

# Entwicklung der landwirtschaftlichen Stickstoff-Emissionen bis im Jahr 2020

Simon Peter, Institute for Environmental Decisions IED, ETH Zürich

Auskünfte: Simon Peter, E-Mail: simonpeter@ethz.ch, Tel. +41 44 632 48 28



Umweltschutz, Tierwohl, Wirtschaftlichkeit und Reduktion des Arbeitsanfalls. Leider gibt es keine Stickstoffminderungsmaßnahmen, die sich auf alle Zielebenen positiv auswirken. Der Einsatz einer Massnahme erfordert deshalb stets ein Abwägen aller Wirkungen.

## Einleitung

Das Angebot an Stickstoff (N) ist ein limitierender Faktor bei der Ertragsbildung landwirtschaftlicher Kulturen. Folglich bestimmt die N-Zufuhr auf landwirtschaftlichen Böden massgeblich die Höhe des Pflanzenertrages. Ein Teil des in der Landwirtschaft eingesetzten Stickstoffs gelangt in die organische Substanz von pflanzlichen und tierischen Produkten oder des Bodens. Ein anderer Teil geht aus Sicht der Landwirtschaft unproduktiv verloren – entweder in der Form von ökologisch unproblematischem elementarem Stickstoff ( $N_2$ ) oder aber in der Form von umweltschädlichem Ammoniak ( $NH_3$ ), Nitrat ( $NO_3$ ), Lachgas ( $N_2O$ ) oder Stickoxid ( $NO_x$ ) (BLW 2008). Bei drei der vier umweltrelevanten N-Formen – Ammoniak, Nitrat und Lachgas – ist die Landwirtschaft gesamtschweizerisch gesehen die Hauptemittentin. Folglich kommt der Landwirtschaft eine spezielle Verantwortung zur Minderung der umweltschädlichen N-Emissionen zu, wobei Ammoniak und Nitrat rein mengenmässig gesehen die bedeutsamsten landwirtschaftlichen N-Fraktionen sind (Abb. 1).

schem elementarem Stickstoff ( $N_2$ ) oder aber in der Form von umweltschädlichem Ammoniak ( $NH_3$ ), Nitrat ( $NO_3$ ), Lachgas ( $N_2O$ ) oder Stickoxid ( $NO_x$ ) (BLW 2008). Bei drei der vier umweltrelevanten N-Formen – Ammoniak, Nitrat und Lachgas – ist die Landwirtschaft gesamtschweizerisch gesehen die Hauptemittentin. Folglich kommt der Landwirtschaft eine spezielle Verantwortung zur Minderung der umweltschädlichen N-Emissionen zu, wobei Ammoniak und Nitrat rein mengenmässig gesehen die bedeutsamsten landwirtschaftlichen N-Fraktionen sind (Abb. 1).

### Bestehende Ziellücken

Die Bundesämter für Umwelt (BAFU) und für Landwirtschaft (BLW) haben für die Landwirtschaft in diversen ökologisch relevanten Bereichen Umweltziele formuliert, welche aus Gesetzen, Verordnungen, internationalen Abkommen und Bundesratsbeschlüssen hergeleitet worden sind. Die im Bericht Umweltziele Landwirtschaft (BAFU/BLW 2008) festgelegten Ziele zeigten auf, dass gerade im Bereich der landwirtschaftlichen Stickstoffemissionen teilweise beträchtliche Lücken zwischen den gesetzlich festgehaltenen Umweltzielen und der Ist-Situation bestehen. Beim Ammoniak beispielsweise, müssten die Emissionen aus der Landwirtschaft von gegenwärtig rund 48 kt N (Kupper *et al.* 2009) auf 25 kt N (BAFU/BLW 2008) annähernd halbiert werden, damit eine substanzschädigende Wirkung in sensiblen Ökosystemen verhindert werden kann. Auch bei den Zielsetzungen für die nationale Nitratfraktion ist die Lücke beträchtlich.

Vor diesem Hintergrund hat das BLW die Gruppe Agrar-, Lebensmittel- und Umweltökonomie der ETH Zürich mit der Durchführung einer quantitativen Studie beauftragt (Peter *et al.* 2010). Die Arbeit soll Entscheidungsgrundlagen zur Beantwortung der Frage liefern, welche agrarökologischen Etappenziele im N-Bereich bis im Jahr 2020 realistischerweise angepeilt werden könnten. Dies mit Blick auf die langfristigen Umweltziele Landwirtschaft (UZL) aber auch unter Berücksichtigung der dabei anfallenden Kosten und der zu erwartenden Auswirkungen auf die Agrarproduktion.

### Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist Hauptemittentin der drei reaktiven Stickstoffverbindungen Ammoniak, Nitrat und Lachgas. Deshalb kommt ihr eine spezielle Verantwortung zur Minderung der umweltschädlichen Stickstoffemissionen zu. Dies umso mehr, weil in diesem Bereich teilweise beträchtliche Lücken zwischen den gesetzlich festgehaltenen Umweltzielen und der Ist-Situation bestehen. Im vorliegenden Artikel geht es deshalb um die Frage, welche agrarökologischen Etappenziele im N-Bereich bis im Jahr 2020 angepeilt werden könnten. In der durchgeführten Studie wurden ausgewählte technisch-organisatorische Minderungsmaßnahmen in ein bestehendes agrarwirtschaftliches Allokationsmodell implementiert. Damit konnte das Potenzial einer landwirtschaftlichen Emissionsreduktion und deren sektorspezifischen Kosten berechnet werden. Die Modellergebnisse zeigen, dass mit den untersuchten Massnahmen im Rahmen des Ressourcenprogramms der «AP2011» eine maximale Emissionsreduktion von rund 10 % beim Ammoniak, Nitrat und den anderen umweltrelevanten N-Emissionen erwartet werden darf. Darüber hinausgehende Emissionsreduktionen scheinen ohne weitere Massnahmen lediglich über eine Extensivierung bzw. über einen Produktionsrückgang erreichbar. Dies würde jedoch mit unerwünscht starken Auswirkungen auf das landwirtschaftliche Einkommen einhergehen. Deshalb spielt das realisierbare Zusatzpotenzial von bisher unberücksichtigten Minderungsmaßnahmen eine zentrale Rolle, wenn es darum geht, Etappenziele für das Jahr 2020 festzulegen. Das Erreichen der formulierten Langfristziele dürfte noch längere Zeit eine Herausforderung für Forschung, Politik und Praxis bleiben.

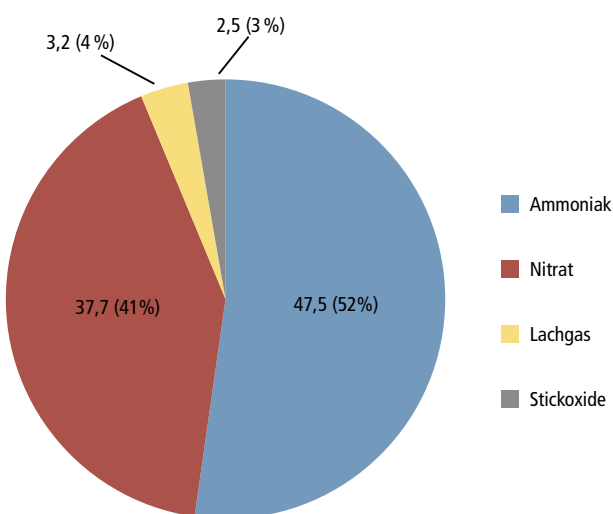


Abb. 1 | Umweltrelevante N-Verluste [kt] der Schweizer Landwirtschaft im Jahr 2007. Quelle: Kupper *et al.* (2009 und eigene Berechnungen (Peter *et al.* 2010)

**Tab. 1 | Berücksichtigte Massnahmen zur Ammoniakreduktion und ihre geschätzten Verbreitungsgrade. Quelle: Peter et al. (2010)**

Massnahme	Indikator		Verbreitungsgrad				
			2000	2007	2020		
					Worst	Referenz	Best
Schleppschlauch	Anteil Schleppschlauch	[% der Gülle]	9%	13%	25%	38%	58%
Stickstoff (N) und Phosphor (P) reduziertes Futter (NPr-Futter)	Anteil NPr bei Mastschwein	[% des Tierbestandes]	0%	47%	70%	80%	95%
Güllelagerabdeckung	Anteil abgedeckt (fest/perf.)	[% der Gülle]	84%	82%	83%	84%	88%
	Anteil offen	[% der Gülle]	16%	18%	16%	13%	7%
	Anteil Schwimmfolie	[% der Gülle]	0%	0%	1%	3%	5%
Gülleverdünnung	1 zu 1 verdünnt	[% der Gülle]	100%	100%	100%	100%	100%
	1 zu 2 od. 1:3 verdünnt	[% der Gülle]	0%	0%	0%	0%	0%
NH <sub>3</sub> -arme Stallsysteme	NH <sub>3</sub> -armer Laufstall für Kühe	[% der Laufställe]	0%	0%	5%	10%	15%
	NH <sub>3</sub> -armer Stall für Schweine	[% der Schweineställe]	0%	0%	10%	15%	20%
Gülleausbringung	am Tag	[% der Gülle]	84%	81%	90%	85%	80%
	am Abend (nach 18.00 Uhr)	[% der Gülle]	16%	19%	10%	15%	20%
Misteinarbeitung	bis 1 Tag nach Ausbringung	[% des Mists]	21%	24%	21%	29%	40%
	später als 1 Tag n. Ausbringung	[% des Mists]	79%	76%	79%	71%	60%
Stallsystem Milchvieh	Anteil Lauf- und Anbindeställe		modellendogene Entwicklung, in Abhängigkeit der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen				
Weidemanagement	Anteil keine Weide, Halbtagesweide oder Ganztagesweide						
Kraftfuttereinsatz	Anteil 6 %, 20 % oder 30 % des Energiebedarfs (Milchvieh)						
Milchleistung	Anteil 5000kg, 7000kg oder 9000kg Jahresleistung						
Zwischenkulturen	Anbaufläche						

