

Dr. Reinhold Gutser, TU München-Weihenstephan

Die gute fachliche Praxis aus Sicht der Ökonomie und Ökologie

Aktuelle Aspekte und Entwicklungen einer zielgerichteten Düngung

Ursachen und Abhilfemaßnahmen für die Umweltbeeinträchtigung – unvermeidbare Belastung – gesetzliche Vorgaben und Vorschläge für deren Nachbesserung. Kurzfassung des Vortrages anlässlich der 33. Pflanzenbaulichen Tagung in Sindelfingen (20.11.2001)

Ausmaß und Ursachen derzeitiger Umweltbeeinträchtigung

Ist und Soll-Situation für Umweltstandards

Landwirte erzeugen nicht nur Nahrungsmittel, sondern Kultur- und Erholungslandschaft und beeinflussen durch ihre Produktionsweise auf den ihnen anvertrauten 80% der Landesfläche Deutschlands (Land- und Forstwirtschaft) unter anderem die stoffliche Qualität unserer Umwelt, der Hydrosphäre und der Atmosphäre. Die Öffentlichkeit erwartet von ihren Landwirten zunehmend mehr Umweltleistung, sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht. Der Schutz der Hydrosphäre und Atmosphäre, der Pedosphäre (Bodenschutz) und die Erhaltung der Artenvielfalt als biotische Ressource stehen hierbei im Vordergrund.

Jede Art der Landwirtschaft ist zwangsläufig mit Eingriffen in den Naturhaushalt verbunden. Die derzeitigen Anteile der Landwirtschaft an den durch den Menschen verursachten Umweltproblemen sind beachtlich (Abb. 1) und bedürfen einem Gegensteuern durch optimierte und modifizierte Produktionsweisen, begleitet durch geeignete rechtliche Vorgaben und agrarpolitische Rahmenbedingungen. Für eine wirksame Verbesserung der Umweltqualität ist eine ausschließliche Förderung des Öko-Landbaus nicht notwendig, wenngleich diese Art der Bewirtschaftung eine besonders umweltschonende Form darstellt. Es bleibt genügend Spielraum, um durch eine angepasste konventionelle Land-

wirtschaft gute Umweltstandards zu erreichen.

In den achtziger Jahren wurde insbesondere dem hohen Beitrag der Landbewirtschaftung zur Eutrophierung der Hydrosphäre größere Beachtung gewidmet. (Ziel: Halbierung der N- und P-Einträge bis 1995). In den neunziger Jahren erhielt die Reduktion der Emissionen an N-haltigen Schadgasen wie NH₃ und N₂O zunehmende Bedeutung (so z.B.: Limitierung der NH₃-Emissionen in BRD ab 2010 auf jährlich 550 kt; das entspricht einer Reduktion der 1990 emittierten Menge um ca. 30 - 40 %).

Derzeit werden aus Sicht von „Landwirtschaft“ und „Umweltschutz“ z.B. für den Nährstoff Stickstoff sehr unterschiedliche tolerierbare Obergrenzen für Emissionen in die Hydro- und Atmosphäre gefordert. Basis der landwirtschaftlichen Sichtweise ist eine Landbewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis mit der Zielvorgabe der Sicherung einer hohen Produktivität.

Der Umweltschutz orientiert sich zum Teil an critical loads (z.B. NH₃), an Emissionen (N₂O) aus nicht oder schwach gedüngten Flächen oder an Zielwerten einer 50 - 80%igen Reduzierung der N-Frachten (NO₃) in die Oberflächengewässer. Die derzeitige Ist-Situation für N-Verluste unterscheidet sich um den Faktor 2 bis 3,5 von den Zielwerten aus Umweltsicht (Abb.2).

Die Ursachen für hohe N-Einträge sind heute weniger die Folgen einer zeitlich und technisch fehlerhaft ausgebrachten aktuellen Düngung, sondern in erster Linie die Auswirkungen einer in den vergangenen 10-20 Jahren vielfach zu hoch dosierten Düngung, und dies insbesondere in tierhaltenden Betrieben. Der Überschuss-Saldo (Hoftorbilanz, Flächen- und Stall-Bilanz) beträgt im Mittel der BRD nach maximal 150-160 kg N/ha (1980) heute immerhin noch 100 kg N/ha und ist unter der Annahme stabiler N-Vorräte der Böden

