

REINHOLD GUTSER, ULRICH MATTHES

1 Einführung

Aufgabe dieses Beitrages ist es nicht, die wesentlichen Inhalte der Düngeverordnung zur guten fachlichen Praxis darzustellen und die Umsetzbarkeit dieser Grundsätze in Abhängigkeit der gegebenen Ausstattung der Betriebe (Schwerpunkt Landtechnik) zu untersuchen. Vielmehr soll aufgezeigt werden, welche Umweltstandards durch eine sachgemäße Landbewirtschaftung (Schwerpunkt Düngung) erzielbar sind und inwieweit diese Standards auch den Vorstellungen des Umweltschutzes entsprechen. Ausgehend von dem jeweiligen Fachrecht in Landwirtschaft und Umweltschutz und ohne angestrebte Harmonisierung sind sehr differierende Umweltstandards und entsprechend unterschiedliche Umweltindikatoren entwickelt worden, so dass zukünftig ein beachtlicher Abstimmungsbedarf besteht.

Als wichtiger und integrierender Indikator für die Beurteilung der Effizienz und Umwelleistung eines landwirtschaftlichen Betriebs wurde beispielhaft der N-Saldo (N-Düngung minus N-Abfuhr) ausgewählt. Die Höhe optimaler betriebsspezifischer N-Salden wird sehr wesentlich von der Tierdichte vorbestimmt; das Recycling von Wirtschaftsdüngern ist mit hohen unvermeidbaren N-Verlusten verbunden. Da in landwirtschaftlichen Betrieben mehrere Umweltindikatoren optimiert werden sollten, ist stets die Wechselwirkung der Indikatoren untereinander zu beachten.

2 Zur Definition der guten fachlichen Praxis

Die Düngeverordnung beschreibt Grundsätze zur Definition der guten fachlichen Praxis beim Düngen: „Durch einen pflanzenbedarfs- und standortgerechten Einsatz von Düngemitteln mit verlustarmer Applikationstechnik sollen langfristig Nährstoffeinträge in Gewässer und andere Ökosysteme verringert werden.“ Die gute fachliche Düngepraxis ist demnach vorrangig auf die Optimierung der Produktion (Ertrag, Qualität) ausgerichtet, während die Minimierung von Umweltbeeinträchtigungen ein eher nachrangiges Ziel darstellt, dessen Realisierung als Folgewirkung einer optimierten Produktionsweise erreichbar ist.

Dieser Zielansatz erweist sich für viele Standortbedingungen, insbesondere für begünstigte Regionen, als richtig. Gerade auch für wasserlimitierte ungünstige (niedriges Ertrags- und folglich auch Düngungsniveau) oder nährstoffreiche Standorte (z. B. Kolluvien mit niedrigem Düngungsbedarf) lassen sich gute Optimierungsstrategien ableiten, und dies nicht nur auf der Ebene eines gesamten Betriebes oder Schlags, sondern derzeit bereits auch für Teilschläge (precision farming) mit überwiegend ökologisch motivierter Zielsetzung (z. B. Forschungsprojekte FAM und IKB).

Einschränkungen sind allerdings auf auswaschungsgefährdeten Standorten zu machen, auf denen die Optimierung der Produktion einen höheren, die Minimierung von Verlusten einen verminderten Düngeraufwand erfordert. Der mit der Wasserwirt-

schaft erzielbare Kompromiss (Zielwert NO_3^- -Gehalt des Sicker- oder Grundwassers – $\text{mg NO}_3^- \text{l}^{-1}$) entspricht nicht den Umweltqualitätszielen des Hydrosphären- und Atmosphärenschutzes (Zielwert N-Fracht – kg N ha^{-1}).

Die Aufgeschlossenheit der Landwirte, ihre Düngungspraxis sowohl auf Produktions- als auch auf Umweltziele abzustimmen, wächst mit den durch Nährstoffverluste einhergehenden monetären Verlusten. Demnach ist ihre Bereitschaft z.B. für Strategien zur Minimierung von NH_3 - oder NO_3^- -Verlusten (Spannbreite $10\text{--}40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) größer als für Maßnahmen zur Minimierung von N_2O - oder P-Verlusten ($< 5 \text{ kg N bzw. } < 1 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$).

Ein besonderes Problem stellt die gute fachliche Düngepraxis in tierhaltenden Betrieben dar. Grundsätzlich richtet sich die notwendige Düngermenge auf den meist gut bis sehr gut mit Nährstoffen versorgten Böden an der Nährstoffabfuhr über die Ernteprodukte aus. In Betrieben mit Tierhaltung wird diese Deckung des Nährstoffbedarfs durch eine sinnvolle Kombination von Wirtschaftsdünger und Handelsdünger angestrebt, wobei im Falle des Nährstoffs Stickstoff dem Handelsdünger ein Anteil von etwa 20–25 % am gesamten Düngebedarf zur kulturarten- und jahresspezifischen bzw. ertrags- und qualitätssichernden Feinsteuerung der Ernährung der Pflanzen (zumindest für Ackerkulturen!) vorbehalten bleiben sollte (s.a. GUTSER und CLAASSEN 1994).

Als Konsequenz hieraus ist abzuleiten, dass eine optimale Verwertung von Wirtschaftsdüngern (P, N, z.T. K) insbesondere bei längerfristiger Betrachtung nur bis zu einer Tierdichte von 1,0 bis maximal 1,5 GV/ha auf betriebseigenen Flächen erreichbar ist. Die in der Düngeverordnung für Futterbau- und Veredelungsbetriebe festgelegte Obergrenze für Wirtschaftsdünger von 170 kg N/ha unter zusätzlicher Berücksichtigung von bis zu 40 % unvermeidbaren Ver-

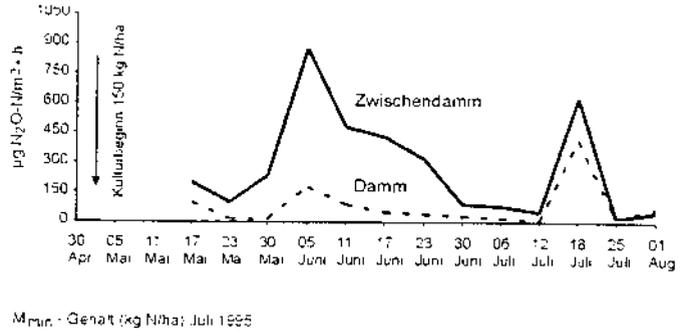
lusten (entsprechend einer tierischen Ausscheidung von ca. 280 kg N/ha) ist bestenfalls agrarpolitisch, aber nicht umweltpolitisch (Minimierung von N-Verlusten) begründet und zudem für die Sicherung der Erträge in dieser Höhe unnötig.