## Methoden und Annahmen

### Modell

Für die quantitativen Betrachtungen im Rahmen der Studie wurde das agrarwirtschaftliche Allokationsmodell S\_INTAGRAL verwendet (Peter 2008). S\_INTAGRAL berücksichtigt die wichtigsten tierischen und pflanzenbaulichen Aktivitäten und die landwirtschafts-spezifischen Systemdynamiken (z.B. Entwicklung der Stallkapazitäten oder der Tierbestände, Futter- und Nährstoffbilanzen). Ergänzt wird der Modellansatz mit ausgewählten technisch-organisatorischen Minderungs-massnahmen, um deren Reduktionspotential auf nationaler Ebene abzuschätzen (z.B. Schleppschlaucheinsatz). Die Emissionsberechnung selbst basiert im Ammoniak-Bereich auf der von der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL) entwickelten Methodik *Agrammon* (Kupper et al. 2009). Im Nitrat-Bereich kommt ein kulturspezifischer Ansatz der ART zum Einsatz (Braun et al. 1994), welcher diverse Korrekturfaktoren für zusätzliche Einflussgrößen wie z.B. den Zwischenfütteranbau oder die Weidehaltung mitberücksichtigt (Spiess und Prasuhn 2006).

### Preise und Direktzahlungen

Die Modellresultate basieren auf einem Szenario welches gegenüber heute von gleich bleibenden Agrarpreisen ausgeht. Die Direktzahlungen orientieren sich an den Beitragsansätzen der «AP2011». Folglich sind in der vorliegenden Analyse noch keine aktuellen Überlegungen zur Weiterentwicklung des Direktzahlungssystems (WDZ) mit eingeflossen.

### Massnahmenauswahl

Die für die Modellrechnungen berücksichtigten technisch-organisatorischen Minderungs-massnahmen (Tab. 1) entsprechen in etwa dem Massnahmenkatalog des Ressourcenprogramms der «AP2011» zur Reduktion der Ammoniakemissionen. Das bedeutet, dass nicht alle in der Literatur (z.B. Keck et al. 2006) diskutierten Massnahmen berücksichtigt werden, entweder aus Gründen fehlender Praxisreife oder infolge unvollständiger Datenbasis.

Bei den Nitratemissionen gibt es keine einfach anwendbaren technischen Minderungs-massnahmen wie beispielsweise der Schleppschlaucheinsatz beim Ammoniak. Hier besteht der effektivste Weg darin, das land-