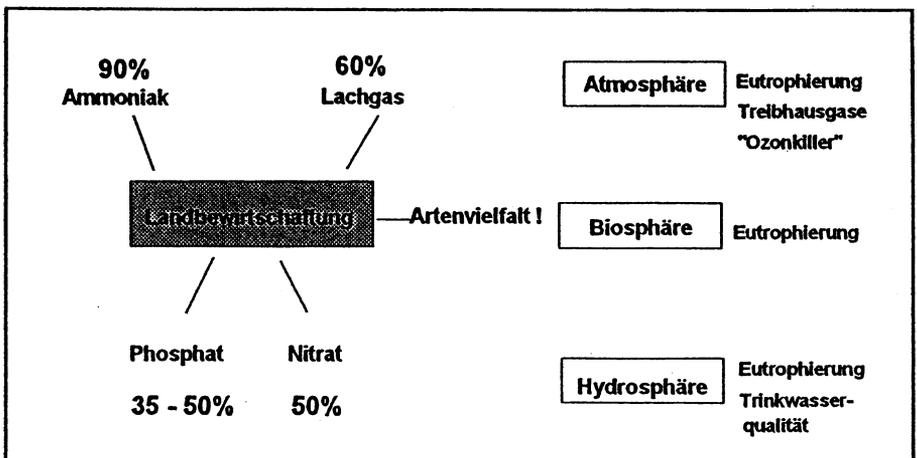


Abbildung 1: Anteil der Landwirtschaft an anthropogen bedingten Umweltproblemen (Gutser und Matthes, 2001)

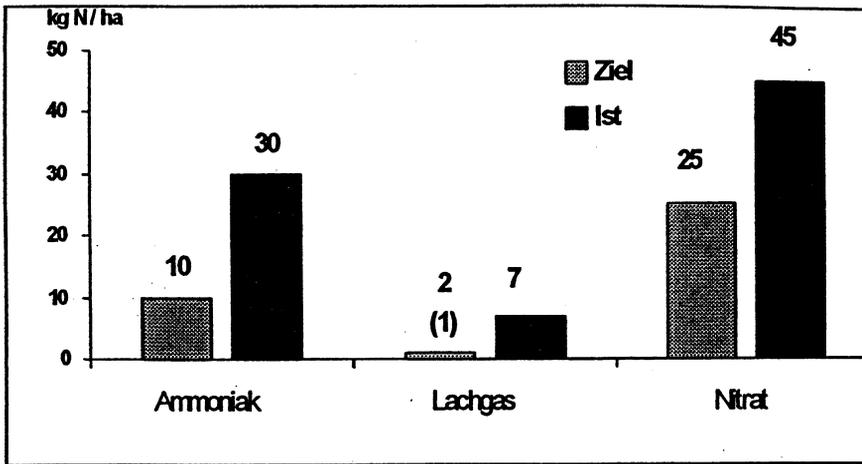


Abbildung 2: Umweltqualitätsziele der Landwirtschaft aus Sicht des Umweltschutzes (Gutser und Matthes, 2001)

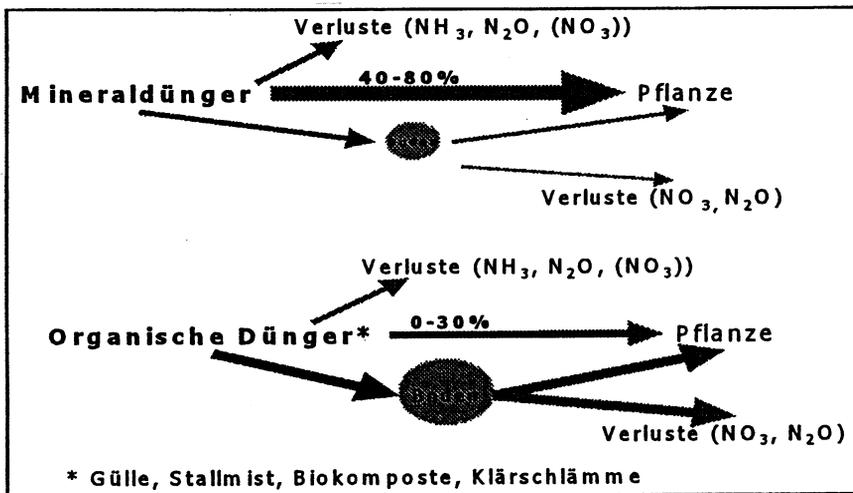


Abbildung 3: Wirk- und Verlustpfade organischer und mineralischer N-Dünger (Gutser und Matthes, 2001)

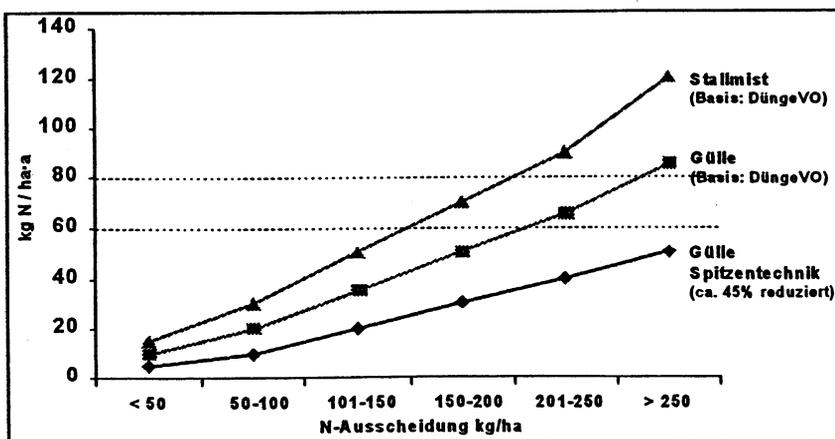


Abbildung 4: Unvermeidbare Ammoniakverluste aus der Tierhaltung (Summe aus Stall, Lagerung und Ausbringung) (Gutser und Ebertseder, 2001)

