flüsse (Input/Output) auf Betriebs-, Flächen- und Stallebene sowie Kenntnissen über Veränderungen der N- und C- Vorräte der Böden (Senken- und Quellenfunktion) lassen sich die an die Hydro- und Atmosphäre verlorengelenden N-Mengen in ihrer Summe abschätzen. Die weitere Aufteilung dieser N-Emission insgesamt auf die einzelnen Verlustpfade und gasförmigen N-Komponenten über zum Teil nur punktuell erfasste Daten kann darüber hinaus nur eine grobe Orientierung darstellen. Für eine Bewertung der Landnutzung hinsichtlich Effizienz, Produktivität und Umweltverträglichkeit sind quantitative Aussagen zu diesen Verlustpfaden, wie in diesem Integrationsprojekt angestrebt, auf der betrieblichen Ebene in der Literatur kaum verfügbar.

Das Potential für N-Verluste von Betrieben wird wesentlich von der Tier-Besatzdichte, die Verluste von den Ackerflächen besonders durch die Bewirtschaftungsweise (integriert und ökologisch) bestimmt (Gutser und Ebertseder, 2001). Die in Scheyern praktizierte Landnutzung, bessere Böden integriert sowie weniger guter Böden ökologisch zu bewirtschaften, konnte den im „Entwurf zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesrepublik Deutschland“ (2002) für den N-Überschuß der Landwirtschaft genannten Richtwert von 80 kg N/ha nicht ganz, wohl aber unter Einbeziehung der ausgewiesenen Schutzflächen (Brachen, Gewässerrandstreifen) in Höhe von ca. 15% der Gesamtfläche der Betriebe erreichen.

Ökologische und integriert-bodenkonservierende Nutzung führte auch aus Umweltsicht zu vertretbaren N-Austrägen durch Auswaschung (durchschnittlich 22 kg N/ha*a). Dies wird durch die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser belegt (Honisch et al., 2002). Allerdings traten im integriert

genutzten System beachtlich hohe N_2O -Emissionen auf, die u.a. durch den hohen N-Input und in Wechselwirkung mit minimierten Nitratausträgern zu erklären sind. Um Verluste im integrierten Betrieb zu minimieren, sollte u.a. auch über die Erreichbarkeit der für diesen Standort gesetzten Ertragsziele nachgedacht werden. Dieser gedankliche Ansatz wurde mit der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung in Scheyern umgesetzt (Schmidhalter et al., 2001 in diesem Band). Im ökologischen Betrieb ist eine nennenswerte Verringerung der N-Überschüsse auf Betriebsebene nur durch den Abbau der Tier-Besatzdichte zu erreichen. Allerdings muß eine produktive Nutzung der Grünlandflächen weiterhin gesichert bleiben.

Letzlich ist darauf hinzuweisen, dass für die Bewirtschaftung von Böden des tertiären Hügellandes der Bodenschutz, und hier in erster Linie der Schutz gegenüber Wassererosion, ein übergeordnetes Ziel der Ressourcenschonung darstellte. Dies erforderte Zugeständnisse bezüglich eines höheren N-Inputs und damit einen Anstieg des Verlustpotentials im integrierten Betrieb (Mehrzieloptimierung).

5. Literatur

- Gutser, R. und Matthes, U. (2001): Die „gute fachliche Praxis“ der Düngung aus Sicht der Ökonomie und Ökologie. KTBL-Schrift 400: 91-102.
- Gutser, R. und Ebertseder, T. (2001). Unvermeidbare Nährstoffverluste in der Landwirtschaft, In: Düngung: Baustein nachhaltiger Landwirtschaft, Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e.V. und des Bundesarbeitskreises Düngung, BAD (Hrsg.) in Würzburg, S. 95 – 114.
- Hellmeier, C (2001): Stofftransport in der ungesättigten Zone der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Scheyern/Oberbayern (Tertiärhügelland). Diss. Fak. f. Geowissenschaften der LU München, GSF-Bericht 05/01, 170 S.
- Honisch, M. Hellmeier, C., Weiss, K. (2002): Response of surface and subsurface water quality to land use changes. *Geoderma* 105: 277-298.
- Hülsbergen, K.-J., Abraham, J., Gerl, G., Matthes, U. und Reents, H.J. (2001): Einsatz des Modells Repro zur Stoff- und Energiebilanzierung im Versuchsgut Scheyern. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001 Freising-Weihenstephan, S.67-70.
- Matthes, U., Gutser, R., Gerl, G., Kainz, M. (2001): Stickstoffverluste durch ressourcenschonende Bewirtschaftung – dargestellt am Beispiel des Versuchsgutes Scheyern. VDLUFA-Schriftenreihe 57, S. 237 – 245.
- Menzi, H., Frick, R., Kaufmann, R. (1997): Ammoniak-Emissionen in der Schweiz. Schriftenreihe der FAL 26: 107 S. + Anhg.
- Ruser, R. (1999): Freisetzung und Verbrauch der klimarelevanten Spurengase N_2O und CH_4 eines landwirtschaftlich genutzten Bodens in Abhängigkeit von Kultur und N-Düngung, unter besonderer Berücksichtigung des Kartoffelanbaus. Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau, TU München, FAM-Bericht 36, Diss., 124 S.
- Ruser, R., Flessa, H., Schilling, R., Beese, F., Munch, J.C. (2001): Effect of crop specific management and N fertilization on N_2O emissions from a fine-loamy soil. *Nutr. Cycl. In Agroecosystems* 59: 177-191.
- Weber, A., Gutser, R., Henkelmann, G., Schmidhalter, U. (2000): Unvermeidbare NH_3 -Emissionen aus mineralischer Düngung (Harnstoff) und Pflanzenmulch unter Verwendung einer modifizierten Messtechnik. VDLUFA-Schriftenreihe 53/2000, S. 175-182.

6. Danksagung

Wir danken dem BMBF für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM; BMBF support No. 0339370).

Unser Dank gilt auch Dipl.-Ing.agr.univ. Herrn Karlheinz Weinfurter für die geostatistische Auswertung der Bodeninventur sowie Herrn Dipl.-Ing.agr.univ. Harald Schmid für die Ermittlung der N-Flüsse in den Vergleichsbetrieben im Raum Pfaffenhofen.