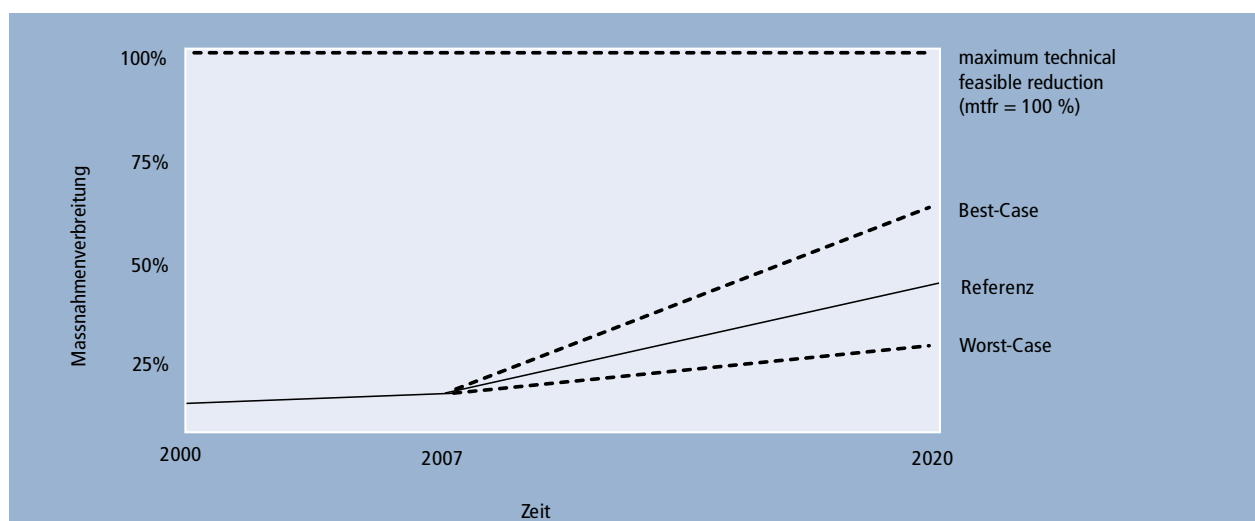


Abb. 2 | Verbreitungsgrad des Schleppschlauchverteilers im Referenz-, Best- und Worst-Case Szenario. Quelle: Peter et al. (2010)

wirtschaftliche Portfolio entsprechend anzupassen (z.B. weniger Ackerbau, mehr Zwischenfutteranbau, extensivere Wiesenbewirtschaftung).

### Massnahmenverbreitung

Um die Unsicherheit bei der Verbreitung der ausgewählten Massnahmen bis im Jahr 2020 zu berücksichtigen, wurden durch Fachexperten des BLW's und der SHL drei Szenarien mit unterschiedlichen Verbreitungsgraden definiert (Tab 1). Im *Referenz-Szenario* wird für jede berücksichtigte Massnahme eine – der Einfachheit halber – lineare, zeitliche Entwicklung angenommen, welche aus heutiger Optik und unter Berücksichtigung der Förderanreize im Rahmen des Ressourcenprogramms am wahrscheinlichsten ist. Neben diesem *Referenz-Szenario* werden zusätzlich ein *Worst-Case Szenario* mit einer pessimistischen Zunahme der ausgewählten Minderungsmaßnahmen und ein *Best-Case Szenario* mit einer optimistischen Verbreitung bis im Jahr 2020 definiert (Abb. 2, Beispiel Schleppschlauch).

In Abbildung 2 wird die Verbreitung des Schleppschlaucheinsatzes schematisch dargestellt. Daraus geht hervor, dass es sich beim *Best-Case Szenario* nicht um das technisch gesehen maximal mögliche Umsetzungspotential (*maximum technical feasible reduction*, mtr) handelt, sondern um die bestmöglich anzunehmende Verbreitung der berücksichtigten Massnahmen bis im Jahr 2020. Dies gilt es bei der Interpretation der Modellergebnisse entsprechend zu berücksichtigen.

## Resultate und Diskussion

### Emissionsentwicklung

Die Berechnungen für das Jahr 2020 ergaben gegenüber dem Jahr 2007 einen Rückgang der Ammoniakemissionen um 11 % respektive 5,3 kt N im *Best-Case-Szenario* (Abb. 3). Davon werden allerdings lediglich 3,9 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  durch die ausgewählten Massnahmen reduziert. Die übrigen 1,4 kt (bzw. 25% der Emissionsminderung) ergeben sich aus einem geringen Rückgang des Rindviehbestandes bis 2020, welcher infolge des Zuchtfortschritts bei der Milchleistung stattfindet. Die Nitratemissionen werden durch die berücksichtigten Minderungsmaßnahmen kaum beeinflusst, da sich Letztere hauptsächlich auf die Ammoniakemissionen auswirken. Die Nitratfracht liegt deshalb in allen drei Szenarien auf etwa demselben Niveau von rund 33,5 kt  $\text{NO}_3\text{-N}$  (ca. -4 kt bzw. -10 % gg. 2007). Die Begründung für den Rückgang beim Nitrat liegt erstens in der abnehmenden Futtergetreide- und Körnermaisbaufläche, zweitens in einer Zunahme der Ökoausgleichsflächen sowie drittens in einem Rückgang beim Mineraldüngereinsatz infolge der abnehmenden Ackerfläche. Die gesamten umweltrelevanten N-Verluste gehen in der Summe ebenfalls um rund 11 % zurück (-9,5 kt N). Insgesamt unterscheiden sich die umweltrelevanten N-Emissionen zwischen den drei Szenarien nur geringfügig. Dies liegt daran, dass sich die *Worst-* und *Best-Case*-Annahmen bezüglich der zu erwartenden Massnahmenverbreitung nur unwesentlich von denjenigen im Referenz-Szenario unterscheiden (Tab. 1). ➤

