

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizer Ingenieur und Architekt
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	113 (1995)
<b>Heft:</b>	35
<b>Artikel:</b>	Stickstoffmanagement - Vehikel für integrierten Umweltschutz
<b>Autor:</b>	Bundi, Ueli
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-78762">https://doi.org/10.5169/seals-78762</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Ueli Bundi, Dübendorf

# Stickstoffmanagement – Vehikel für integrierten Umweltschutz

Die Stickstoffproblematik erfordert Strategien, welche die intensive Vernetzung verschiedenster Umweltprozesse und menschlicher Aktivitäten berücksichtigen. Wichtigste Verursacher von Umweltproblemen im Zusammenhang mit Stickstoff sind die Landwirtschaft und die Verbrennungsprozesse inklusive des motorisierten Verkehrs. Ein vordringlicher Handlungsbedarf besteht in der Landwirtschaft. Davon sind viele weitere Belange der Umwelt, der Wirtschaft, der sozialen Situation und der Politik betroffen. Eine allgemeine Neuorientierung der Landwirtschaft erweist sich als unumgänglich.

## Die Stickstoff-Umweltproblematik

Stickstoff spielt im Umweltgeschehen eine Schlüsselrolle. Er tritt in verschiedenen Formen auf und ist sowohl lebenswichtiger Nährstoff als auch Schadstoff. Seine Umsätze und Konzentrationen in der Umwelt werden durch menschliche Aktivitäten stark erhöht (Bild 1):

In Verbrennungsprozessen werden Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) erzeugt und in die Luft verfrachtet. Solche Prozesse existieren:

- im Verkehr auf dem Land, im Wasser, in der Luft (Motoren)
  - in Herstellungsverfahren in Industrie und Gewerbe
  - in Heizungen, thermischen Kraftwerken, Kehrichtverbrennungsanlagen

Die Landwirtschaft bewirkt Emissionen in die Luft (Ammoniak  $\text{NH}_3$ , Lachgas  $\text{N}_2\text{O}$ ) und in die Gewässer (Nitrat  $\text{NO}_3^-$ ). Massgebend dafür sind

- die Art der Bodennutzung und -bearbeitung
  - die Viehhaltung (Art sowie Anzahl pro Flächeneinheit)
  - der Umgang mit den Hofdüngern (Art der Lagerung, Zeitpunkt und Art des Ausbringens)
  - die Herstellung und Verwendung mineralischer Stickstoffdünger.

Mit dem gereinigten und ungereinigten Abwasser werden Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) in die Oberflächengewässer eingeleitet.

Die verschiedenenartigen Stickstoffemissionen führten zu vielfältigen Problemen in Wasser, Boden und Luft und damit für Mensch, Tiere, Pflanzen und Ökosysteme

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), das sich im Grundwasser anreichert, kann die menschliche Gesundheit gefährden. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gelangt hauptsächlich mit dem Abwasser in die Fließgewässer, wo es teilweise in Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) umgewandelt wird. Diese beiden Formen sind für Fische stark giftig. Bei der in den Gewässern ablaufenden Oxidation von Ammonium zu Nitrat (= Nitritifikation) wird Sauerstoff gezehrt.

Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) sind an der Bildung von Ozon in den erdnahen Luftschichten beteiligt. Sie selber und speziell Ozon schädigen Pflanzen und Menschen. Das gilt auch für das in die Luft emittierte Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Im Boden, nach seiner Deposition, wird Ammoniak oxidiert (Nitritifikation), wobei sich Säure bildet. Stickoxide tragen durch ihre Umwandlung zu Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) zur Versauerung des Regens bei. Die Bodenversauerung sodann führt zu erhöhter Auswaschung von Metallen und Nährstoffen. Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) wird unter bestimmten Bedingungen in Böden und Seen gebildet; es trägt bei zum Treibhauseffekt und zum stratosphärischen Ozonabbau.

Infolge Anreicherung verschiedener Stickstoffverbindungen in der Luft wird die Stickstoffdeposition auf die Böden erhöht. Dadurch werden empfindliche Ökosyste-

me (Wald, Magerwiesen, Moore usw.) überdüngt und nachhaltig geschädigt. Die Erhöhung des Stickstoffgehaltes der Seen und Meere kann sich auf deren Lebensgemeinschaften ungünstig auswirken.

## **Handlungsbedarf**

Ursachen und Manifestationen liegen bei den meisten Stickstoffproblemen örtlich nah beieinander. Für die Problemlösungen braucht es deshalb lokale und regionale Ansätze. Diese sollen im nationalen und allenfalls internationalen Rahmen nach gemeinsamen Prinzipien entwickelt werden. Die Schweiz muss sich aber nicht nur mit den Stickstoffproblemen im eigenen Land auseinandersetzen. Im Rahmen internationaler Übereinkommen ist sie auch gefordert, den Stickstoffexport via Rhein zum Schutz der Nordsee massgeblich zu reduzieren.

Die verschiedenartigen Probleme mit Stickstoff haben gemeinsame Ursachen, so in der Landwirtschaft, in der Mobilität und im Wasserkomfort. Sie sind durch komplexe natürliche und anthropogene Prozesse eng miteinander verknüpft. Abhilfemaßnahmen sind in allen Ursachenbereichen nötig. Zur Optimierung der Wirkung und zur Vermeidung kontraproduktiver Effekte müssen die Massnahmen in der Landwirtschaft, bei den Verbrennungsprozessen, beim Verkehr und in der Abwasserreinigung gut aufeinander abgestimmt werden. Dabei sind viele weitere Umweltbelange, die vom Stickstoffmanagement mitbetroffen sind, zu berücksichtigen.

