

Wolf-Dieter Kalk, Potsdam, Kurt-Jürgen Hülsbergen und Steffen Biermann, Halle

Zur Stickstoffbilanzierung in Landwirtschaftsbetrieben

Mit Stoffkreislaufuntersuchungen können die Stoffumsetzungen in Landwirtschaftsbetrieben unter Einbeziehung aller quantifizierbaren Stoffflüsse analysiert und bewertet werden. Zur Bewertung der Ergebnisse der N-Bilanzierung dienen standortbezogen anzustrebende Wertebereiche umweltrelevanter Stickstoffsalden und -flüsse. Die Stickstoffeffizienz und das -verlustpotential werden durch die Standortbedingungen, die Anbaustruktur und den Tierbesatz sowie das Intensitätsniveau geprägt. In den vorgestellten Untersuchungsbetrieben war der Tierbesatz von entscheidendem Einfluß.

Negative Umweltwirkungen der Landwirtschaft und anderer Wirtschaftszweige werden in erheblichem Maße durch Stoff- und Energieflüsse verursacht. Mit Hilfe der Stoffbilanzierung können die innerbetrieblichen Stoffumsetzungen, die Stoffzu- und -abfuhr über die Betriebsgrenze analysiert und bewertet werden. Deshalb werden Stoffbilanzen als wichtige *Agrar-Umweltindikatoren* zur Abschätzung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme angesehen. Eine besondere Bedeutung haben *Stickstoffbilanzen* mit Inkrafttreten der Düngeverordnung zur Erfüllung der Nachweispflicht der meisten Landwirtschaftsbetriebe.

Dargestellt werden die Grundlagen zur Untersuchung landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe und deren Anwendung am Beispiel des Stickstoff-Kreislaufes in Betrieben unterschiedlicher Produktionsstruktur und -weise.

Grundlagen der Stoffbilanzierung

Das genutzte Modell REPRO der Universität Halle ermöglicht Humus-, Nährstoff-,

Dr. sc. techn. Wolf-Dieter Kalk ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe am Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zaské). Dr. agr. Kurt-Jürgen Hülsbergen und Dr. agr. Steffen Biermann sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Acker- und Pflanzenbau der Martin-Luther-Universität Halle, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06108 Halle (Direktor: Prof. Dr. habil. Wulf Diepenbrock).

Futter- und Energiebilanzen. Als Systemgrenzen sind das Wirtschaftsjahr und der landwirtschaftliche Betrieb definiert. Die Kennzeichnung der Betriebe wird mit Hilfe der Anbaustruktur, des Tierbesatzes und der Marktproduktion vorgenommen (Tab. 1). Als Datengrundlage werden modellinterne Bilanzkoeffizienten und betriebliche Erhebungsdaten genutzt. Angaben zu Koeffizienten und Algorithmen der Nährstoffbilanzierung sind veröffentlicht [1, 2].

Zur komplexen Beurteilung des betrieblichen Nährstoffhaushaltes [3] wird auf verschiedenen Systemebenen bilanziert (Bild 1). Die *Stallbilanz* ermöglicht Aussagen zur Nährstoffeffizienz und zu Nährstoffverlusten der Tierhaltung. Die *Bodenbilanz* und die *Gesamtbilanz* erlauben analoge Aussagen zum Pflanzenbau und auf Betriebsebene. Der Saldo der Gesamtbilanz kennzeichnet die Summe der potentiellen Nährstoffverluste in die Umwelt.

Die Bewertung der Ergebnisse der Stickstoffbilanzierung erfolgt auf der Grundlage anzustrebender Wertebereiche für umweltrelevante Stickstoffsalden und -flüsse (Tab. 1), deren wissenschaftliche Begründung mit Hilfe von Dauer-

feldexperimenten, Modellkalkulationen und Untersuchungen landwirtschaftlicher Stoffkreisläufe standortbezogen erfolgte [3].

