

# Kooperation Lysimeter in Mittel- und Nordostdeutschland - Auswertung langjähriger Messreihen der N-Auswaschung ackerbaulich genutzter Böden

Steffi Knoblauch<sup>1\*</sup>, Ulrike Haferkorn<sup>2</sup>, Johannes Heyn<sup>3</sup>, Dierk Koch<sup>3</sup>, Erhard Albert<sup>4</sup>,  
Michael Grunert<sup>4</sup>, Claudia Strauß<sup>5</sup>, Ralph Meissner<sup>6</sup>, Matthias Schrödter<sup>5</sup>, Nadine Tauchnitz<sup>5</sup>,  
Jana Lorenz<sup>7</sup>, Constanze Ramp<sup>7</sup> und Eckhard Lehmann<sup>7</sup>

## Zusammenfassung

Die landwirtschaftlichen Fachbehörden in Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern und Bayern haben eine Arbeitsgruppe Lysimeter gebildet. Eine gemeinsame Auswertung der N-Auswaschung ackerbaulich genutzter Böden kommt zum Ergebnis, dass bei fachgerechter Düngung auf mittel- bis tiefgründigen Lehm Böden im mitteldeutschen Trockengebiet die N-Auswaschung im Bereich unter 20 kg/ha gehalten werden kann, es aber nicht auf allen Standorten gelingt, die  $\text{NO}_3$ -Konzentration des Sickerwassers unter 50 mg/l zu senken. Ein wesentlicher Grund dafür sind die niedrigen Sickerwassermengen, die andererseits erlauben, von der Vorfrucht zurückgelassenen Stickstoff der Folgekultur nutzbar zu machen. Auf flachgründigen Böden besteht in Trockenjahren ein Ertragsrisiko mit der Folge höherer N-Überschüsse, die in feuchten Jahren auswaschungsgefährdet sind. Auf sandigen Böden in niederschlagsreicheren Regionen Mitteldeutschlands ist die N-Verlagerungsgefahr mit Austauschraten nahe 100% groß. Für diese Bodengruppen sind das Management der organischen Düngung und der Anbau von Zwischenfrüchten wichtig.

*Schlagwörter:* N-Verlagerungsrisiko Böden, ackerbauliche Bodennutzung, Gewässerschutz, EU-WRRL, N-Salden

## Summary

The agricultural state institutes in Thuringia, Hesse, Saxony, Saxony-Anhalt, Mecklenburg-Western Pomerania and Bavaria have founded a workgroup dealing with lysimeter experiments. The long term measurements regarding the influence of agricultural use of soils on the leaching of nitrate show that the amounts of nitrogen leaching on medium and deep soils can be kept in the range of 20 kg per hectare and below this value. But in spite of professional fertilization it will be difficult to reduce the nitrate concentration of seepage water below 50 mg per litre on many soils in Central Germany due to low seepage rate. On the other hand the latter allows that the N-surpluses from one year can be used by the following main crop. A typical feature of the shallow to medium-deep soils is nitrogen accumulation in dry years as a result of yield depressions and high nitrate leaching in wet years. On sandy soils in more rainy regions of Central Germany is the nitrogen leaching risk owing to exchange rates up to 100% big. For these soil groups in addition to professional fertilization the management of manure and the cultivation of catch crops is important.

*Keywords:* nitrogen leaching risk of soils, arable land, water protection, EU-WFD, N-balances

## Einleitung

Die landwirtschaftlichen Fachbehörden aus Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern verfügen über Lysimeter und Bodenwassermessstellen, mit denen der Einfluss landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die Nährstoffauswaschung sowie den Pflanzen- und Bodenwasserhaushalt ermittelt wird. Die betrachteten Standorte kennzeichnen insbesondere die niederschlagsarmen Regionen Mittel- und Nordostdeutschlands, in denen geringe bis mittlere Sickerwassermengen zu erwarten sind.

Im Jahr 2009 erging an die Versuchsansteller der Lysimeterversuche der Auftrag, eine Kooperation Lysimeter zu bilden, um Messreihen einer gemeinschaftlichen Auswertung zu unterziehen und daraus für die Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis Empfehlungen, Kennwerte, etc. abzuleiten.

Die Ergebnisse der N-Auswaschung sind im Jahr 2013 in einer Broschüre niedergelegt worden. Den Einzelbeiträgen vorangestellt ist ein Kapitel mit gemeinsamen Positionen zum Einfluss des Standortes und zu den Möglichkeiten der

<sup>1</sup> Lysimeter Buttstedt, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, D-07743 JENA

<sup>2</sup> Lysimeter Brandis, Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen

<sup>3</sup> Lysimeter Kassel, Landesbetrieb für Landwirtschaft Hessen

<sup>4</sup> Lysimeter Möckern, Trichterlysimeter Methau, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie Sachsen

<sup>5</sup> Lysimeter Falkenberg, Dränmessfeld Altmark, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forst und Gartenbau Sachsen-Anhalt

<sup>6</sup> Lysimeter Falkenberg, Helmholtzzentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

<sup>7</sup> Lysimeter Großlüsewitz, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

\* Ansprechpartner: Dr. Steffi Knoblauch, s.knoblauch@tllmail.de



Bewirtschaftung für die Reduzierung der N-Auswaschung. Das Ziel der EU-WRRL, 50 mg/l NO<sub>3</sub> in Grund- und Oberflächengewässern, steht dabei im Mittelpunkt.