Umweltbelastungen der Landwirtschaft gewinnen in unserer Gesellschaft für die Bewertung der Güte der Landbewirtschaftung zunehmend an Bedeutung. Demnach besteht Handlungsbedarf, über die zeitgemäße Definition der guten fachlichen Praxis auch beim Düngen nachzudenken. Ein Umsetzen modifizierter rechtlicher Vorgaben macht in den überwiegenden Fällen eine agrarpolitische Begleitung mit Veränderung der Rahmenbedingungen zur Sicherung der ökonomischen Existenzfähigkeit der Betriebe unumgänglich.

3 Bewertung des technischen Standards der Düngetechnik

Ohne Belege anzuführen darf pauschal festgestellt werden, daß der technische Standard für die Düngewirtschaft benötigten Geräte und Maschinen weitestgehend optimiert ist und keinerlei Begrenzung für die Realisierung effizienter und umweltschonender Düngungsverfahren darstellt. Dies trifft sowohl für die Aufbereitung und Homogenisierung als auch für die Applikation mit und ohne kombinierte oder ergänzende Einarbeitung der Düngemittel in den Boden zu. Die Genauigkeit der Längs- und Querverteilung für die Ausbringung von staubförmigen oder granulierten Mineraldüngern ebenso wie von flüssigen oder festen Wirtschaftsdüngern oder Sekundärrohstoffdüngern ist durch die Entwicklung neuer Homogenisierungs- und Verteiltechniken wesentlich verbessert worden. Auch für die gezielte Ablage der Dünger als Band-, Reihen- oder Unterfuß-Applikation bzw. für NH_3 -konservierende Verfahren über direkte Injektion in den Boden sind

vielseitig einsetzbare Düngergeräte verfügbar, die zukünftig für frucht- und düngerspezifische Anwendungstechniken in der Praxis noch stärker Berücksichtigung finden werden. So können z. B. durch eine gezielte Düngerablage in die Dämme der Kartoffeln die sich im Zwischen-damm anreichernden Mengen an Nitratstickstoff reduziert und bei zugleich höherer Düngereffizienz die Emissionen an Lachgas (N_2O) aus den besonders verlustgefährdeten Zwischen-damm-bereichen (häufig anaerobe Bedingungen infolge Wassersättigung) wesentlich vermindert werden (Abb. 1).



Min. - Gehalt (kg N/ha); Juli 1995

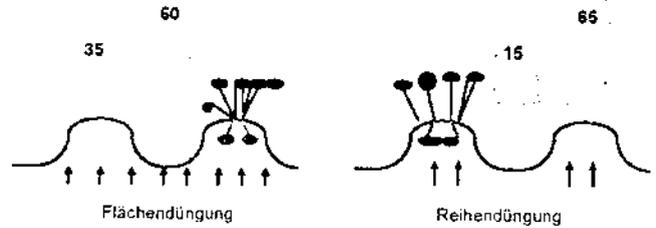


Abb. 1: Verminderung von N_2O -Verlusten durch optimierte Düngetechnik zu Kartoffeln (Projekt FAN, Versuchsgut Scheyern (Ruser 1998))

4 Umweltbeeinträchtigungen der Landwirtschaft

Jede Art der Landwirtschaft ist zwangsläufig mit Eingriffen in den Naturhaushalt verbunden und lässt sich an den stofflichen Veränderungen benachbarter Ökosysteme wie z. B. den Einträgen an P (Phosphat) und N (Nitrat) in die Hydrosphäre bzw. gasförmigen N-Emissionen an Ammoniak und Lachgas (N_2O) in die Atmosphäre abschätzen (Abb. 2).

Die Landwirtschaft trägt mit Anteilen von 35–90 % beachtlich zu den anthropogen verursachten Umweltproblemen bei. In Abbildung 2

sind vorrangig Bereiche der Umweltbeeinträchtigung aufgezeigt, die mit der Düngung im landwirtschaftlichen Betrieb in ursächlichem Zusammenhang stehen.

In den achtziger Jahren wurde insbesondere dem relativ hohen Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Hydrosphäre größere Beachtung geschenkt. Die Bundesregierung verpflichtete sich 1988 im

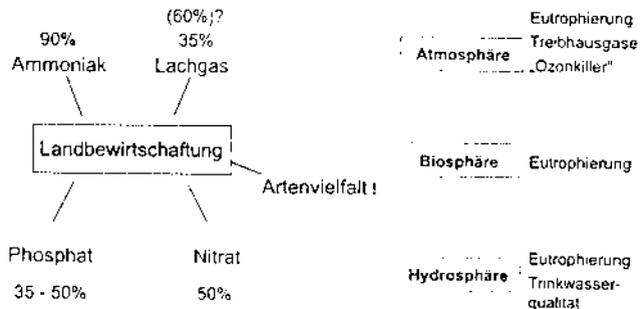


Abb. 2: Anteil der Landwirtschaft an anthropogen bedingten Umweltproblemen (Quellen: WERNER und WUDSAK 1994, ISERMANN 1993, SRU 1998, UBA 1999 u.a.)