gleichzusetzen mit dem durchschnittlichen jährlichen N-Austrag je ha in Gewässer und Atmosphäre, wobei allerdings auch der quantitativ schwer abschätzbare Verlustpfad „ N_2 aus der Denitrifikation“ mit enthalten ist.

Der hohe „Fruchtbarkeitszustand“ der Böden gewährleistet zwar Ertragssicherheit, erhöht allerdings auch das Potenzial für N-Verluste (Abb. 3). Hohe N-Potenziale der Böden sind insbesondere in tierhaltenden Betrieben vorzufinden, welche die Langzeitwirkung der organischen Düngung nicht hinreichend berücksichtigt haben.

Abbildung 3 weist auf die schwache Kurzzeit- und beachtliche Langzeitwirkung organischer Düngung hin. Während im Anwendungsjahr 40-80 % des applizierten mineralischen Düngers durch die Pflanze verwertet werden, erreichen organische Dünger nur eine Verwertung von 0-30 %. In Konsequenz hierzu und in Verbindung mit der zugeführten organischen Substanz weisen Böden mit langjähriger organischer Düngung (z.B. Betriebe mit Tierhaltung) höhere N-Potenziale der Böden auf als überwiegend mineralisch gedüngte Flächen. Die Folge sind höhere Verluste von Nitrat- und Lachgasstickstoff aus dem Bodenpool. Im Falle der NH_3 -Verluste handelt es sich bei sämtlichen Düngern um sehr kurzfristig (Stunden bis 14 Tage) nach der Düngung auftretende Emissionen.

So sind die Verluste an Nitrat-N durch Auswaschung sehr wesentlich auf das im Boden angereicherte N-Potenzial zurückzuführen (Langzeitversuch im Weihenstephaner Lysimeter).

Auch der als Lachgas (N_2O) entweichende Stickstoff besteht zu einem beachtlichen Teil aus über Düngung angereichertem Bodenstickstoff. In Kombination mit mineralischer N-Düngung wurde auf N-reichen Böden bis zu 90% des emittierten N_2O -Stickstoff als Boden-N nachgewiesen.

Die NH_3 -Verluste entstammen nahezu ausschließlich (bis zu 90 %) aus der Tierhaltung einschließlich des Recyclings für die Exkremente. Die Verluste aus der Tierhaltung werden trotz guter Techniken (Stall, Lagerung, Feld) und optimierter Fütterung wesentlich von

der Tierdichte (GV/ha LN) vorbe-
stimmt (Abb. 4). Auf Wechselwirkun-
gen zwischen Ammoniak- und Lach-
gas-Emissionen wird später noch hin-
gewiesen.

Düngungsstrategien

Eine Verbesserung der Umweltleistung
der Landwirtschaft ist in erster
Linie durch eine Rücknahme des Dün-
gungsniveaus für Stickstoff und der
Tierdichte zu erreichen. Dies gilt so-
wohl für die Ebene eines Einzelbetrie-
bes als auch für die einer Anbauregion
(Kreis, Regierungsbezirk, Bundesland).
Darüber hinaus lassen sich auch durch
ein Optimieren von Düngungsstrategien
die Austräge von Stickstoff in die
Hydrosphäre und Atmosphäre weiter
verringern. In diesem Vortrag können
nur einige Möglichkeiten aufgezählt
und teilweise auch mit Beispielen be-
legt werden.

Einsatz von stabilisierten N-Düngern (Auswaschung, N₂O-Emission)

In einem Langzeitexperiment in Wei-
henstephan konnte die Effizienz der N-
Düngung durch den Einsatz von NH₄-
stabilisierten mineralischen Düngern
gegenüber konventionellen Düngern
gesichert verbessert werden. Neben Er-
tragsvorteilen und Minderung der Nitr-
ratauswaschung wurde insbesondere
ein beachtlicher Rückgang der N₂O-
Emissionen festgestellt (Abbildung 5).
Dieser Rückgang ist sehr wesentlich
auf die mit diesem Dünger ermöglichte
vereinfachten Anwendungsstrategien
(Einsparung von Teilgaben) zurückzu-
führen.