Im folgenden Beitrag werden wesentliche Teile der gemeinsamen Positionen der o.g. Broschüre vorgestellt.

## Material und Methoden

Die Untersuchungsstandorte befinden sich nach der naturräumlichen Gliederung Deutschlands im norddeutschen Tiefland und der Mittelgebirgsschwelle (*Abbildung 1*). Im Einzelnen betrifft es

- sandige bis lehmige Böden des nordostmecklenburgischen Flachlandes im Jungmoränengebiet (1) sowie der Altmark (2,3) und des Elbe-Mulde-Tieflandes im Altmoränengebiet Norddeutschlands (5)
- lehm- und sandunterlagerte Sandlössböden des Sächsischen Hügellandes (6)
- schluffige Böden aus Löss des mittelsächsischen Lössgebietes (5, 6, 9), des Thüringer Beckens (7) sowie der Westhessischen Senke (4),
- tonig-lehmige Böden aus unterem Keuper des Thüringer Beckens (7) und
- einem sandigen Boden der Saale-Elster-Sandsteinplatte der Randplatten des Thüringer Beckens (8).

Klimatisch sind sie im Norden dem gemäßigt humiden Klima (1), in der Altmark und dem Sächsischen Lößgefilde dem Übergangsbereich zwischen seebeeinflusstem und kontinentalem ostdeutschen Binnenlandklima (2, 5) zuzuordnen. Das Thüringer Becken zeichnet sich durch ein trocken-warmes Klima mit ausgeprägter kontinentaler Tönung aus (7) und die Westhessische Senke, im Lee des Rheinischen Schiefergebirges, durch eine Gunstlage (4). Ein mäßig warmes Klima herrscht in der Saale-Elster-Sandsteinplatte vor (8).

Bei den Bewirtschaftungssystemen und -varianten handelt es sich durchgängig um ackerbauliche Nutzungen:

- modellgestützte Düngeempfehlung, ammoniumbetonte N-Düngung und seit 2011 Marktfruchtfolge mit Orientierung auf Energiepflanzenanbau (1)
- Krumbasislockerung kombiniert mit biologischer Stabilisierung durch Kruziferen und Leguminosen auf strukturinstabilen Sandböden der Altmark mittels Dränabflussmessungen (2), begleitend dazu Maisfruchtfolgen mit/ ohne Zwischenfruchtanbau im Vergleich zu mehrjährigem Luzernegrass mittels Lysimetern (beides seit 2009), im vorliegenden Bericht verschiedene Formen ackerbaulicher Nutzung (3)
- praxisübliche Ackerbaubewirtschaftung mit wechselnd konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise (6)
- verschiedene Bodenbearbeitungssysteme (5)
- mineralische und mineralisch-organische Düngung (9)
- empfehlungskonforme Düngung mit dem Ziel der Höhe der unvermeidbaren N-Auswaschung für die Ableitung standortabhängiger Schwellenwerte für N-Salden sowie praxisübliche Ackerbaubewirtschaftung (7),

- acht verschiedene, für Betriebsformen in Hessen typische Bewirtschaftungsregime (Marktfrucht-, Gemischt-, Ökobilieb mit und ohne Vieh)
- ackerbauliche Nutzung nach Güter fachlicher Praxis (8).

Für die Erfassung des Sickerwassers dienen Lysimeter, Trichterlysimeter und Dränmessfelder. Das Sickerwasser wird in der Regel unterhalb des Wurzelraumes in 1 bis 3 m Tiefe entnommen. Am Standort Methau (9) war die Entnahmetiefe der Trichterlysimeter flacher (0,6 m Tiefe) und ließ die ermittelte Nitratkonzentration des Sickerwassers nur eine relative Bewertung von Bewirtschaftungsvarianten zu. Die Fläche der Lysimeter variiert zwischen 1 bis 2 m<sup>2</sup> und diejenige des Dränmessfeldes am Standort Großebersdorf (8) beträgt etwa 6 ha.

Der N-Saldo wird einheitlich als N-Zufuhr-Abfuhr-Saldo mit den Inputgrößen mineralische und organische N-Düngung sowie legume N-Bindung und dem Output N-Abfuhr mit dem Erntegut berechnet. Die mit dem organischen Dünger zugeführte N-Menge ergibt sich aus dem N<sub>t</sub>-Gehalt des organischen Düngers, der vor der Ausbringung ermittelt worden ist oder aus Tabellenwerten stammt, multipliziert mit der ausgebrachten Menge ohne Abzug gasförmiger NH<sub>3</sub>-Verluste während der Ausbringung. Andererseits wird die N-Deposition nicht hinzugerechnet. Es fehlen des Weiteren der nicht genau kalkulierbare N-Input über biologische N-Fixierung und Saatgut. Die Denitrifikation bleibt ebenfalls unberücksichtigt. Es handelt sich hierbei um den N-Saldo, dessen Größen der Versuchsanstalter genau kalkulieren kann.