Rahmen der „Pariser Konvention zur Verhütung der Meeresverschmutzung“ (PARCOM), den Eintrag von Stickstoff und Phosphor bis um 50 % im Zeitraum von 1985 bis 1995 zu reduzieren. Seit den neunziger Jahren erhielt die Reduktion der Emissionen N-haltiger Schadgase in die Atmosphäre zunehmende Bedeutung. Ammoniak wurde seitens der United Nations Economic Commission of Europe (UN/ECE) in einen Maßnahmenplan zur Senkung der Umweltbelastungen aufgenommen (1999). Derzeit arbeitet die EU-Kommission nationale Emissionsobergrenzen für Ammoniak aus; für Deutschland dürfte ein Zielwert festgelegt werden, der einer Reduktion der NH_3 -Emissionen um bis zu 30–40 % ausgehend vom Stand 1990 entspricht.

5 Diskrepanz tolerierbarer N-Austräge aus Agrarökosystemen aus vorrangiger Sicht einer produktiven Landwirtschaft einerseits und des Umweltschutzes andererseits

Spätestens seit der Einschätzung der Umweltwirkung der Landbewirtschaftung durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 1985) werden in maßgebenden Institutionen und Verbänden der Landwirtschaft und des Umweltschutzes eigene Umweltstandards entsprechend dem jeweiligen vorliegenden Fachrecht diskutiert und zum Teil auch festgelegt. Entsprechend den fachspezifischen Sichtweisen waren somit sowohl konträre Einschätzungen über die Unvermeidbarkeit von Stofffrachten in benachbarte Ökosysteme als auch stark voneinander abweichende Zielwerte für die noch zu tolerierenden Obergrenzen an Nährstoffverlusten vorprogrammiert. Basis der landwirtschaftlichen Sichtweise war eine Landbewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis mit der Zielvorgabe der Sicherung einer

hohen Produktivität. Die Vertreter des Umweltschutzes orientieren sich an critical loads (z.B. für NH_3) für empfindliche natürliche Ökosysteme, an Emissionen (N_2O) aus nicht oder nur schwach gedüngten Flächen oder an Zielwerten einer 50- bis 80 %igen Reduzierung der N-Frachten in die Oberflächengewässer ($\text{NO}_3\text{-N}$, Nordseekonferenz 1987).

Die Obergrenzen der tolerierbaren „N-Verluste“ unterscheiden sich um den Faktor 2–3 (NO_3 -Auswaschung) sowie 3–6 für gasförmige Emissionen als NH_3 oder N_2O . Wenn auch ein weiteres Reduktionspotenzial für Ammoniakemissionen von ca. 20 % durch konsequentere Anwendung von konservierenden Düngungsstrategien bestehen dürfte, erscheinen die Extremforderungen von Seiten des Umweltschutzes nicht kompromissfähig und nicht zielführend, insbesondere auch aus der Kenntnis heraus, dass Pflanzenbestände bei natürlicher Alterung bzw. nach Mulchbearbeitung unvermeidbare NH_3 -Verluste bereits in Höhe bis zu 5 (im Extremfall 10) kg $\text{NH}_3\text{-N/ha}$ mit sich bringen (WEBER et al. 2001).

Von Seiten des Umweltschutzes muss überprüft werden, inwieweit die zugrunde gelegten critical loads naturwissenschaftlich abgesichert sind, d. h. echte ökologische Belastungsgrenzen darstellen und folglich als verbindliche Grundlagen für eine Neuorientierung der Landbewirtschaftung herangezogen werden können. Es besteht ein dringender Bedarf der Annäherung beider Zielvorstellungen. Es ist offensichtlich, dass dieser Weg nur über eine Änderung der agrarpolitischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen annähernd erreichbar wird.

Jede Position bedarf einer kritischen Überprüfung, vor allem auch in der Hinsicht, inwieweit die bestehende Agrarpolitik die Ausrichtung und Festlegung dieser Umweltstandards mit beeinflusst hat. So wird in den beiden folgenden Punkten der Frage nachgegangen, welche Umweltstandards

mit einer weiter optimierten Düngepraxis erreichbar sind, d. h. im Falle des Nährstoffs Stickstoff, welche positiven N-Salden letztlich notwendig werden, um unvermeidbare N-Verluste in einem landwirtschaftlichen Betrieb auszugleichen und somit den Fruchtbarkeitszustand der Böden nachhaltig aufrechtzuerhalten.

6 Unvermeidbare N-Verluste in Betrieben mit und ohne Tierhaltung mit Düngungsstrategien nach bester fachlicher Praxis

Eine wesentliche Verbesserung der Düngungsstrategien im landwirtschaftlichen Betrieb kann durch eine noch stärkere Anpassung der Düngermenge an die abgeführte Nährstoffmenge erzielt werden. Die Optimierung ist in erster Linie ein Mengenproblem, das insbesondere in Betrieben mit Tierhaltung auftritt. Die Forderung nach einer flächengebundenen Tierhaltung ergibt sich primär aus dem Zwang für ein optimales Recycling der Reststoffe, das mit Tierdichten über 1,0–1,5 GV/ha nicht erreichbar ist (s. Punkt 2).

Die derzeitige Umweltbelastung durch NO_3 -Austräge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen ist überwiegend eine Folge der hohen „Bodenfruchtbarkeit“ (langjährig intensive und zum Teil überzogene organische Düngung) und kaum mehr die Folge zeitlich falsch terminierter aktueller Düngung (Abb. 3).