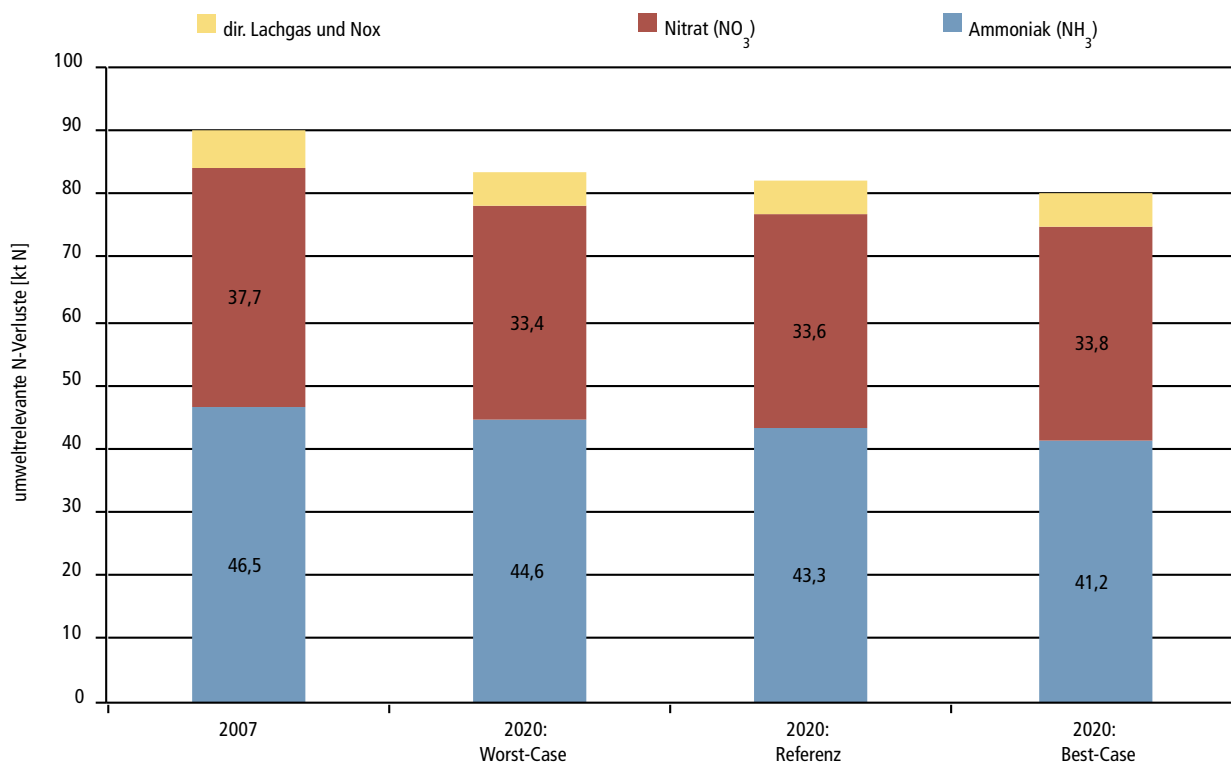


Abb. 3 | Emissionsentwicklung im Referenz-, Worst- und Best-Case Szenario. Quelle: Peter et al. (2010)

Der Grund für die mit rund 10% relativ geringe Emissionsminderung bis im Jahr 2020 liegt darin, dass

- gewisse praxisfähige und kostengünstige Massnahmen heute schon zu einem teilweise beträchtlichen Anteil umgesetzt sind (z.B. Güllelagerabdeckung zu 83 %, NPr-Einsatz zu 50 %, Schleppschlaucheinsatz zu 13 %),
- das Verbreitungspotenzial aufgrund topographischer, agronomischer oder organisatorischer Einschränkungen nicht bei 100% liegt, sondern tiefer (z.B. Schleppschlauch, Gülleausbringung am Abend, sofortige Misteinarbeitung, Weidegang wegen fehlender Arrondierung),
- sich der aus N-Sicht unerwünschte Trend zu mehr Laufställen und weniger Anbindeställen auch künftig fortsetzen dürfte und weil
- gewisse Massnahmen nicht schlagartig, sondern lediglich im Laufe der Erneuerung von Produktionskapazitäten mit vernünftiger Kostenfolge umsetzbar sind (z.B. Bau emissionsarmer Laufställe)

### Vermeidungskosten

Da die längerfristigen Zielsetzungen bezüglich Emissionsminderungen gemäss BAFU/BLW (2008) deutlich über eine 10%-ige Reduktion hinausgehen, wurde mittels einer Sensitivitätsanalyse zudem eruiert, zu welchen Kosten eine solche Reduktion im Jahr 2020 erreichbar wäre. Hierzu wurden die marginalen Vermeidungskosten – ausgedrückt als sektorale Einkommenseinbusse je reduzierte N-Einheit – berechnet.