Die Austauschrate des Bodenwassers in % errechnet sich aus der Sickerwassermenge unterhalb des Wurzelraumes in mm (1.11. bis 31.10. des Folgejahres) \* 100 geteilt durch den Wassergehalt bei Feldkapazität im Wurzelraum (FK<sub>wurzel</sub>) in mm.

## Ergebnisse

### *Verlagerungsdisposition der Böden*

Anhand der Austauschrate des Bodenwassers, die auf der Basis langjähriger Messwerte der Sickerwassermenge der Lysimeter (*Tabelle 1*) abschätzt, zu welchem Anteil das in der Wurzelzone enthaltene Bodenwasser mit dem darin gelösten Stickstoff während eines Jahres ausgewaschen wird, stellt sich die Verlagerungsdisposition der Versuchsstandorte wie folgt dar:

- Die schluffig-sandigen Böden im nordostmecklenburgischen Flachland (1) bilden unter dem Einfluss von 686 mm Niederschlag 196 mm Sickerwasser und sind mit einer Austauschrate des Bodenwassers von 101 % als stark auswaschungsgefährdet einzustufen. Das trifft ebenso auf die lehmig-sandigen Böden der Düben-Dahlener Heide (5.1) und die sandunterlagerten Sandlöss im Leipziger Lössstiefland (5) mit Sickerwassermengen von 219 und 162 mm und Austauschraten von 139 und 93 % zu (*Tabelle 1, Abbildung 1*).
- Auf den sandig-lehmigen Böden der Altmark (2) ist das Auswaschungsrisiko mit einer Austauschrate von 45 % deutlich geringer. Ein ähnliches Verhalten zeigen die

**Tabelle 1: Niederschlag und Sickerwassermenge der Versuchsstandorte unter Ackernutzung im Mittel des Untersuchungszeitraumes.**

Versuchsstandort	Naturraum	Bodenart	Untersuchungszeitraum	Niederschlag <sup>1)</sup> mm/a	Sickerwassermenge
Großblüesewitz (1)	Nordostmecklenburgisches Flachland	Sand ü. Lehm	1973-2007	686	196
Falkenberg (2)	Altmark	Lehm ü. Sand	1993-2010	579	96
Kassel (4)	Westhessische Senke	Schluff ü. Ton	1995-2010	640	132
Möckern (5)	Düben-Dahlener Heide	Sand	2000-2010	608 <sup>2)</sup>	219
	Mittelsächsisches Lösshügelland	Schluff			122
Brandis (6)	Leipziger Lösshügelland	Lehm ü. Sand	1981-2010	588 <sup>2)</sup>	162
		Lehm ü. Lehm			118
	Mittelsächsisches Lösshügelland	Schluff			58
Buttelstedt (7)	Thüringer Becken	Schluff	1984-1994	516	12
		Ton ü. Lehm (ku)	2005-2011	537	40
		Ton ü. Lehm (ku)	1994-2010	536	94 <sup>3)</sup>
Großbebersdorf (8)	Osthüringer Saale-Elster Sandsteinplatte	Sand ü. Tonlehm (su)	1993-2006	629	145 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Im Hellmann, durchschnittlicher Wert im Untersuchungszeitraum; <sup>2)</sup> Niederschlag am Versuchsstandort, Böden unterschiedlicher Herkunft; <sup>3)</sup> mit Wasserhaushaltsmodell VERD berechnet, ku...unterer Keuper, su...unterer Buntsandstein

mittelgründigen Sandlöss über Lehm und Löss der Leipziger und mittelsächsischen Lösslandschaft (6) mit Austauschraten des Bodenwassers um 40 % bei 588 und 608 mm Niederschlag.

- Die tiefgründigen Löss der Westhessischen Senke (4), des mittelsächsischen Lösshügellandes (6) und des Thüringer Beckens (7) bilden unter dem Einfluss von 640, 588 und 516 mm Niederschlag 132, 58 und 12 mm Sickerwasser. Die Austauschraten belaufen sich auf nur 29, 9 und 2%.
- Auf den ebenso im Thüringer Becken vorkommenden lehmig-tonigen Rendzinen und Schwarzerden aus Keuper (7) mit 40 und 93 mm Sickerwasser weisen Austauschraten von 12 bis 30 % auf eine geringe Auswaschungsgefahr hin.
- In der südöstlich vom Thüringer Becken gelegenen Saale-Elster-Sandsteinplatte (8) entstehen auf den lehmig-sandigen Böden 145 mm Sickerwasser und liegt die Austauschrate bei 58 %.