Tab. 1: Vorschläge für tolerierbare Obergrenzen an „N-Verlusten“ (kg N/ha) aus der Sicht von Landwirtschaft und Umweltschutz sowie Ist-Situation der BRD (1995–2000)

N-Verbindung	Ist-Situation	Erreichbar aus Sicht einer produktionsoptimierten Landwirtschaft	Geforderter Standard „Umweltschutz“
$\text{NH}_3 \uparrow$	30 (15–65) ¹	40–65 ²	10 ³
$\text{N}_2\text{O} \uparrow$	6,5 (0,5–15) ⁴	?	1,0 (1,5)
$\text{NO}_3 \downarrow$	45	45 (30–50) ⁵	25 15 (bis zum Jahr 2015)

¹ 23 kg N ha⁻¹ erreichbar durch beste Produktionstechnik (20 kg N a⁻¹ je GV)

² Obergrenzen für Einzelbetriebe (maximal bis 75 kg N/ha)

³ abgeleitet aus critical loads für empfindliche Ökosysteme (UBA 1996, BOBBINK und ROELOFS 1995, NAGEL und GREGOR 1999)

⁴ ISERMANN 1994 sowie KAISER und RUSER 2000

⁵ standortabhängig (HEGE 1997, ECKERT et al. 1999)

Hohe Stickstoffpotenziale der Böden sind auch wesentliche Ursache für Verluste an Lachgas, dessen Mobilisierung durch die aktuelle Düngung, durch Bodenbearbeitung und Witterungseinflüsse (Frost-/Tauperioden) nur schwer zu unterbinden ist. Der entweichende Lachgas-N besteht zu 80–90 % aus Bodenstickstoff (s. GUTSER et al. 2001). Wir denken derzeit über Düngungsstrategien nach, mit denen die Mobilisierung dieses Boden-Pools bezüglich N_2O -Freisetzung auf geringstmöglichem Niveau gehalten werden kann.

Auch ist es mittlerweile keine größere „fachliche Kunst“ mehr, den NH_4 -Stickstoff der Gülle (Stallmist hat den Ammoniumstickstoff bereits überwiegend während der Lagerung verloren) mit konservierenden Strategien möglichst verlustarm auf Ackerflächen (auf Grünlandflächen höhere Verlustgefährdung) zu applizieren. Es muss jedoch stets zusätzlich die Wechselwirkung mit anderen Verlustpfaden für gasförmige Stickstoffverbindungen wie z. B. Lachgas berücksichtigt werden (Abb. 4). Letztlich sind die Gesamtverluste in erster Linie ein Problem der über die Dünger angebotenen Stickstoffmenge je Flächeneinheit.

Die Höhe „unvermeidbarer“ N-Verluste bei bester fachlicher Praxis lässt sich in Langzeitexperimenten in zumindest annähernd systemgerechten Versuchsansätzen (Fruchtfolge, mineralische und organische Düngung) und entsprechend messtechnischer Begleitung für die Ermittlung der Einträge (Deposition, N_2 -Fixierung durch Leguminosen) und Austräge (Auswaschung, gasförmige Emissionen) erfassen (s. GÜTSE 1998, GÜTSE und WAGNER 2000). Für das vom BMBF geförderte Verbundprojekt FAM auf dem Versuchsbetrieb in Scheyern stellt diese Fragestellung einen zentralen Forschungsinhalt dar. Für die Aufbereitung der Ergebnisse ist besonders hervorzuheben, dass

in den unvermeidbaren Verlusten auch die im Stall und Lager auftretenden NH_3 -Verluste mit integriert worden sind.

Unter optimalen Standortbedingungen ergeben sich für Marktfruchtbetriebe mit

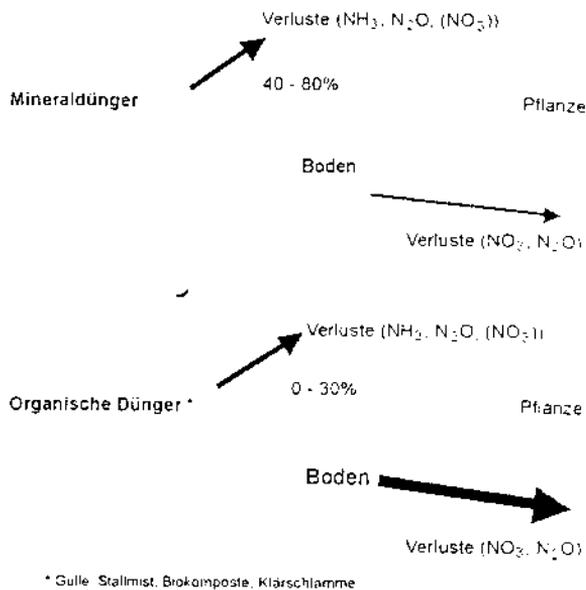


Abb. 3: Wege der kurz- und langfristigen N-Wirkung mineralischer und organischer Dünger (GÜTSE 1996)

15 kg N/ha deutlich geringere unvermeidbare N-Verluste (N-Verluste abzüglich N-Deposition) als für Futterbaubetriebe (bei angenommener Tierdichte von 1,5 GV/ha) mit 65 kg N/ha (Abb. 5). Daraus wird die Bedeu-

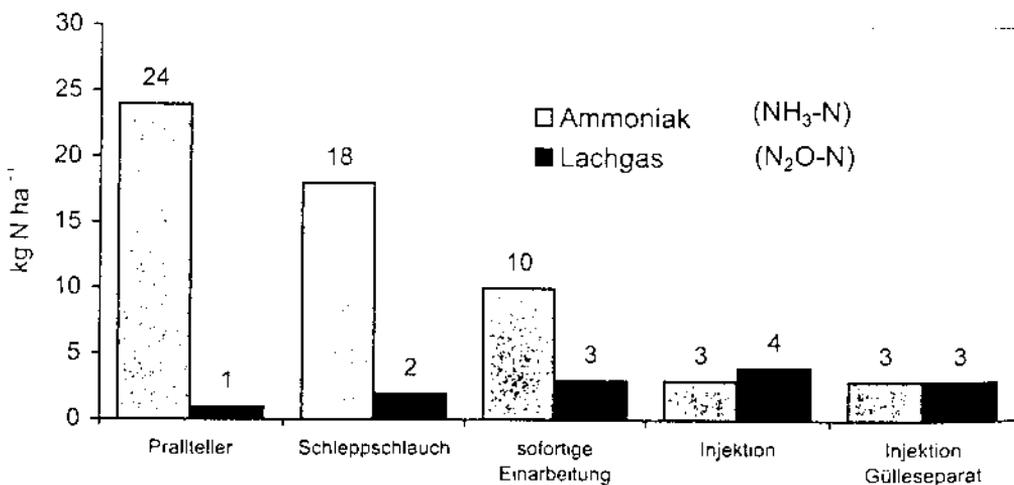


Abb. 4: Wechselwirkung zwischen NH_3 - und N_2O -Verlusten nach unterschiedlichen Einsatzstrategien von Gülle zu Mais (Düngung: $60 \text{ kg } NH_3\text{-N ha}^{-1}$; Messperiode 4 Wochen) (DOSE 1996)