- Räumlich gezielte Applikation der
Dünger in die Pflanzenreihen oder
bestimmte Bodenschichten (N₂O-
Emission)

Abbildung 6 vermittelt unsere derzeitige
Vorstellungen, wie durch eine ge-
zielte Düngerapplikation der N₂O-
Emission aus unseren „fruchtbaren“
Böden begegnet werden könnte. Neben
der N-Menge soll auch die N-Form
und vor allem die räumliche Applika-
tion des Düngers in die Bodenkrume den
dort stimulierten N-Umsatz kontrollie-

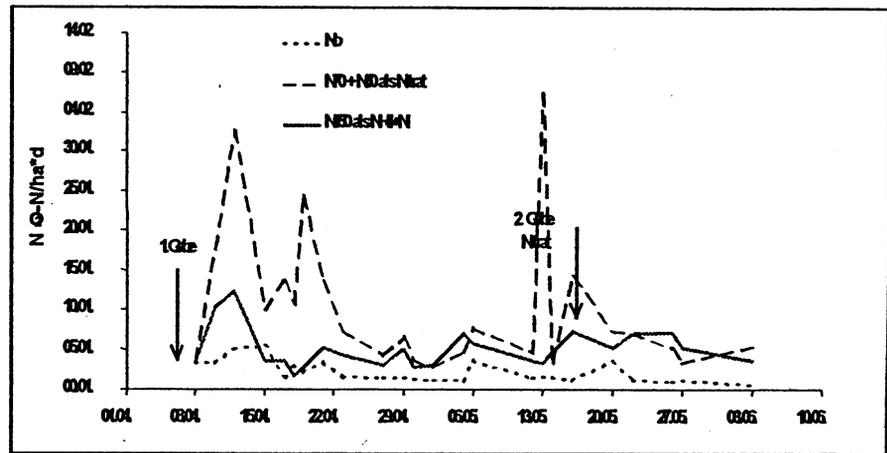


Abbildung 5: N₂O-Emission nach Nitrat- und Ammonium (stabilisiert)-
Düngung von Sommerweizen - 1 bzw. 2 Teilgaben - (Kilian,
1997; Gutser, 1999)

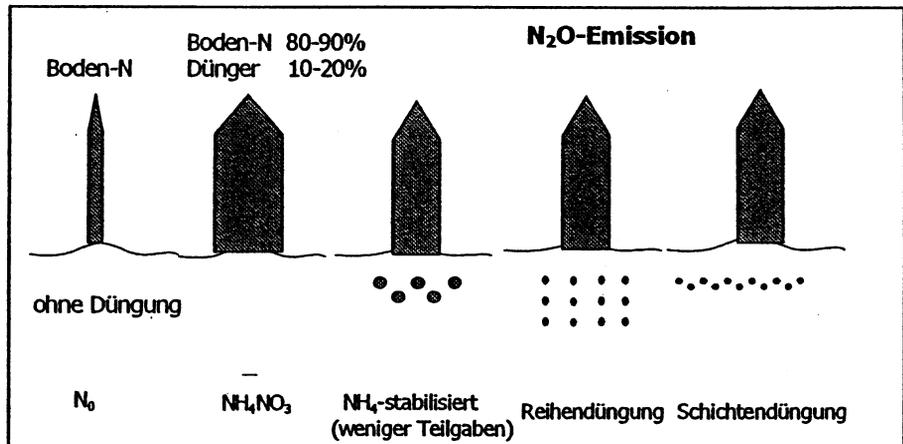


Abbildung 6: Düngestrategien zur Verminderung der N₂O-Emission aus
„fruchtbaren“ Böden

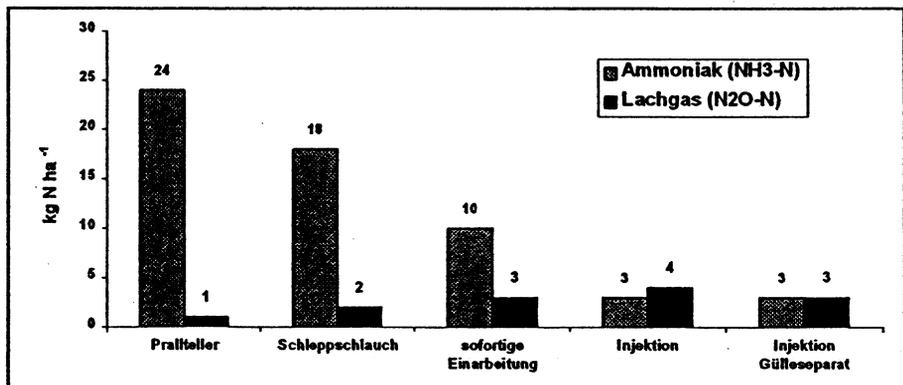


Abbildung 7: Wechselwirkung zwischen NH₃- und N₂O-Verlusten nach un-
terschiedlichen Einsatzstrategien von Gülle zu Mais (Dün-
gung: 60 kg NH₄-N ha⁻¹; Meßperiode 4 Wochen) - (Dosch,
1996)

ren und folglich auch Verluste durch N₂O-Abgasung vermindern lassen.