Im Zusammenhang mit den langjährigen Messreihen der N-Auswaschung lassen sich die Versuchsstandorte in drei Gruppen einteilen:

- Auf den mittel- und tiefgründigen Lössböden mit sehr geringen Austauschraten des Bodenwassers (<40 und <10%) ist ein großer Teil des im Boden vorhandenen Stickstoffs im Folgejahr noch in der Wurzelzone enthalten. Durch Berücksichtigung bei der Bemessung der N-Düngung kann davon ein großer Teil vor der Auswaschung bewahrt werden. Das N-Verlagerungsrisiko dieser Gruppe ist sehr gering.

Auf diesen Böden wirkt sich die Bewirtschaftung erst mehrere Jahre später auf die N-Auswaschung aus. Die Bewertung des Landwirts anhand von Jahres-N-Salden würde die Möglichkeit dieser Standorte für geringe N-Auswaschung ignorieren.

- Einer weiteren Gruppe zugehörig sind die Schwarzerde aus unterem Keuper im Thüringer Becken und der

lehmunterlagerte Sandlöss des Leipziger Lösshügellandes mit mittlerer nFKwe von 90 und 150 mm. Ihr Verlagerungsrisiko wird mit den sehr niedrigen Austauschraten des Bodenwassers unterschätzt. Obwohl auch hier Jahres-N-Überschüsse im Folgejahr noch für das pflanzliche Wachstum zur Verfügung stehen, wird überdurchschnittlich viel Stickstoff ausgewaschen, wenn niederschlagsreiche auf mehrere trockene Jahre, in denen es auch zu Ertragsseinbrüchen mit entsprechenden N-Überschuss-Salden kommt, folgen.

Im mitteleuropäischen Trockengebiet sind Trockenjahre Jahre der Akkumulation von nicht verwertetem Stickstoff und führen Feuchthjahre auf ertragsunsicheren, flach- bis mittelgründigen Standorten zu erhöhtem N-Austrag und nicht zu einer Verdünnung der Nitratkonzentration des Sickerwassers.

Dieser Prozess ist unvermeidbar, selbst wenn die Düngung fachgerecht erfolgt ist. Unter fachgerechter Düngung wird die Bemessung der N-Düngerhöhe in Abhängigkeit vom Zielertrag des Standortes, dem N-Bedarf der Pflanze und der N-Bereitstellung aus Bodenquellen verstanden.

Der Anbau von Zwischenfrüchten stellt eine Möglichkeit dar dem entgegenzuwirken. Die Etablierung erfordert in Trockengebieten besondere Sorgfalt insbesondere bei der Saat und der Wahl des Aussaattermins.

- Eine dritte Gruppe mit Austauschraten von 60 bis 100% bilden die schluffig- und lehmig-sandigen diluvialen Böden im nordostmecklenburgischen Flachland und der Dahlen-Dübener Heide, die sandunterlagerten Sandlössböden im Leipziger Lössstiefeland sowie die lehmig-sandigen Verwitterungsböden der Saale-Elster-Sandsteinplatte mit im Vergleich zu den Trockenregionen etwas ergiebigeren Niederschlägen (Tabelle 1). Hier kann es in einem Jahr zu einem vollständigen Austausch des Bodenwassers kommen. Am Beispiel der Pseudogley-Braunerde der Saale-Elster-Sandsteinplatte konnte ein enger jährlicher Zusammenhang zwischen Jahres-N-