Der *N-Saldo der Stallbilanz* entspricht der Summe der Stall-, Lagerungs- und Rotteverluste, die durch Verfahrensgestaltung auf unter 30 kg/fGV zu begrenzen sind. Die N-Verwertung gibt die Ausnutzung des Futter-Stickstoffs in den tierischen Produkten an. N-Verwertungsraten von über 20 % (Tab. 1) gelten für Betriebe mit dominierender Milchviehhaltung. Der *N-Saldo der Bodenbilanz* sollte auf Sandstandorten 50 kg N/ha nicht überschreiten, die N-Verwertungsraten über 65 % betragen [2]. Mit den N-Überschüssen steigt das N-Verlustpotential, da die N-Speicherfähigkeit des Bodens begrenzt ist. Die in der *Gesamtbilanz* angegebenen Optimalbereiche wurden für Betriebe mit einem Tierbesatz von 0,6 fGV/ha abgeleitet.

In die Untersuchung wurden fünf Betriebe auf brandenburgischen Sandstandorten einbezogen (Tab. 1), davon vier konventionelle Betriebe mit unterschiedlichem Tierbesatz (K1 bis K4) und der ökologisch bewirtschaftete Hof Marienhöhe (Ö1).

Ergebnisse und Diskussion

Die betrieblichen N-Kreisläufe werden wesentlich von Betriebsstruktur, dem Ertrags- und Leistungsniveau und der Ertragsverwendung geprägt (Tab. 1).

Im Beispielbetrieb mit mittlerem Tierbesatz (Bild 1) weist die Stallbilanz bei Milchviehhaltung im tierischen Marktpro-

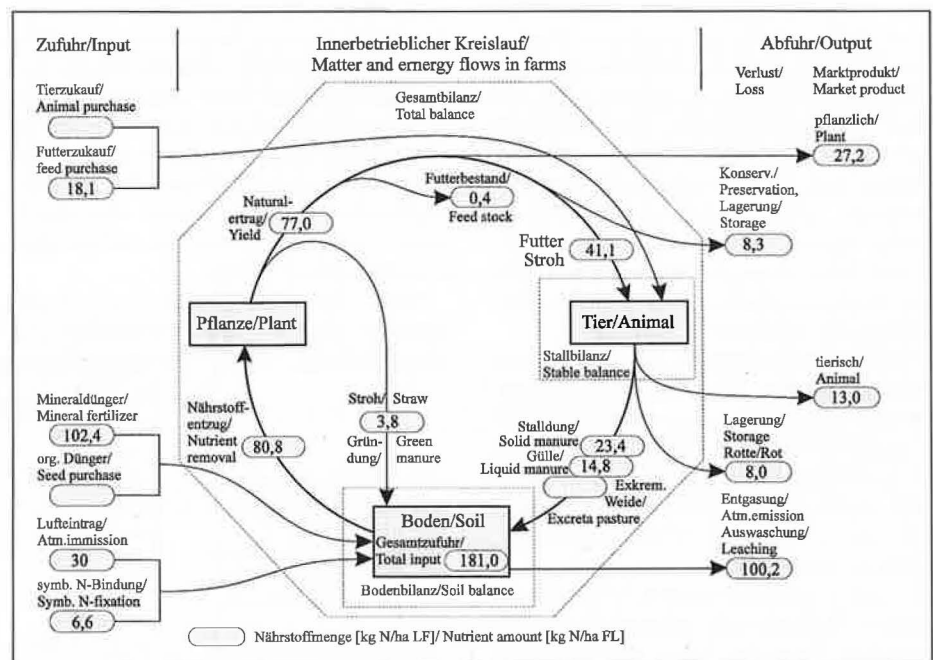


Bild 1: Umweltrelevante Stickstoffflüsse im Landwirtschaftsbetrieb (vgl. Tab. 1: K3)

Fig. 1: Nitrogen flowing regarding environment on a farm (table 1; K3)