Der Verlauf der Vermeidungskosten in Abbildung 4 zeigt, dass die Ammoniakemissionen bis zu einer rund 10%igen Reduktion mit 3–12 CHF/kg N günstiger reduziert werden können, als die Nitratemissionen (10–12 CHF/kg N). Dies kommt daher, dass die Ammoniakemissionen dank dem Einsatz der berücksichtigten Minderungsmaßnahmen billiger reduzierbar sind, als die Nitratemissionen, bei denen praktisch keine technologischen Minderungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Sobald aber im Ammoniakbereich das Minderungspotenzial der berücksichtigten Massnahmen von rund 10% ausgeschöpft ist, steigen die Vermeidungskosten

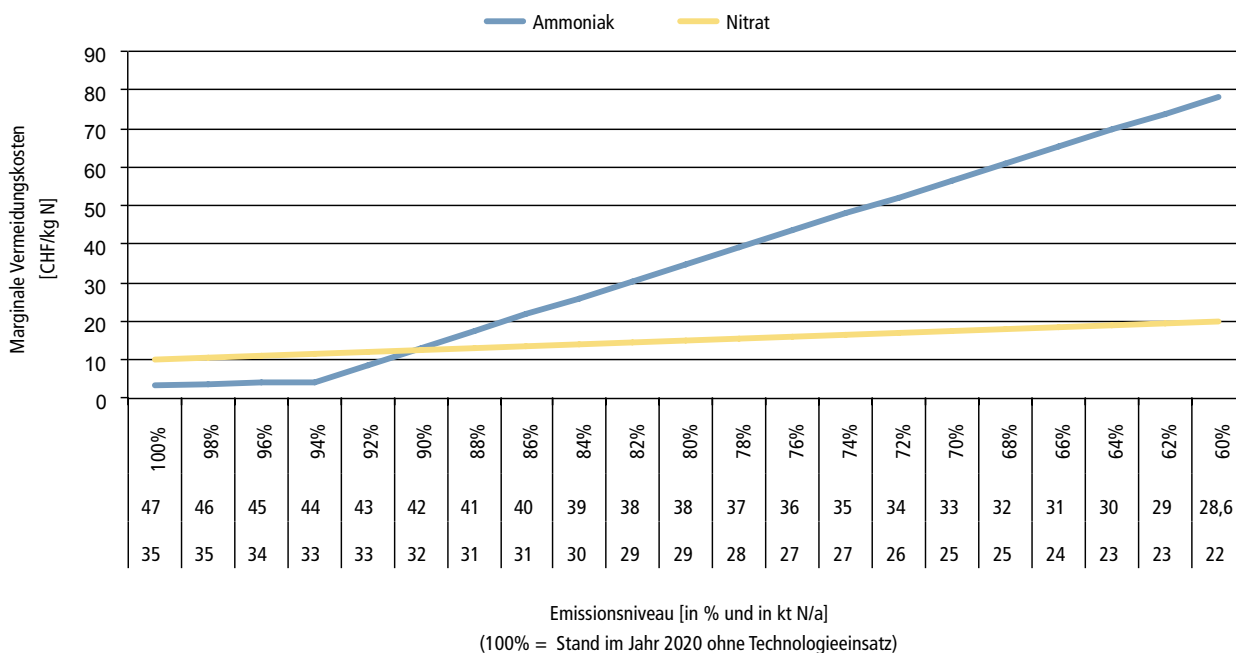


Abb. 4 | Marginale sektorale Vermeidungskosten einer Ammoniak- und Nitratreduktion. Quelle: Peter et al. (2010)

viel stärker an als beim Nitrat. Sie betragen bei einer 40 %igen Emissionsreduktion fast 80 CHF/kg N, was mit einer sektoralen Einkommenseinbusse von gut 600 Mio CHF pro Jahr einhergehen würde. Demgegenüber liegen die Vermeidungskosten einer 40 %igen Nitratreduktion bei lediglich 20 CHF/kg N beziehungsweise rund 200 Mio CHF jährlich.