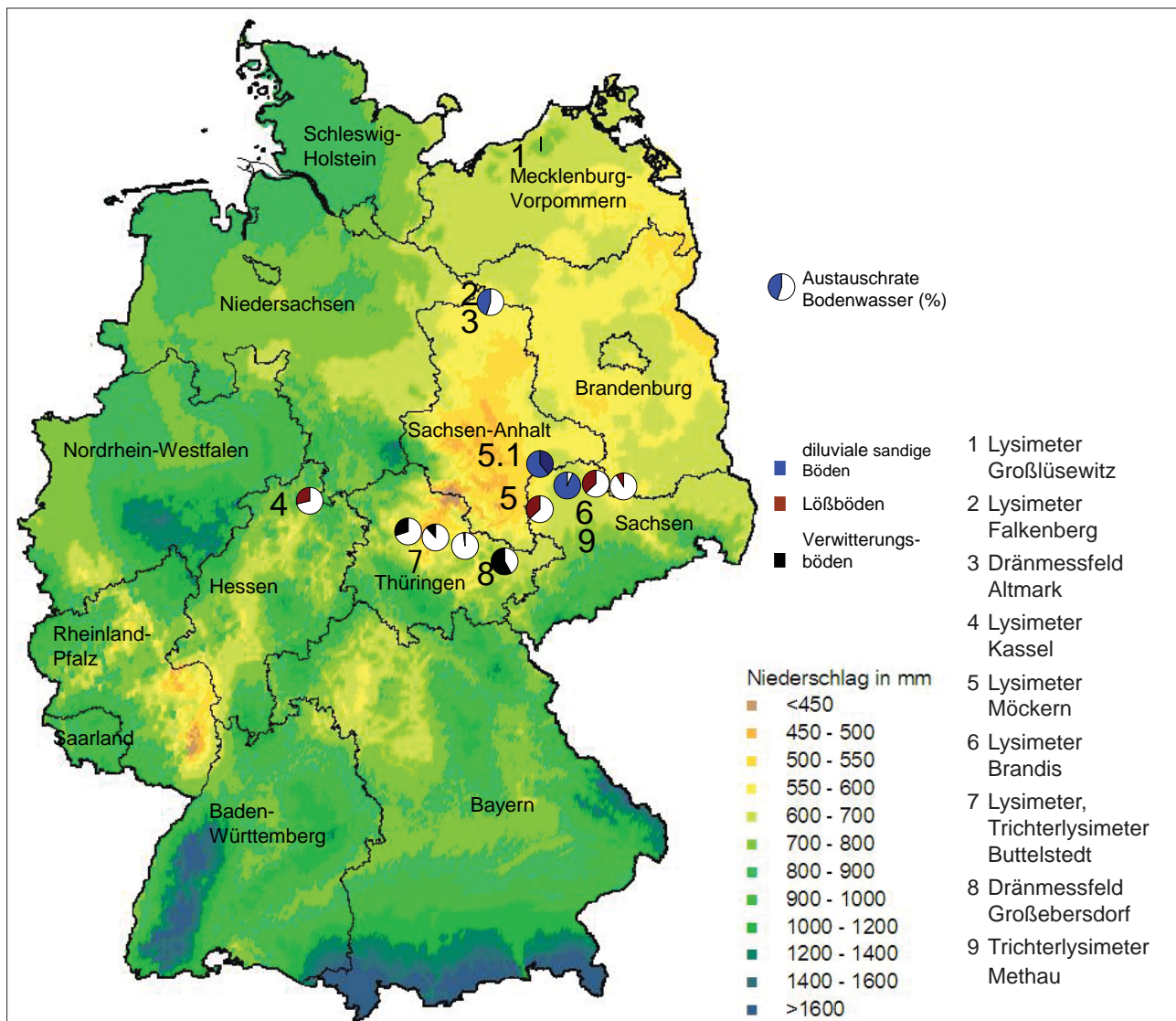


Abbildung 1: Darstellung der Austauschrate des Bodenwassers der Versuchsstandorte (Naturraum/ Standort: 1 nordostmeckl. Flachland/ Großlüsewitz; 2,3 Altmark/ Falkenberg; 4 Westhess. Senke/ Kassel; 5 Mittelsächs. Lößhügelland/Möckern; 5.1 Dübener Heide; 6 Leipziger/ Mittelsächs. Lößhügelland/ Brandis; 7 Thüringer Becken/ Butteltstedt; 8 Ostthür. Saale-Elster-Sandsteinplatte/ Großbebersdorf; 9 Mulde-Lößhügelland/ Methau).

Saldo, dem Boden- $N_{\min}$ -Gehalt vor Winter und der N-Auswaschung festgestellt werden. Auf diesen Standorten ist auf jährlich niedrige N-Salden zu achten.

### *Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen und -systemen*

Eine fachgerechte N-Düngung hat ein großes Potenzial für die Reduzierung der N-Auswaschung.

- Auf der Para-Rendzina aus unterem Keuper sinkt die N-Auswaschung im Ergebnis einer fachgerechten N-Düngung (134 kg/ha Mineral-N plus Stroh) im Trend von sieben Jahren um 0,6 kg/ha \* a trotz eines in diesem Zeitraum deutlich zunehmenden Trends der Sickerwassermenge. Der N-Saldo war ausgeglichen und die N-Auswaschung belief sich im Mittel der Jahre auf 5 kg/ha \*a. Die  $NO_3$ -Konzentration des Sickerwassers

verminderte sich von 134 mg/l im Jahr 2005 auf 26 mg/l im Jahr 2011 (7).

- Auf einer Schwarzerde aus Keuper gelingt es, unter Praxisbedingungen durch fachgerechte Düngung mit einem 6-jährigen negativen N-Saldo von durchschnittlich -48 kg/ha die  $NO_3$ -Konzentration des Sickerwassers von anfangs 300 mg/l deutlich unter 100 mg/l zu senken und im Mittel eines mehrjährigen Zeitraums den N-Austrag auf 20 kg/ha. In einer darauffolgenden 9-jährigen Periode mit einer nicht durchgängig fachgerechten N-Düngung entsteht ein N-Saldo von +55 kg/ha, der für einen Wiederanstieg des N-Austrages auf durchschnittlich 34 kg/ha mit verantwortlich ist (7).

Extensivierung bedeutet nicht zwangsläufig niedrige N-Auswaschung.