Tab. 1: Struktur, Erträge und Stickstoffbilanz der Untersuchungsbetriebe

Table 1: Structure, yields and nitrogen balance of the farms investigated

Kennzahl	Maßeinheit	Anzustrebender Wertebereich ⁴⁾	Landwirtschaftsbetrieb				
			K1 Marktfrucht	K2 Futterbau	K3 Futterbau	K4 Futterbau	Ö1 Futterbau
Betriebliche Daten							
Ackerzahl			40	22	21	28	20
Getreide	% der AF	40 bis 60	40,6	31,7	32,5	41,7	45,7
Hackfrucht/Silomais	% der AF	< 20	0	24,1	27,5	43,7	6,1
Leguminosen/-gras	% der AF	< 25	0	0	5,6	10,8	33,3
Tierbesatz, gesamt	fGV/ha LF ⁵⁾	0,4 bis 0,8		0,2	0,54	0,93	0,47
GE-Ertrag	GE/ha LF	> 35	35,6	22,4	36,6	36,9	22,2
pflanzliches Marktprodukt	% der GE	20 bis 40	100	42,9	54,4	31,7	12,6
N-Zufuhren							
Futterzukauf	kg N/ha LF	< 10	-	0,5	18,1	54,5	0
Mineral-N-Zukauf	kg N/ha LF	< 40; < 80 ¹⁾	108,2	68,8	102,4	90,4	0
Symbiont, N-Fixierung	kg N/ha LF	25 bis 40	3,5	0	6,6	2,9	32,0
N-Immissionen ²⁾	kg N/ha LF		30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
N-Abfuhren							
pflanzliches Marktprodukt	kg N/ha LF	20 bis 60	61,7	22,9	27,2	14,2	6,3
tierisches Marktprodukt	kg N/ha LF	10 bis 20	-	6,0	13,0	17,9	8,0
tierisches Marktprodukt	kg N/FGV	> 20	-	25,0	24,3	19,4	17,0
Betrieblicher N-Kreislauf							
Ertrag	kg N/ha LF	60 bis 120	61,7	53,9	77,0	87,9	65,7
organische Dünger ³⁾	kg N/ha LF	40 bis 80	19,5	19,4	42,0	64,4	41,5
Verlust Futteraufbereitung	kg N/ha LF		-	3,5	8,3	11,1	9,8
Gesamtzufuhr Boden	kg N/ha LF		161,2	118,2	181,0	187,7	103,5
N-Stallbilanz							
N-Saldo	kg N/ha LF		-	6,3	8,0	34,8	8,8
N-Saldo	kg N/FGV	< 30	-	26,3	15,0	37,5	18,7
N-Verwertung	%	> 20	-	24,2	22,8	15,8	17,0
N-Bodenbilanz							
N-Saldo	kg N/ha LF	< 50	80,0	57,4	100,2	99,8	29,2
N-Verwertung	%	> 65	50,4	51,4	44,6	46,8	71,8
N-Gesamtbilanz							
N-Saldo	kg N/ha LF	< 75	80,0	67,2	116,5	145,7	47,7
N-Verwertung	%	> 35	43,5	29,1	25,6	18,1	23,1

¹⁾ < 40 kg N/ha LF gilt für Betriebe mit $\geq 0,6$ fGV/ha Tierbesatz; < 80 kg N/ha LF für viehlose Betriebe

²⁾ Schätzwert; ³⁾ Ernte- und Wurzelrückstände nicht erfaßt; ⁴⁾ für Sandstandorte; ⁵⁾ Futterbedarfsorientierte Großvieheinheit

dukt 23 % des dem Tierbestand zugeführten Futterstickstoffs aus. Aufgrund des tierischen Stoffwechsels wird der größere Anteil des Futterstickstoffs mit den Exkrementen ausgeschieden. Der N-Saldo der Bodenbilanz erreicht mit 100 kg N/ha LF etwa den für die Bundesrepublik Deutschland ermittelten Durchschnittswert [1]. Bei Unterstellung eines konstanten Boden-N-Vorrates beträgt die Verwertung des dem Boden zugeführten Stickstoffs in den angebauten Pflanzen nur 45 % (Tab. 1). Die Gesamt-Bilanz des Betriebes weist eine Verwertung der über die Betriebsgrenze zugeführten Stickstoffmengen von 26 % aus.