- NH₃-konservierende Anwendungs-
verfahren für Gülle

Die NH₃-Emissionen aus Gülle können durch geeignete Applikationsverfahren und Aufbereitungstechniken der Gülle zweifellos beachtlich vermindert werden (Abb. 7).

Abnehmende NH₃-Verluste sind allerdings stets mit einer Zunahme der Verluste an anderen N-haltigen Spurengasen, hier Lachgas verbunden. Die Op-

timierung von Güllestrategien muss demnach stets das gesamte mögliche Verlustpotenzial berücksichtigen.

- Auch durch die Auswahl der in einer Fruchtfolge vertretenen Kulturen kann sehr wesentlich das Potenzial für N-Verluste beeinflusst werden (Abb. 8).

Während z.B. der Mais, aber auch Zuckerrüben (nicht abgebildet) den Bodenstickstoff, bedingt durch deren lange Vegetation in der warmen Jahreszeit, gut verwerten können (negativer N-Saldo), benötigt Winterraps auch auf

fruchtbaren Böden stets eine intensive Begleitung über eine kräftige N-Düngung von Februar bis

Moderne Systeme des „Precision farming“ lassen insbesondere ökologische Vorteile für die Landwirtschaft erwarten. Mit dem Erkennen und der räumlichen Abgrenzung von Bodenheterogenitäten für Teilflächen eines Schlages sollte eine kleinräumige Optimierung des N-Einsatzes entsprechend der Ertragserwartung ermöglicht werden. Häufige Ursachen für ertragsschwache Standorte ist eine Limitierung mit Wasser, so dass vor allem in Regionen mit geringen Niederschlägen aus dem Wasserpotenzial der Teilflächen die Ertragserwartung und das Düngungsbedürfnis relativ sicher prognostiziert werden kann. Aus dem Anteil der ertragsschwachen Zonen eines Gesamtschlages lässt sich das Einsparungspotenzial der Düngung und folglich die Risikominderung für N-Verluste prognostizieren.

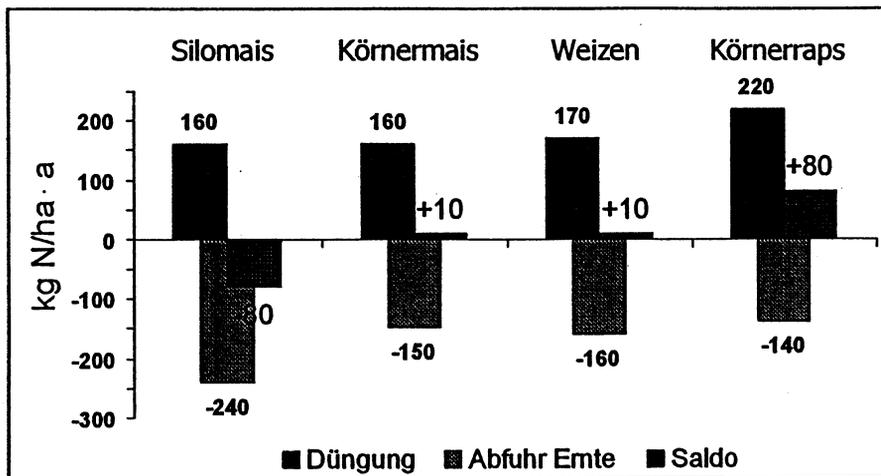


Abbildung 8: Fruchtspezifischer N-Saldo verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen

Indikatoren zur Grobsteuerung und Bewertung der Düngepraxis (N-Salden)

Für die Bewertung der Düngepraxis in landwirtschaftlichen Betrieben sind aussagekräftige Indikatoren erforderlich. Mehrjährig gemittelte N-Salden einer Hoftorbilanz bzw. einer kombinierten Schlag- und Stallbilanz ermöglichen eine Auswertung des Potenzials für N-Verluste. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass der betriebliche N-Saldo nach dem gleichen Bilanzierungsverfahren ermittelt wird wie die Zielwerte. An unserem Lehrstuhl wird die Hoftorbilanz mit Einbeziehung der N₂-Fixierung von Leguminosen, aber ohne Berücksichtigung der N-Einträge aus der Atmosphäre als Mittelwert über drei bis fünf Jahre bevorzugt.