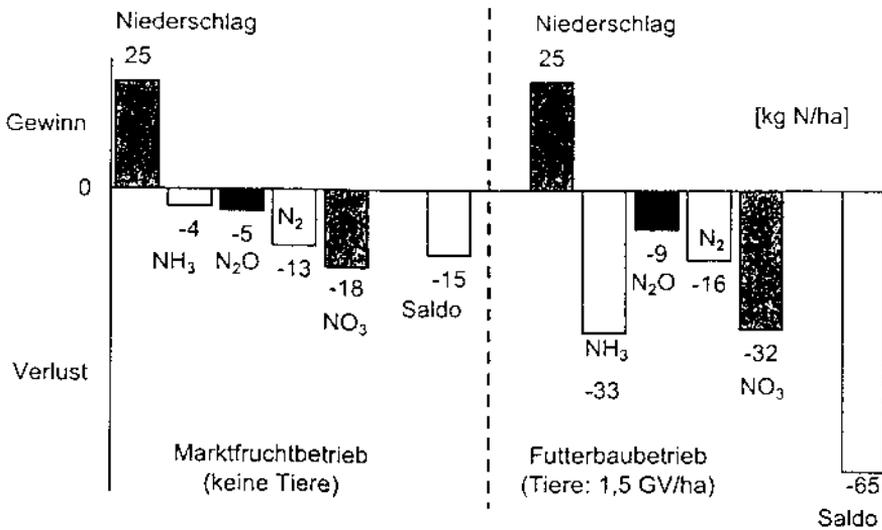


Abb. 5: Unvermeidbare Gewinne und Verluste von Stickstoff (kg/ha AF) – günstige Standortbedingungen; Verluste im Stall und Düngelager sind mit einbezogen.

zung der Tierdichte eines Betriebes für das Verlustpotential (insbesondere NH₃-Verluste!) offensichtlich.

7 Zielwerte für Obergrenzen betriebsspezifischer N-Salden

Aus den „unvermeidbaren N-Verlusten“ lassen sich für verschiedene Betriebstypen unterschiedliche Zielwerte bezüglich der erforderlichen Düngungshöhe bzw. des erforderlichen N-Saldos (N-Düngung minus N-Abfuhr durch die Ernte) ableiten.

Diese Kalkulation basiert auf der Vorgabe, einen optimalen Fruchtbarkeitszustand des Bodens zu erhalten, indem die für die jeweilige Betriebsform unvermeidbaren Verluste durch eine gegenüber der Abfuhr entsprechend höhere Düngung (positiver N-Saldo) ausgeglichen werden. Ist eine Abmagerung der Böden erwünscht wie z. B. in Wasserschutzgebieten, kann der Ausgleich über die Düngung ganz oder teilweise unterbleiben.

In tierhaltenden Betrieben sind höhere positive N-Salden als Folge höherer N-Verluste grundsätzlich notwendig. Sie lassen sich durch optimale Strategien im Stall (incl. Fütterung), im Düngelager und bei der Applikation auf dem Acker/Grünland zwar minimieren; das Verlustniveau bleibt jedoch durch die Tierdichte je Betrieb oder je Region (NH₃-Emissionen) vorgegeben. Die höheren Zielwerte für Sonderkulturbetriebe sind ebenfalls systembedingt (schlechtere Verwertung von Ernterückständen, Fruchtfolge, humusreiche Böden etc.). Die Düngeverordnung fordert von den Landwirten Vergleiche der Zu- und Abfuhr an den Hauptnährstoffen N, P, K, S. Diese Nährstoffvergleiche u.a. für Stickstoff machen nur Sinn, wenn die dabei mehrjährig ermittelten N-Salden für eine ökonomische und ökologische Bewertung der Bewirtschaftungsweise eines Betriebes herangezogen werden. Hierfür sind betriebsspezifische Orientierungs- und Zielwerte erforderlich, die in Abhängigkeit der Gunst des Standortes durch eine gute fachliche Praxis erreicht werden kön-

nen. Diese Zielwerte stellen damit Umweltstandards oder Agrarumweltindikatoren dar, die einfach zu erheben und ausreichend kontrollierbar sind und zugleich als objektive Parameter eine konkrete Abschätzung der Güte der Düngepraxis ermöglichen.

Werden in einem Betrieb von diesen Zielwerten mehrjährig deutlich abweichende N-Salden festgestellt, so sollte

stets Ursachenforschung betrieben werden (zumindest freiwillig, wenn nicht gesetzlich vorgeschrieben). Mögliche Ursachen können neben zu hoher Viehdichte ohne Flächenbindung, ertragsmaximierender Düngung vor allem auf auswaschunggefährdeten Standorten, bewirtschaftungsbedingter Ab- oder Anreicherung der Böden mit Humus und Stickstoff u.a. auch in ungünstigen Fruchtfolgen liegen (s. GUTSER 1998).

8 Wechselwirkung verschiedener Umweltstandards untereinander

Wie wirkt sich die Vorrangigkeit anderer Umweltqualitätsziele auf die Realisierbarkeit optimaler Zielwerte für N-Salden aus? Für die Bewirtschaftung des Versuchsgutes Scheyern im südbayerischen Tertiärhügelland (Forschungsvorhaben FAM) wurde als vorrangiges Umweltqualitätsziel eine deutliche Minimierung des Bodenabtrags durch Wassererosion festgelegt (pfluglose Bewirtschaftung mit möglichst ganzjähriger Bodenbedeckung, Abb. 7).