- Auf dem tiefgründigen Löss in der Westhessischen Senke bildet das Sickerwasser bei ökologischem Landbau im

Mittel von 16 Jahren eine  $\text{NO}_3$ -Konzentration von 70 mg/l, die signifikant höher liegt im Vergleich zu 40 mg/l unter integrierter Bewirtschaftung. Die N-Austräge sind mit Werten um oder unter 20 kg/ha in allen Varianten niedrig, unter ökologischem Landbau (etwa 20 kg/ha) höher im Vergleich zu integrierter Bewirtschaftung (10 bis 15 kg/ha). Die N-Salden der integrierten Bewirtschaftung liegen zwischen +8 und +15 kg/ha, die des ökologischen Landbaus im Bereich von -3 bis -47 kg/ha, letztere aufgrund hoher N-Abfuhr über Klee gras (4).

Ökologischer Landbau – auch mit negativen N-Salden – muss nicht gleich bedeutend sein mit sehr geringer Auswaschungsgefahr. Als eine wesentliche Ursache wird die unkontrollierte Freisetzung von N aus den im Herbst ausgebrachten organischen Düngern und eingearbeiteten Wurzelrückständen der Leguminosen, die auch außerhalb der Vegetation abläuft gesehen. Zur Senkung dieses Risikos bedarf es weitergehender Maßnahmen, die den Boden- $\text{N}_{\text{min}}$ -Gehalt in der vegetationslosen Zeit senken, wie z.B. Zwischenfruchtanbau. Am Beispiel des ökologischen Landbaus zeigt sich, dass der N-Saldo bei Anwendung organischer Dünger nur bedingt als geeignetes Maß für die Bewertung der N-Austragsgefahr dienen kann.

Dennoch gilt, dass die Senkung von N-Überschuss-Salden einen wichtigen Beitrag für die Verminderung der N-Auswaschung leistet.

Ziel muss es sein, die N-Düngebedarfsermittlung so auszurichten, dass N-Bilanzüberschüsse so gering wie möglich gehalten werden. Moderne Bemessungsprinzipien ( $\text{N}_{\text{min}}$ -Untersuchung, Nitrattest, N-Tester, N-Sensor) tragen zu einer bedarfsorientierten N-Versorgung bei.

- Integrierter Landbau mit mineralisch-organischer N-Düngung (142 Mineral-N plus 67 Stallmist-N und Stroh-

abfuhr) führt auf einem lehmigen Sand der Altmark im Mittel von 19 Jahren zu einem leicht negativen N-Saldo von -9 kg/ha. Der N-Austrag beträgt 22 kg/ha und liegt nicht wesentlich höher als unter Dauerbewuchs mit Feldgras und einmal Mulchen je Jahr mit 12 kg/ha. Die  $\text{NO}_3$ -Konzentration beläuft sich auf 107 mg/l. (2)

- Auf drei verschiedenen Böden des Leipziger Lösstieflandes fällt die mineralische N-Düngermenge im Mittel von 12 Jahren mit 142, 135 und 130 kg/ha etwa gleich groß aus. Das Stroh bleibt auf dem Feld. Die N-Salden schwanken zwischen +75 auf dem Sandlöss über Sand, auf dem der angestrebte Ertrag häufig nicht erreicht wird, +54 auf dem Sandlöss über Lehm und +13 kg/ha auf dem tiefgründigen Löss und zeigen einen engen Zusammenhang zu den N-Austrägen in Höhe von 57, 48 und 2 kg/ha. Die  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen des Sickerwassers belaufen sich auf 135, 112 und 8 mg/l (6).

Die langjährigen Messreihen lassen erkennen, dass es auch bei ausgeglichenen bis gering positiven N-Salden unter den geprüften Standortverhältnissen Mitteldeutschlands schwierig ist, die Nitratkonzentration des Sickerwassers unter 50 mg/l zu senken. Die N-Austräge können aber häufig im Bereich von 20 kg/ha gehalten werden (Abbildung 2).

Ein größeres Verlagerungsrisiko weisen die unter Kapitel „Verlagerungsdisposition der Böden“ genannten sandigen Böden des Leipziger Lösshügellandes (Austauschrate 100%), tonigen Böden aus Keuper im Thüringer Becken (Austauschrate 30%) und sandige Böden aus Buntsandstein in der Saale-Elster-Sandsteinplatte (Austauschrate 58%) sowie die sandigen Böden im nordostmecklenburgischen Flachland (Austauschrate 101%).

Organische Düngung kann im Vergleich zu mineralischer Düngung das Risiko der N-Auswaschung erhöhen, das