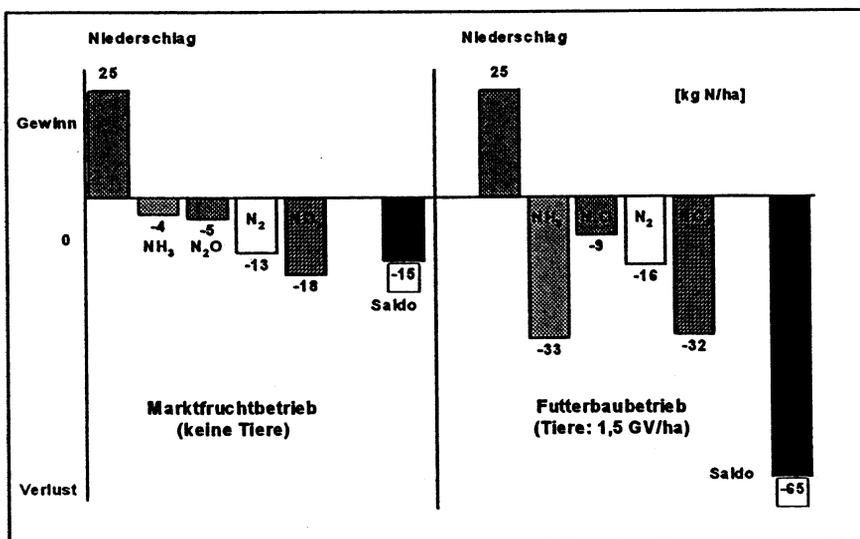


Abbildung 9: Unvermeidbare Gewinne und Verluste an Stickstoff (kg N/ha AF) unter günstigen Standortbedingungen (Gutser und Wagner, 2000)

Zielwerte für die Ermittlung optimaler betriebs- und standortspezifischer N-Salden können aus Langzeitexperimenten ohne und mit Erfassung der Verlustpfade auf dem Feld (Verluste an N-haltigen Gasen, NO₃-Auswaschung) und unter Einbeziehung von NH₃-Verlusten in Stall und Düngelager ermittelt werden (Abb. 9). Es handelt sich hierbei stets um Bruttosalden, in denen sogenannte unvermeidbare N-

Verluste im Stall und Lager vollständig mit enthalten sind. Die höheren unvermeidbaren Verluste der tierhaltenden Betriebe gegenüber Marktfruchtbetrieben sind bedingt in erster Linie durch höherer NH₃-Emissionen, aber auch durch höhere N₂O-Verluste und Nitrat auswaschung (N-Potenzial der Böden). Diese Salden reflektieren das Verlustpotenzial der Betriebe: der N-Überschuss entspricht der Höhe der unvermeidbaren Verluste (Basis: Bewirtschaftung nach „guter fachlicher Praxis“); die optimale Düngungshöhe bemisst sich als Summe aus N-Abfuhr der Ernten und unvermeidbaren N-Verlusten. In Ergänzung hierzu wird ein Schätzrahmen für die Ermittlung unvermeidbarer N-Verluste von Einzelbetrieben in Abhängigkeit von Standort und Tierdichte vorgestellt (Abb. 10).

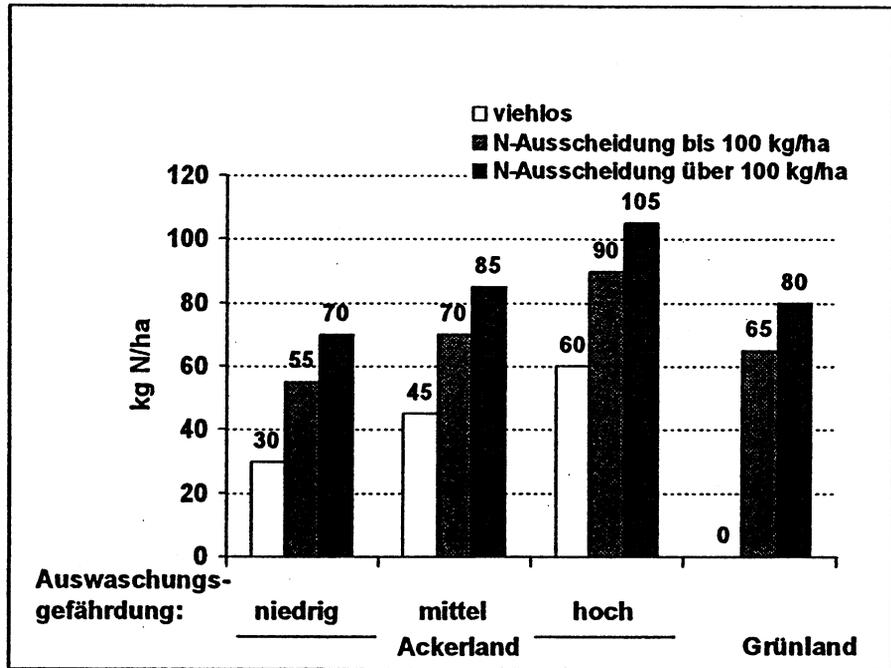


Abbildung 10: Orientierungswerte für betriebstypabhängige, unvermeidbare N-Verluste bei nachhaltiger Pflanzenernährung und Bodenfruchtbarkeit (Gutser und Ebertseder, 2001)

Je nach Tierdichte liegen optimale Zielwerte dieses N-Saldos für Marktfruchtbetriebe bei ca. 30-45 kg N, für Futterbaubetriebe mit weniger als 1 GV/ha bei 60-80 kg N und über 1 GV/ha bei 80-100 kg N, jeweils bezogen auf 1 ha LN (Abb. 11). Der derzeit vom Umweltbundesamt geforderte Schwellenwert für N-Salden landwirtschaftlicher Betriebe liegt bei 50 kg N/ha, im Falle auswaschungsgefährdeter Standorte bei ca. 35 kg N/ha. Diese Forderung würde nur von Marktfruchtbetrieben und Futterbaubetrieben mit einer Tierdichte < 0,5 GV/ha erfüllt werden können.