Der Vergleich mit einem konventionell bewirtschafteten Marktfruchtbetrieb (K1) und zwei Futterbaubetrieben (K2, K4) zeigt, daß durch den Tierbesatz die Stickstoffeffizienz entscheidend beeinflusst wird (Tab. 1). Der Marktfruchtbetrieb (K1) erreicht das höchste Marktprodukt, da keine Lagerungs- und Konservierungsverluste von Futtermitteln entstehen und die unabdingbaren Veredlungsverluste der Tierhaltung entfallen. Nur 12 % der N-Gesamtzufuhr zum Boden verbleiben als organischer Dünger im Kreislauf. Die

N-Verwertung ist, bezogen auf den insgesamt dem Betrieb zugeführten Stickstoff, höher als in Betrieben mit Tierhaltung (K2 bis K4). In den Beispielbetrieben steigt mit zunehmendem Tierbesatz die Nährstoffzufuhr vor allem durch Futterzukauf. Gleichzeitig sinkt die Nährstoffabfuhr mit dem betrieblichen Marktprodukt wegen der begrenzten Nährstofftransformation in das Tierprodukt. Mit dem Tierbesatz nehmen der im Kreislauf verbleibende N-Anteil und die betrieblichen N-Verluste zu. Diese Aussagen zur Stickstoffeffizienz und zu den N-Verlusten bei zunehmendem Tierbesatz werden auch auf Schwarzerdestandorten bestätigt [3].

Im biologisch-dynamisch bewirtschafteten Futterbaubetrieb (Ö1) wird die Stickstoffzufuhr zum Boden durch symbiotische N-Fixierung und N-Immissionen sowie aus dem innerbetrieblichen N-Kreislauf realisiert. Bei einem Tierbesatz von 0,47 fGV/ha ist die Verwertung des dem Boden zugeführten Stickstoffs mit 72 % in den angebauten Pflanzen 27 % höher als im konventionell bewirtschafteten Vergleichsbetrieb (K3). Wegen der geringen N-Abfuhr im pflanzlichen Marktprodukt ist die N-Abfuhr im betrieblichen

Marktprodukt verglichen mit den konventionellen Betrieben gering. Dagegen verbleiben 40 % der N-Gesamtzufuhr zum Boden als organischer Dünger im Kreislauf. Die Stallbilanz weist im tierischen Marktprodukt (Milch, Rind- und Schweinefleisch) eine Verwertung von 17 % des dem Tierbestand zugeführten Futters aus. Der N-Saldo der Gesamtbilanz, der die Größenordnung der N-Fracht in die Umwelt fixiert, ist wesentlich geringer als im konventionellen Betrieb mit vergleichbarem Tierbesatz (K3).

Bisher erfolgt keine Aufgliederung der bodenbezogenen N-Salden in einzelne N-Verlustpfade, hierzu besteht weiterer Forschungsbedarf. Hinsichtlich des N-Verlustpotentials dominiert der Einfluß der Betriebsstruktur und des Betriebsmittelzukaufs. Im Verhältnis dazu sind die Möglichkeiten zur Senkung von N-Verlusten durch technisch-technologische Maßnahmen begrenzt.

Zur besseren Sichtbarmachung von Verlustminderungspotentialen durch Verfahrensgestaltung und technische Lösungen sind den einzelnen Verfahren angepaßte Koeffizienten und Algorithmen in das Modell zu integrieren. Dies betrifft im Problembereich Pflanzenbau und Bodennutzung Ernteverluste, Konservierungs- und Lagerungsverluste, durch Verfahren zu beeinflussende Nährstoff- und Humusverluste, Düngerausbringungsverluste und im Problembereich Tierhaltung Stallverluste sowie Lagerungs- und Rotteverluste organischer Dünger.

Schlüsselwörter

Betriebsanalyse, Stickstoffbilanzierung, Agrar-Umweltindikatoren

Keywords

Farm analysis, nitrogen balancing, agricultural environmental indicators

Literatur

- [1] Biermann, St.: Flächendeckende, räumlich differenzierte Untersuchung von Stickstoffflüssen für das Gebiet der neuen Bundesländer. Diss., Univ. Halle, 1995
- [2] Kalk, W.-D., St. Biermann und K.-J. Hülsbergen: Standort- und betriebsbezogene Stoff- und Energiebilanzen zur Charakterisierung der Landnutzungsintensität. Forschungsbericht 1995/10 des Instituts für Agrartechnik Bornim e. V, 1995
- [3] Hülsbergen, K.-J. und W. Diepenbrock: Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. Tagungsbericht der Fachtagung „Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen“ am 11. und 12.7.1996, Wittenberg, Tagungsband (im Druck)