Sobald die berücksichtigten Minderungsmassnahmen im Ammoniakbereich ausgeschöpft sind, wird eine zusätzliche Reduktion der Ammoniakemissionen wesentlich teurer als eine Reduktion der Nitratemissionen. Der Grund dafür liegt darin, dass für weitergehende Ammoniakreduktionen ein Abbau der wertschöpfungsstarken tierischen Aktivitäten erforderlich würde (Rindvieh- und/oder Schweinebestand). Dies hätte grosse Einkommenseinbussen zur Folge, was wiederum den starken Anstieg der Vermeidungskosten beim Ammoniak erklärt. Demgegenüber kann Nitrat relativ kostengünstig reduziert werden. Dies geschieht im Modell, indem ein Wechsel von einer emissionsintensiven, ackerbaulichen Bodennutzung hin zu einer

vermehrte extensiven, nitratarmen Grünlandbewirtschaftung vollzogen wird. Diese Grünlandbewirtschaftung zeichnet sich durch einen kleineren Arbeits- und Kapitaleinsatz aus als im Ackerbau und teilweise auch durch höhere Direktzahlungen. Damit ist die gewählte Strategie zur Nitratreduktion mit deutlich geringeren Einkommenseinbussen beziehungsweise Vermeidungskosten verbunden, als eine entsprechende Ammoniakreduktion.

## Schlussfolgerungen

Substanzielle Emissionsreduktionen von mehr als 10 % gegenüber 2007 scheinen ohne weitere technische Massnahmen lediglich über eine Extensivierung beziehungsweise einen Produktionsrückgang erreichbar. Vor diesem Hintergrund ist die Frage nach weiteren Minderungstechnologien und -ansätzen, welche in der Literatur zusätzlich diskutiert werden, von zentraler Bedeutung. Denn der starke Anstieg der Vermeidungskosten im Ammoniakbereich könnte durch weitere Mass-

nahmen umso mehr hinausgezögert werden, je kostengünstiger zusätzliche beziehungsweise in dieser Studie unberücksichtigte Massnahmen sind und je grösser deren technisches Verbreitungspotential wäre. Zur Abschätzung dieses Zusatzpotentials wäre als nächster Schritt die Erarbeitung einer vollständigen und von allen Seiten anerkannten Datengrundlage bezüglich Minderungspotenzial und Minderungskosten solcher zusätzlichen Massnahmen angezeigt (Forschungsbedarf).

### Potenzial zusätzlicher Massnahmen ist entscheidend

Vor dem Hintergrund der vorangegangenen Ausführungen wird klar, dass die für das Jahr 2020 anzustrebenden Etappenziele in hohem Masse davon abhängen, wie gross das Zusatzpotenzial von bisher unberücksichtigten Minderungsmaßnahmen eingeschätzt wird.

Ohne ein derartiges Zusatzpotential, wäre eine Emissionsreduktion lediglich durch die in dieser Studie berücksichtigten technisch-organisatorischen Massnahmen und durch «automatisch» stattfindende Portfolio-Veränderungen bei Weiterführung der aktuellen Agrarpolitik erreichbar (weniger Futterbau, mehr extensive Wiesen). In diesem Fall fielen die formulierbaren Etappenziele gegenüber dem Jahr 2007 eher defensiv aus (je ca. 10 % gegenüber 2007 bei Ammoniak, Nitrat und den totalen umweltrelevanten N-Verlusten, i.A. an die Entwicklung gemäss Best-Case Szenario).

Demgegenüber können die Etappenziele für das Jahr 2020 umso offensiver ausfallen, a) je grösser das angesprochene Potenzial zusätzlicher Minderungsmaßnahmen ist, welche im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden konnten und b) je grösser ein allfälliger Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion sein darf (z.B. Anreize für Produktionssenkungen in tierintensiven Regionen).

### Langfristziel bleibt Herausforderung

Auch wenn man davon ausgeht, dass beim Ammoniak mit zusätzlichen Minderungsmaßnahmen eine mehr als 10 %ige Reduktion realisierbar wäre, wird voraussichtlich eine beträchtliche Ziellücke zum UZL-Langfristziel von 25 kt NH<sub>3</sub>-N verbleiben. Es kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass das UZL-Ziel – selbst längerfristig betrachtet – mit einer Aufrechterhaltung des gegenwärtigen landwirtschaftlichen Portfolios nicht erreichbar ist. Gleiches gilt für die Reduktion der Nitratemissionen, wo es kaum einfache beziehungsweise ohne Zielkonflikte anwendbare technische Minderungsmaßnahmen gibt. In diesem Bereich wäre eine substanzielle Emissionsreduktion deshalb hauptsächlich durch eine starke Verlagerung von Acker- und Kunstwiesenflächen in Naturwiese und damit mit einer empfindlichen Reduktion des Selbstversorgungsgrades bei den Ackerkulturen erreichbar.