Diese konservierende Bodenbearbeitung erforderte zur Ertragssicherung einen hohen N-Input (N-Saldo 100 bzw. 110 kg ha⁻¹ a⁻¹).

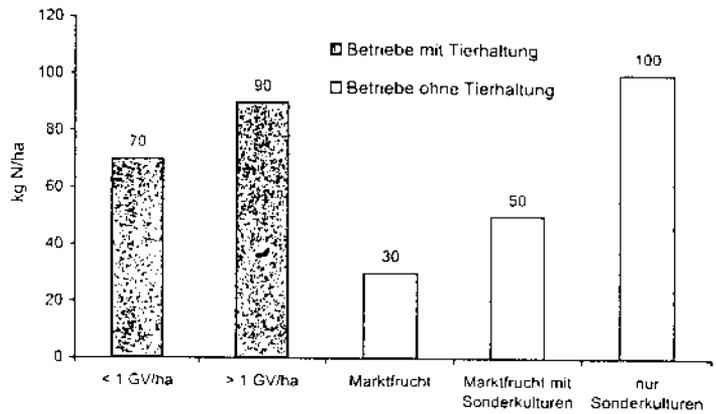
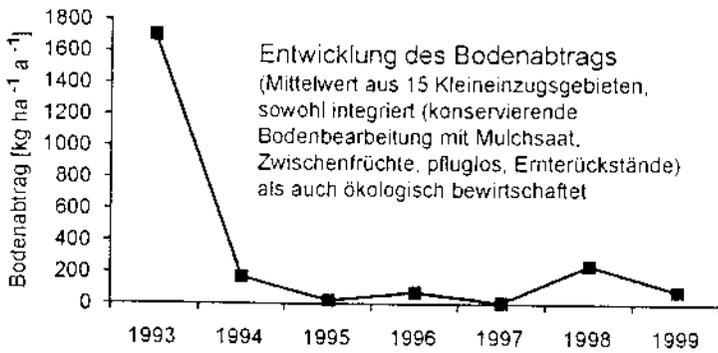


Abb. 6: Orientierungswerte für Obergrenzen tolerierbarer betriebsspezifischer N-Salden (N-Düngung minus N-Abfuhr); Sonderkulturen: Gemüse

Etwa 50 % dieses N-Überschusses werden im Boden immobilisiert, so dass die Verluste durch Nitratauswaschung für diesen Futterbaubetrieb mit 1,3 GV/ha noch im vertretbaren Rahmen bleiben (die NO₃-Gehalte im Sickerwasser über die Jahre waren sogar rückläufig). Die NH₃-Verluste betragen 18 kg N/GV und bestätigen eine gute Produktionstechnik.

Als negative Folgewirkung dieser Bewirtschaftungsweise müssen die besonders hohen N₂O-Verluste (5–10 kg N ha⁻¹ a⁻¹) hervorgehoben werden.

Somit wäre abzuwägen, welches der Umweltziele je nach standörtlichen Gegebenheiten und notwendigen Schutzfunktionen für die jeweilige Region übergeordnet werden soll und damit die Bewirtschaftungsweise des Betriebes vorgibt. Durch noch gezielteren Einsatz sollte in diesem gegebenen Beispielsbetrieb zukünftig eine Einsparung der N-Düngung um etwa 20–30 kg N/ha angestrebt werden.



Für integriert (konservierend) bewirtschafteten Betrieb (1.3 GV/ha)

- Akkumulation organischer Substanz
- Immobilisierung von Stickstoff im Boden: $\bar{\varnothing}$ 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹
- zumindest in den ersten 8 Jahren zur Ertragssicherung höherer N-Düngungsbedarf

⇒ Konsequenzen für N-Saldo und N-Flüsse

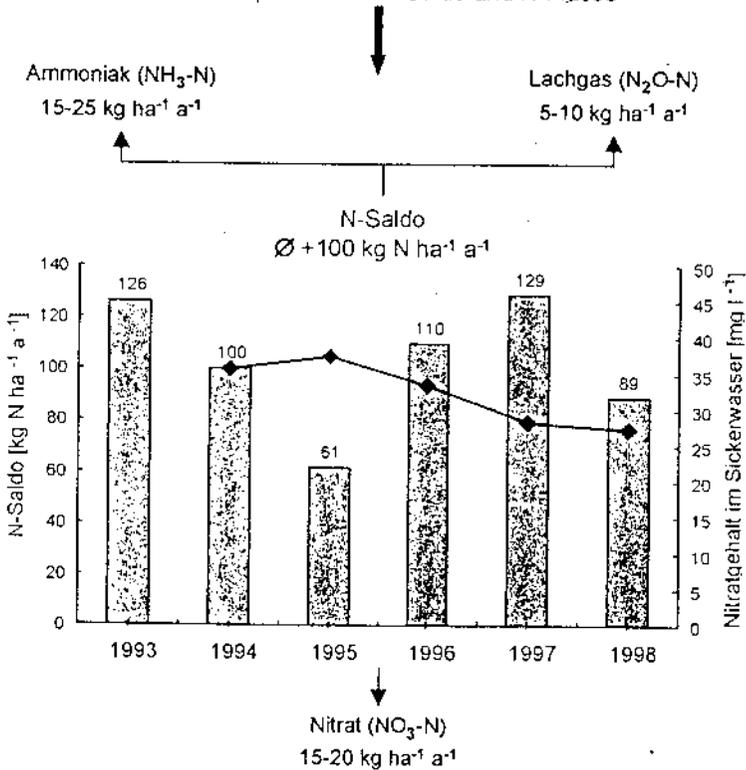


Abb. 7: Konsequenzen einer konservierenden Landwirtschaft für den Umweltstandard „N-Saldo“ - Projekt FAM - Versuchsgut Scheyern im südbayerischen Tertiären Hügelland - Messperiode ca. 10 Jahre; vorrangiges Ziel: Bodenschutz - Verminderung der Wassererosion. (Quellen: AGERWALD 1999, DOERSCH 1999, MATTHIAS et al. 2000, HILTMANN 2000, HUBERGER 2000)