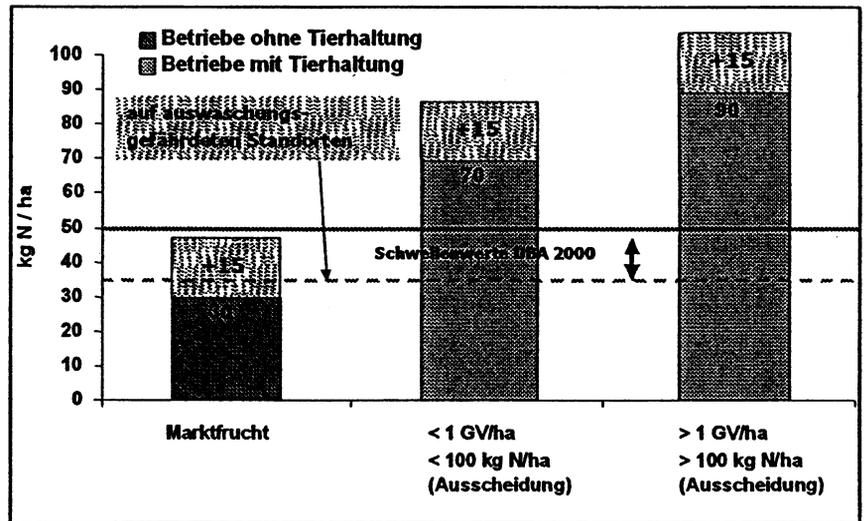


Abbildung 11: Orientierungswerte für tolerierbare betriebsspezifische N-Salden unter günstigen Standortbedingungen (Obergrenzen, Brutto-Salden incl. Verluste in Stall und Lager) (Gutser und Matthes, 2001)

Aus Sicht der Landwirtschaft und des Umweltschutzes wird demnach insbesondere auf auswaschungsgefährdeten Standorten die optimale N-Düngung und die Tolerierbarkeit unvermeidbarer Verluste sehr unterschiedlich bewertet (Ertragssicherung contra Umweltqualität: „N-Auswaschung“). Zudem verdeutlicht Abbildung 11 die Forderung, dass sich keine pauschalen, sondern nur betriebsspezifische Zielwerte (Schwellenwerte) für eine Beurteilung der Qualität der Düngepaxis eignen.

Neufassung der Düngerverordnung

Zur Steigerung der Effizienz und Umweltverträglichkeit der Düngung sowie für die Konkretisierung der „guten

fachlichen Düngepaxis“ ist eine Nachbesserung der Düngerverordnung erforderlich. Die „gute fachliche Praxis“ muss gleichrangig sowohl auf standortangepassten optimalen Ertrag

und monetären Erfolg als auch auf Umweltqualität abzielen.

Generell sollte dem Nährstoffabgleich ein deutlich höherer Stellenwert eingeräumt werden. Über mehrere Jahre auf

Betriebsebene gemittelte Salden eignen sich nicht nur zur Grobsteuerung der Düngung, sondern auch für die Bewertung der Düngereffizienz aus ökonomischer und ökologischer Sicht.

Ein Abgleich von Input und Output ist nicht nur für den Nährstoff Stickstoff, sondern auch für Phosphor zu fordern. Das zulässige P-Recycling auf sehr hoch mit Phosphor versorgten Böden über Wirtschaftsdünger sollte auf das halbe Niveau der P-Abfuhr (d.h. ca. 15 kg P oder 35 kg P_2O_5 /ha'a) begrenzt werden. Längerfristig wäre eine weitere Rücknahme der P-Zufuhr über Wirtschaftsdünger ähnlich den auf Bodenuntersuchungen aufbauenden üblichen Düngungsstrategien zu fordern (für Böden mit anzustrebender P-Versorgung: Düngung = Abfuhr; für hohe P-Versorgung: Düngung = $\frac{1}{2}$ Abfuhr; für sehr hohe P-Versorgung (zumindest aber stets ab Gehalten an CAL-löslichem P von 50 mg P_2O_5 /100 g Boden): keine Düngung).