Vor dem Hintergrund obiger Ausführungen wird deutlich, dass es keine eindeutige Antwort auf die Frage nach den «richtigen» Etappenzielen für das Jahr 2020 gibt. Denn die zu veranschlagenden Etappenziele hängen neben der Frage nach dem Minderungspotenzial zusätzlicher Ansätze auch stark davon ab, wie ökologische, landwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Interessen gewichtet und bewertet werden. Das Festlegen von konkreten Etappenzielen im N-Bereich wird deshalb Gegenstand der Weiterentwicklung der Agrarpolitik bleiben und sollte unter Beteiligung aller darin involvierten Institutionen erfolgen. ■

### Literatur

- Braun M., P. Hurni P. & E. Spiess, 1994. Phosphor- und Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft. FAC Schriftenreihe Nr. 18, Liebefeld.
- BAFU/BLW, 2008. Umweltziele Landwirtschaft – Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Bern.
- BLW 2008, Agrarbericht, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
- Keck M., Schrade S. & M. Zähner (2006): Minderungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung. Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen. KTBL-Schrift 449, S.211–227.
- Kupper T., Bonjour C., Achermann B., Zaucker F., Rihm B., Nyfeler-Brunner A., Leuenberger C. & Menzi H., 2009. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990–2007. Prognose bis 2020. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität, 3003 Bern.
- Peter S., 2008. Modellierung agrarökologischer Fragestellungen unter Berücksichtigung struktureller Veränderungen in der Schweizer Landwirtschaft. Dissertation ETH-Nr. 17820. ETH Zürich. Veröffentlichung gegen Ende 2008.
- Peter S., Valsangiacomo A. & Weber M., 2010. «Stickstoff 2020» – Möglichkeiten und Einschränkungen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Stickstoffemissionen in der Schweiz. IAW-Schriftenreihe 2010/4 der Gruppe Agrar-, Lebensmittel- und Umweltökonomie, ETH Zürich.
- Spiess E. & Prasuhn V., 2006. Einfluss der Ökologisierung in der Landwirtschaft auf den Nitratgehalt des Grundwassers. *Bulletin BGS Nr. 29*, 21–26

**Riassunto****Previsioni di sviluppo delle emissioni d'azoto in agricoltura fino al 2020**

L'agricoltura è la principale emittente dei tre composti azotati reattivi: ammoniaca, nitrato e protossido d'azoto. Per questo motivo l'agricoltura ha una responsabilità particolare e deve preoccuparsi che queste emissioni siano ridotte, tanto più che in questo settore vi sono a volte notevoli lacune tra gli obiettivi imposti dalla legge e la situazione attuale. Nel presente articolo è posta la domanda, a quali obiettivi agroecologici intermedi, nell'ambito delle emissioni di azoto, sia possibile mirare entro il 2020. Questo studio ha implementato in un modello d'allocatione d'economia agraria, delle misure selezionate di riduzione nel campo tecnico-organizzativo. In questo modo è stato possibile calcolare il potenziale di una riduzione delle emissioni agricole e i suoi costi conseguenti settoriali-specifici. I risultati del modello mostrano che con le misure di riduzione esaminate nel contesto dei programmi delle risorse «PA2011», ci si può attendere una riduzione massima del 10 % d'ammoniaca, nitrato ed altre importanti emissioni con azoto. Senza misure aggiuntive, maggiori riduzioni sembrano essere raggiungibili unicamente attraverso produzioni meno intensive, rispettivamente diminuendo la produzione. Purtroppo, la conseguenza di questa riduzione provocherebbe un impatto indesiderato sul reddito dell'agricoltura. Per questa ragione, la valutazione del potenziale addizionale di misure non ancora considerate è di grande importanza quando si definiscono gli obiettivi intermedi per l'anno 2020. Il raggiungimento degli obiettivi a lungo termine rimarrà ancora per molto tempo una sfida per la ricerca, la politica e la pratica.

**Summary****Development of agricultural nitrogen emission until 2020**

Agriculture is the main emitter of three reactive nitrogen (N) compounds: ammonia, nitrate and nitrous oxide. Therefore, the agricultural sector is especially in charge for contributing to the mitigation of environmentally harmful N emissions. This is even accentuated by the fact that considerable gaps can be observed between the long term goals stated by law and the current situation. In this article, we investigate which interim emission targets could be aimed for in the year 2020. To this end, we implemented selected mitigation practices into an already existing agricultural allocation model. We applied the model in order to assess the mitigation potential of an agricultural nitrogen reduction and the corresponding sector related abatement cost. Model runs show that only a 10 % reduction of ammonia, nitrate and the further N compounds can be expected until 2020, given the selected measures within the «Resources program» of the current agricultural policy regime. Without any additional mitigation measures, further emission reductions seem only to be attainable via an extensification or via a decline in agricultural production. But this would go along with undesired implications on sectoral income. The interim emission targets to be set for 2020 are therefore highly depending on the realizable potential of mitigation practices that have not been taken into account so far. However, the achievement of the stated long-term goals will remain a challenge for research, policy and praxis.

**Key words:** nitrogen emissions, mitigation practices, agriculture, abatement cost.