9 Zielwerte für erreichbare N-Salden in Deutschland aus Sicht der Landwirtschaft und des Umweltschutzes

Aus den Orientierungswerten für betriebs-spezifische N-Salden lassen sich unter Einbeziehung der mittleren Tierdichte zumindest Schätzgrößen für erreichbare N-Salden auf Basis der guten fachlichen Düngepraxis ableiten (Tab. 2). Der Brutto-Saldo (N-Verluste im Stall, Lager und auf dem Feld berücksichtigt) ist von maximal 160 kg N/ha im Jahr 1981 (alte Bundesländer, Tierdichte etwa 1,2 GV/ha) auf derzeit etwa 100 kg N/ha (Gesamtdeutschland; die neuen Bundesländer hatten ihren Viehbestand auf nahezu die Hälfte reduziert; verbleibendes Mittel 0,9 GV/ha) zurückgegangen (BACH und FREDE 1998, FLEISCHER 1998, ISERMANN und ISERMANN 1997). Neben der Abnahme der Tierdichte war das Abstellen offensichtlicher Düngungsfehler die Hauptursache für die Verminderung der N-Salden. Durch eine noch konsequentere Realisierung bester Düngungspraxis und Rücknahme der flächenbezogenen Obergrenze für die N-Zufuhr über Wirtschaftsdünger (eine optimale

Verwertung ist nur bis zu einer Tierdichte von 1,0–1,5 GV/ha gegeben) ließe sich zukünftig je nach Entwicklung der Tierdichte (+/- weiterer Rückgang um 10–15 %) ein N-Saldo von 70 bzw. 65 kg N/ha ohne nennenswerte Gefährdung der Flächenproduktivität bei zugleich nachhaltiger Sicherung der Bodenfruchtbarkeit erzielen (s.a. BECKER et al. 1995).

Die derzeit aus dem Bereich des Umweltschutzes (UBA 1999) vorgegebenen Zielwerte von maximal 50 kg N/ha im Durchschnitt aller Betriebe lassen sich hingegen nur in Marktfruchtbetrieben oder Betrieben mit sehr geringen Tierdichten (<0,5 GV/ha) erreichen, und dies auf auswaschungsgefährdeten Standorten unter wesentlicher Rücknahme der Ertragsexpectationen. Allerdings ist festzustellen, dass die Umsetzung von Umweltschutzziele über Indikatoren zu konkreten Handlungsanweisungen für die Praxis zumindest eine Annäherung der Sichtweise von Landwirtschaft (primäres Ziel: Produktion) und Umweltschutz (primäres Ziel: Umweltqualität) gebracht hat. Dies ist vor allem auch darauf zurückzuführen, dass es sich bei den in Tabelle 2 angegebenen Zielwerten durchwegs um für die BRD ganzflächig gemittelte Werte handelt. In Tabelle 1 sind zum Teil auch tolerierbare Obergrenzen (z. B. NH₃-Emissionen von 40–65 kg N/ha) mit enthalten, die sich auf den Einzelbetrieb beziehen, so dass folglich der Vergleich der verschiedenen geforderten Standardschwierig ist. Zukünftig sollte jedoch ein gemeinsames Vorgehen bezüglich abgestimmter „Standards“ und entsprechender Umsetzung im landwirtschaftlichen Fachrecht möglich sein. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der Begriff „nachhaltige Nutzung der Agrarlandschaft“ nach der Agenda 21 (Rio) auf eine Optimierung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Bedürfnissen abzielt, wobei letztere auch eine bedarfsorientierte Produktion und Konsumtion (Humanernährung) mit einschließen.

Tab. 2: Ist- und Zielwerte für mittlere N-Salden (Bruttosalden) je nach Vorrangigkeit von Produktions- und Umweltleistung der Landbewirtschaftung in Deutschland

Jahr	Ø Tierdichte (GV/ha LF) Ist-Situation	N-Saldo kg N/ha
1998 [1981]	0,9 [1,2]	≈ 100 [≈ 160]
Zielwerte („Produktion“ – beste fachliche Praxis)*		
2005 ?	0,9 0,75	70 65
Zielwerte („Umweltleistung“ – UBA 1999)		
2005	.	< 50 < 20–40
(auswaschungsgefährdete Standorte)		

* abgeleitet aus betriebs-spezifischen optimalen N-Salden (s. Abb. 6)

10 Zusammenfassung

Die Sichtweisen von Landwirtschaft und Umweltschutz für die durch die Landbewirtschaftung erzielbaren Umweltstandards divergieren derzeit noch sehr deutlich. Die gute fachliche Düngepraxis ist noch vorrangig von der Optimierung der Produktion bestimmt. Hierfür bietet die Landtechnik einen vielseitig einsetzbaren, anpassungsfähigen und exakt arbeitenden technischen Standard. Die an critical loads oder ähnlichen Zielwerten ausgerichteten anspruchsvollen Standards des Natur- und Umweltschutzrechtes sind ohne Rücknahme der Produktionsleistung (Standortabhängigkeit!) und Verminderung der Tierdichten im Mittel der Betriebe nicht realisierbar und bedürfen für ihre Umsetzung folglich einer umfassenden agrarpolitischen Begleitung in angepassten Rahmenbedingungen.

Die Düngeverordnung bedarf einer Konkretisierung bezüglich der Definition der „guten fachlichen Praxis“. Hierzu wird die Aufnahme von betriebsspezifischen Zielwerten für Obergrenzen des N-Überschuss-Saldos (Bruttosaldo) vorgeschlagen. Zudem wäre eine Rücknahme der Obergrenzen für die N-Zufuhr über Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft wünschenswert, um ein optimales Nährstoffrecycling zu ermöglichen. Über die Tierdichte eines Betriebes wird sehr wesentlich die Realisierbarkeit der Umweltschutzziele vorbestimmt.