Mit der Begrenzung der P-Fracht wäre auch die jährlich zulässige N-Zufuhr vorgegeben. In einer 30 kg P (= 70 kg P_2O_5) enthaltenen Ausscheidung sind etwa auch 170 kg N enthalten, von denen bis zur Ausbringung (je nach Verlusten in Stall und bei der Lagerung) noch etwa 120 – 140 kg N zur Verfügung stehen. Eine N-Düngung in dieser Menge je ha lässt noch ausreichenden Raum für eine mineralische Ergänzungsdüngung (N) zur Steuerung des Pflanzenwachstums und der Produktqualität und gewährleistet insgesamt eine gute N-Verwertung. Somit sollte die jährlich je ha applizierbare Höchstmenge an Stickstoff über Wirtschaftsdünger nicht wie bisher auf 170 kg N „ausgebrachte Menge“, sondern auf 170 kg N „ausgeschiedene Menge“ festgelegt werden.

Für Grünlandflächen wäre über eine Aufstockung dieser Höchstmenge auf 200 kg N „ausgeschiedene Menge“ / ha zu befinden (höhere N-Abfuhr durch den Grünlandaufwuchs als durch das Erntegut der Ackerkulturen), sofern es die P-Versorgung der Betriebsflächen und die regionale Situation der durch

Landbewirtschaftung verursachten NH_3 -Emissionen zulassen.

Durch die Begrenzung dieser Höchstmengen auf Basis tierischer Ausscheidung bestünde für die Landwirte ein größerer Anreiz, zum einen über eine optimale Fütterung möglichst niedrige N-Ausscheidungen je Tier und somit höhere tolerierbare Tierdichten zu erreichen und zum anderen über eine verlustarme Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger die für ein optimales Pflanzenwachstum notwendigen Aufwendungen an mineralischer Ergänzungsdüngung möglichst gering zu halten. Für die Umsetzung dieser geänderten rechtlichen Vorgaben bezüglich des Nährstoffrecyclings von Wirtschaftsdünger sind angemessene Übergangsfristen einzuräumen.

Die Landwirte benötigen Zielwerte für die Bewertung der in ihren Betrieben ermittelten N-Salden – mehrjährig gemittelte Bruttosalden auf Betriebsebene ohne Vorwegabzug unvermeidbarer Verluste sind besonders gut geeignet. Diese Zielwerte sind auf den jeweiligen Betriebstyp und hier besonders auf die Tierdichte abzustimmen (siehe unvermeidbare Verluste).

Die Aussagekraft der Bodenuntersuchung für die Optimierung und Bewertung einer „guten fachlichen Düngepraxis“ sollte nicht überbewertet werden. Hierfür eignen sich sorgfältig erstellte Abgleiche der Nährstoffzu- und abfuhr (Bruttosalden) besser.

Somit sollte sich eine Überarbeitung der Dünge-Verordnung auf folgende Schwerpunkte konzentrieren:

- Die „gute fachliche Praxis“ zielt gleichrangig mit Produktivität und Rentabilität auf die Einhaltung angemessener Umweltstandards ab.
- Zielwerte betriebsspezifischer Brutto-N-Salden sind für die Bewertung der von den Landwirten eingeforderten N-Salden erforderlich.
- Wirtschaftsdünger ist langfristig nur bis zu einer Ausscheidungs-

menge der Tiere von 170 kg N/ha effizient und umweltschonend zu verwerten [bisher: 170 kg ausgebrachte N-Menge mit Vorwegabzug von bis zu 45 % der ausgeschiedenen N-Mengen als unvermeidbarer Verlust].

- Auf Böden mit sehr hoher P-Versorgung sollte das P-Recycling über Wirtschaftsdünger auf die Hälfte der P-Abfuhr über die Ernten begrenzt werden. Längerfristig ist eine Begrenzung des P-Recyclings entsprechend der auf Bodenuntersuchungen basierenden üblichen Düngungsstrategien zu fordern.

Literatur:

Dosch, P. (1996): *Optimierung der Verwertung von Güllestickstoff durch Separiertechnik und kulturartspezifische Applikationstechniken. Dissertation, TU-München.*

Gutser, R. (1998): *Zur Problematik von Stickstoffbilanzen. Die Düngeverordnung auf dem Prüfstand. DLG-Kolloquium Dez. 1997, Kassel, DLG c/98, 27-45.*

Gutser, R., Ebertseder, Th. (2001): *Unvermeidbare Nährstoffverluste in der Landwirtschaft. Tagung „Düngung: Baustein nachhaltiger Landwirtschaft“ – Bundesarbeitskreis Düngung und Verband Landwirtschaftskammern e.V., Würzburg, 24./25.04.2001, BAD-VLK 2001, in Druck.*

Gutser, R., Matthes, U. (2001): *Gute fachliche Praxis aus Sicht der Ökonomie und Ökologie, KTBL-Schrift 400, 91-101.*

Gutser, R., Wagner, B. (2000): *Gute Noten für den Maisanbau. Mais 28, 48-51.*