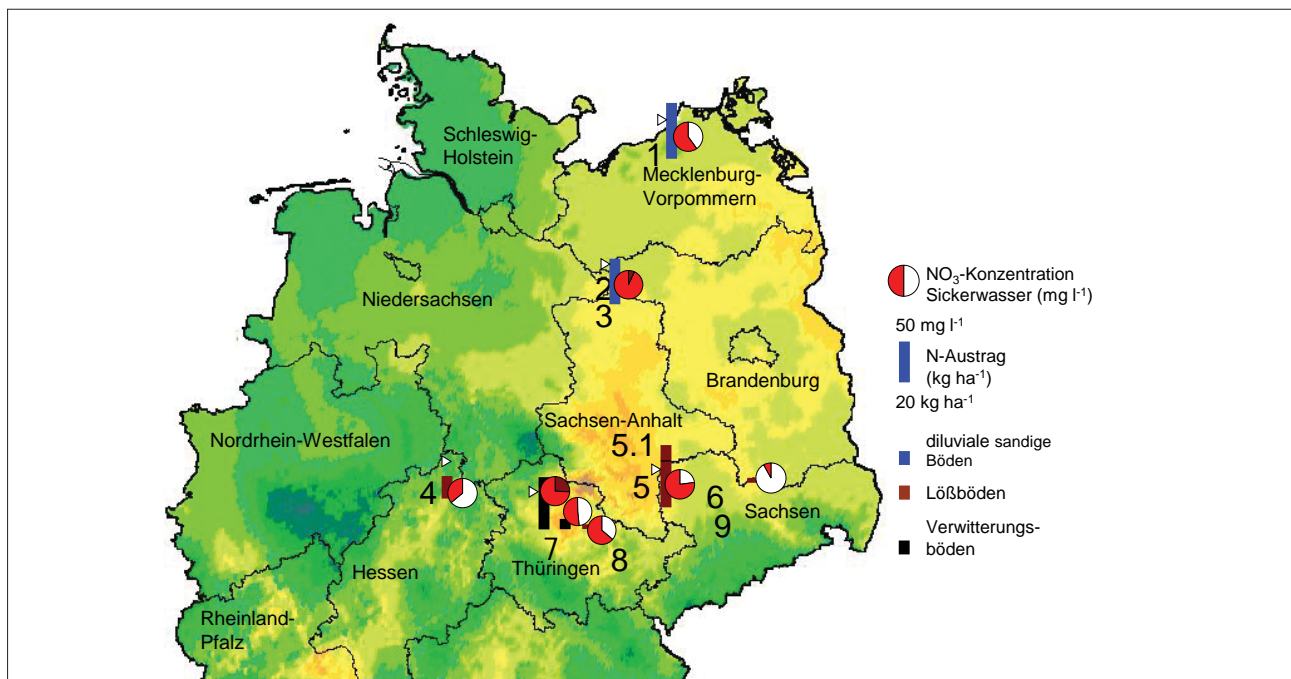


Abbildung 2: N-Austrag und  $\text{NO}_3$ -Konzentration des Sickerwassers unter der Randbedingung ackerbaulicher Nutzung mit N-Salden < 20 kg/ha (Dreieck neben der Säule markiert 20 kg/ha N-Austrag).

muss aber nicht zwangsläufig so sein. Die Ursache liegt im erhöhten N-Umsatz auch außerhalb der Vegetationszeit:

- In einem seit 1966 angelegten Dauerdüngungsversuch auf einem Lößlehm im Mulde-Lösshügelland zeigte sich im Mittel von 15 Jahren, dass bei optimalen Erträgen die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration des Sickerwassers unter mineralisch-organischer Düngung mit Stallmist höher liegt als unter alleiniger mineralischer Düngung. Allerdings erlaubt Stallmistdüngung einen um 16 dt GE höheren Optimalertrag. Dafür ist aber auch eine höhere N-Düngermenge (160 kg/ha Mineral-N plus 53 kg/ha Stallmist-N im Unterschied zu 170 kg/ha Mineral-N) erforderlich. Das Stroh wird jeweils abgefahren. Der N-Saldo der mineralischen Variante ist mit -20 kg/ha geringfügig negativ und der der Stallmistvariante mit +10 kg/ha etwas positiv. (9)
- Auf dem tiefgründigen Löß in der Westhessischen Senke gibt es zwischen den Varianten intensiver Ackerbaubetrieb, Gemischtbetrieb mit 0,8 GV/ha (15 m<sup>3</sup> Gülle/ha jährlich) und Gemischtbetrieb mit 1,6 GV/ha (30 m<sup>3</sup>/ha Gülle jährlich) kaum Unterschiede im N-Saldo und in der N-Auswaschung. In der Variante Ackerbaubetrieb, ohne Vieh bemisst sich der N-Saldo auf +1 kg/ha, der N-Austrag auf 9,5 kg/ha und die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration des Sickerwassers auf 34 mg/l. In der Variante Gemischtbetrieb mit 1,6 GV/ha sind es +13 kg/ha N-Saldo, 12 kg/ha N-Austrag sowie 38 mg/l  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration des Sickerwassers. (4)
- Auf der sandigen Pseudogley-Braunerde der Ostthüringer Sandsteinplatte mit einer Austauschrate von 58% hat die Ausbringung von Gülle in drei von fünf Jahren jeweils nach der Ernte und im Herbst die N-Auswaschung begünstigt. (8)

Um das höhere Risiko der N-Auswaschung unter organischer Düngung zu begrenzen, sollten sehr hohe Gaben und sehr hohe Anteile organischer Düngung an der Gesamt-N-Düngung im integrierten Landbau vermieden werden und flüssige Wirtschaftsdünger auf Standorten mit Austauschraten > 60% zu einem größeren Teil während der Vegetationszeit ausgebracht werden.

Mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität (Pflug, Grubber, Direktsaat) zeigte sich ein Rückgang der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration des Sickerwassers, vermutlich über eine Verdünnung des Bodenwassers durch schnell in Grobporen versickerndes Niederschlagswasser. Die unterschiedlichen Verfahren der Bodenbearbeitung hatten keinen Einfluss auf die Höhe der N-Auswaschung. (5, 5.1)

### Unvermeidbare N-Auswaschung

Als unvermeidbar gilt eine N-Auswaschung, die trotz Ausnutzung aller im Sinne einer guten fachlichen Praxis verfügbaren pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Erzielung optimaler Erträge und ausreichender Produktqualitäten (BAUMGÄRTEL et al. 2003) entsteht. Der Standort beeinflusst diese Größe stark. Langfristig gesehen muss die unvermeidbare N-Auswaschung durch Düngung ersetzt werden, wenn es nicht zu einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit kommen soll. Deshalb gibt diese Größe in etwa auch die Höhe des unvermeidbaren N-Flächen-Saldos an. Diesen Wert kann der Landwirt langfristig nicht ohne wirtschaftliche

Einbuße unterbieten. Zuzüglich eines Toleranzbereiches, der die vom Landwirt nicht beeinflussbaren Wachstumsfaktoren (Witterung, Krankheiten) berücksichtigt, ergeben sich daraus standortabhängige Schwellenwerte für N-Salden.

- Auf dem tiefgründigen Löß im Thüringer Becken dürfte die Höhe der unvermeidbaren N-Auswaschung und damit der unvermeidbare N-Flächen-Saldo unter Ackernutzung bei einer Sickerwassermenge von durchschnittlich 12 mm je Jahr (Mittelwert der Jahre mit Ackernutzung von 1983 bis 1994) nicht höher als auf 3 kg/ha zu beziffern sein. Zuzüglich eines Toleranzbereiches von etwa 20 kg/ha ergibt sich daraus für diesen Standort ein Schwellenwert von 23 kg/ha, den der Landwirt langfristig nicht überschreiten sollte (7).

Einem ausgeglichenen 28-jährigen N-Saldo aus 18 Jahren Ackernutzung und 10 Jahren Feldgemüsebau stehen bei einer Sickerwassermenge von durchschnittlich 40 mm je Jahr ein N-Austrag von 12 kg/ha und eine Nitratkonzentration von 128 mg/l gegenüber. Dieses Ergebnis zeigt, dass es auf den tiefgründigen Lössen im Thüringer Becken unter Ackernutzung schwierig sein wird, eine Nitratkonzentration unter 50 mg/l zu erreichen (7).

### Schlussfolgerung

Fachgerechte Düngung ist wichtig für niedrige N-Auswaschung. Mittel- und tiefgründige Lehmböden bieten die Möglichkeit, vor Winter im Boden enthaltenen mineralischen Stickstoff der Folgekultur noch bereitzustellen. Mittel- bis flachgründige Böden setzen aufgrund ihres Ertragsbildungsrisikos Grenzen für die Einhaltung niedriger N-Auswaschung. Flüssige organische Düngung sollte auf Standorten mit Austauschraten >60% zu einem großen Anteil in der Vegetationszeit eingesetzt werden. Zwischenfruchtanbau ist auf allen auswaschungsgefährdeten Böden eine weitergehende Maßnahme. Das Ziel, 50 mg/l Nitrat im Sickerwasser, ist im mitteldeutschen Trockengebiet häufig nicht zu erreichen. Die Frage ist, inwiefern ein Nitratabbau in der ungesättigten Bodenzone abläuft und inwiefern das Denitrifikationspotenzial bei den z.T. sehr geringen N-Frachten geschmälert wird. Für den Landwirt sind standortabhängige Schwellenwerte für N-Salden wichtig. An diesen Werten kann er prüfen, ob er die Möglichkeiten der Bewirtschaftung für niedrige N-Auswaschung ausgeschöpft hat oder nicht. Damit im Zusammenhang geht es auch um das Management der organischen Düngung.

### Literatur

- KNOBLAUCH, S., E. ALBERT, U. HAFERKORN, J. HEYN, L. HEROLD, T. LIPPOLD, E. LEHMANN, J. LORENZ, B. ZACHOW, R. MEISSNER, J. SEEGER, M. SCHRÖDTER und C. STRAUSS, 2013: Kooperation Lysimeter. Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N-Befrachtung der Gewässer. In: Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen. Heft 6/ 2013.
- BAUMGÄRTEL, G., T. EBERSEDER, R. GUTSER, U. HEGE, J. HÜTHER, F. LORENZ, K. ORLOVIUS, J. POLLEHN, D. PRADT, M. REX und U.-P. WODSAK, 2003: Nährstoffverluste aus landwirtschaftlichen Betrieben mit einer Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis. Schrift des Bundesarbeitskreises Düngung.