11 Literatur

ACERSWALD, K. (1999): Langfristige Veränderungen der Oberbodenstruktur durch bodenschonende Bewirtschaftung und Atiswirkungen auf die verschlammungsgesteuerte Infiltration. FAM-Jahresbericht 1999: 115-119

BACH, M.; FREDE, H.-G. (1998): Agricultural nitrogen, phosphorus and potassium balances in Germany – methodology and trends 1970 to 1995. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde 161: 385-393

BECKER, R.; BACH, M.; FREDE, H.-G. (1995): Begrenzung des Viehbesatzes als Maßnahme zur Reduzierung der landwirtschaftlichen Stickstoff-Emissionen (in Atmosphäre und Hydrosphäre). Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges. 76: 1235-1238

BOBBINK, R.; ROELOFS, J.G.M (1995): Nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: the empirical approach. Water Air Soil Poll. 58:122-178.

DÖRSCH, P. (2000): Nitrous Oxide and Methane Fluxes in differentially managed Agricultural soils of a hilly landscape in southern Germany. Diss. TU München

DOSCH, P. (1996): Optimierung der Verwertung von Güllestickstoff durch Separiertechnik und kulturartsspezifische Applikationstechniken. Diss. TU München

ECKERT, H.; BREITSCHUH, G.; SAUERBECK, D. (1999): Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) – ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. Agribiol. Res. 52: 57-76

FAM : Forschungsverbund Agrarökosysteme München, BMBF-Forschungsvorhaben

FLEISCHER, E. (1998): Nutztierhaltung und Nährstoffbilanzen in der Landwirtschaft. Angewandte Umweltforschung, Bd. 10, Analytica Berlin, 166 S.

GUTSER, R. (1996): Klärschlamm und Kompost als Sekundärrohstoffdünger. VDLUFA-Schriftenreihe 44: 29-43

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

GUTSER, R.; CLAASSEN, N. (1994): Langzeitversuche zum N-Umsatz von Wirtschaftsdüngern und kommunalen Komposten. Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges. 73: 47-50

- GUTSER, R.; LINZMEIER, W.; KILIAN, A. (2001): N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Abhängigkeit der N-Düngung und des N-Potenzials der Böden. VDLUFA-Schriftenreihe 53, im Druck
- GUTSER, R.; WAGNER, B. (2000): Gute Noten für den Maisanbau. *mais* 28: 48-51
- HEGE, U. (1997): Nährstoffsaldierung landwirtschaftlicher Betriebe – Vorgehensweise und Bewertung. In: UBA Wien, Tagungsberichte 20, Bd. 20: 94-100
- HELLMAIER, C. (2000): Stofftransport in der ungesättigten Zone der landwirtschaftlich genutzten Flächen in Scheyern/Oberbayern (Tertiärhügelland). Diss. LMU München, im Druck
- HULSBERGEN, K.-J. (2000): Einsatz des Modells REPRO zur Stoff- und Energiebilanzierung im Versuchsgut Scheyern im Rahmen des Forschungsprojektes „Langzeitmonitoring und Indikatoren: 77 S, n. veröff.
- IKB: Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung, Forschergruppe DFG
- ISERMANN, K. (1993): Anteile der Landwirtschaft an der Emission klimarelevanter Spurengase sowie ursachenorientierte und hinreichende Lösungsansätze. *Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges.* 69: 231-238
- ISERMANN, K. (1994): Agriculture's share in the emission of trace gases affecting the climate and some cause-oriented proposals for sufficiently reducing this share. *Environ. Poll.* 83: 95-111
- ISERMANN, K.; ISERMANN, R. (1997): Tolerierbare Nährstoffsalden der Landwirtschaft, ausgerichtet an den kritischen Eintragsraten- und -konzentrationen der naturnahen Ökosysteme. In: *Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Initiativen zum Umweltschutz 5*. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Zeller Verlag, Osna-brück 1997: 127-158
- KAISER, E.-A.; RUSER, R. (2000): Nitrous oxide emissions from arable soils in Germany – An evaluation of six long-term field experiments, *Journal Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 249-260.
- MATTHES, U.; GERL, G.; REUNTS, H.-J.; GUTSER, R. (2000): Flächen- und betriebsbezogene Indikatoren auf der Grundlage des Langzeitmonitorings. *FAM-Jahresbericht 2000*, im Druck
- NAGEL, H.-D.; GREGOR, H.-D. (1999): Ökologische Belastungsgrenzen – Critical Loads and Levels. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 259 S.
- RUSER, R. (1998): Freisetzung und Verbrauch der klimarelevanten Spurengase N₂O und CH₄ eines landwirtschaftlich genutzten Bodens in Abhängigkeit von Kultur und N-Düngung, unter besonderer Berücksichtigung des Kartoffelbaus. *FAM-Bericht 36*, Diss. TU München 1998
- SRU (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten Stuttgart
- SRU (1998): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - neue Wege gehen. Wiesbaden
- UBA (1996): UN/ECE Convention on long range transboundary air pollution. UBA-Texte 71/96, Berlin
- UBA (1999): Entwicklung von Parametern und Kriterien als Grundlage zur Bewertung ökologischer Leistungen und Lasten der Landwirtschaft – Indikatorensysteme. UBA-Texte 42/99, 258 S
- WEBER, A.; GUTSER, R.; HENKELMANN, G.; SCHMIDHALTER, U. (2000): Unvermeidbare NH₃-Emissionen aus mineralischer Düngung (Harnstoff) und Pflanzenmulch unter Verwendung einer modifizierten Messtechnik. VDLUFA-Schriftenreihe 53, im Druck
- WERNER, W.; WODSAK, H.-P. (1994): Stickstoff- und Phosphateintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. *Schriftenreihe agrarspectrum*, Bd. 22, Frankfurt, 244 S.