## Stickstoffhaushalt in der Schweiz

In Bild 1 ist der Stickstoffhaushalt in der Schweiz dargestellt. Aufgeführt sind die

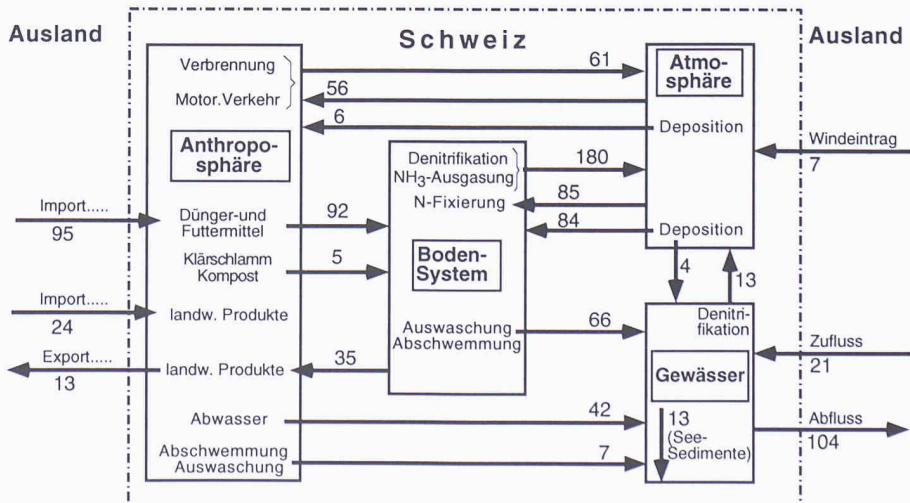


Bild 1.  
Stickstoffbilanz der Schweiz, 1990 (in 1000 t N pro Jahr)

	Regionen				Schweiz
	Büren	Signau	Oberhasli	Zürich	
<i>Anthropogener<sup>1</sup> Belastungsfaktor</i>	6,9	2,8	0,9	25,7	5,0
<i>Eintrag pro km<sup>2</sup> (t N/km<sup>2</sup>)</i>	4,0	1,9	0,9	13,4	2,9
Ursache (in %)					
- Verbrennung/Verkehr	3%	6%	12%	2%	8%
- Abwasser, Austrag aus Siedlungsböden	24%	16%	8%	90%	37%
- Landwirtschaft	60%	52%	27%	4%	38%
- Hintergrundbelastung	13%	26%	53%	4%	17%

<sup>1</sup> Der anthropogene Belastungsfaktor =  $\frac{\text{anthropogen verursachte Belastung}}{\text{naturliche Hintergrundbelastung}}$

gibt an, wieviel die anthropogen verursachte Belastung der Hydrosphäre im Verhältnis zur natürlichen Belastung (Hintergrundbelastung) ausmacht.

Tabelle 1.  
Stickstoffbelastung der Gewässer in vier Regionen und in der Gesamtschweiz

Ursachenbereich	Reduktionspotential <sup>1</sup>		Kosten-wirksamkeit in Fr./kg vermiedener N-Eintrag	Zeitdauer <sup>2</sup> der Wirksamwerdung in Jahren
	in kt N/J	in % der Gesamt- belastung		
Verbrennung/Verkehr <sup>3</sup>	6	5%	80-4000	5-15
Abwasser-Reinigung	25	21%	15- 25	5-15
Landwirtschaft <sup>4</sup>	30	25%	5- 100 <sup>4</sup>	10-20

<sup>1</sup> Die Gesamtbelastung der Hydrosphäre Schweiz aus dem nationalen Einzugsgebiet beträgt 119 kt N/J

<sup>2</sup> Berücksichtigt ist die Realisierungsdauer der Massnahmen und die Reaktionsträgheit des Bodens. Vorausgesetzt wird, dass die nötigen Vollzugsinstrumente schon existieren oder innert 1 bis 3 Jahren geschaffen werden.

<sup>3</sup> Die Massnahmen in den Bereichen Landwirtschaft und Verbrennung/Verkehr reduzieren den Nitrateintrag ins Grundwasser und haben viele weitere Umweltnutzen.

<sup>4</sup> Diese Kosten implizieren Einkommensneutralität der getroffenen Massnahmen unter den Produktepreisbedingungen von 1990.

Tabelle 2.  
Gesamtschweizerische Potentiale zur Reduktion der Stickstoffbelastung der Gewässer

wichtigsten Flüsse zwischen Anthroposphäre (Bevölkerung, Haushalte, Industrie und Gewerbe, Verkehr, Siedlungsflächen), Atmosphäre, Pedosphäre (Bodensystem = land- und alpwirtschaftliche Nutzflächen, Wald, unproduktive Flächen, Nutztiere) und Hydrosphäre (Oberflächengewässer, Grundwasser). Dabei wird nicht nach den verschiedenen Stickstoffverbindungen unterschieden.

Die wichtigsten treibenden Kräfte für die gegenwärtigen Stickstoffverfrachtungen in der Umwelt sind die Dünger- und Futtermittelimporte in die Schweiz (insgesamt 95 000 Tonnen Stickstoff pro Jahr), die Art und Weise der landwirtschaftlichen Bodenbewirtschaftung, der motorisierte Verkehr sowie die Wassernutzung in den Haushalten (Stichwort Wasserklosets). Diese bewirken hohe Stickstoffeinträge in den Boden, das Wasser und die Luft. Dadurch werden komplizierte natürliche Prozesse angekurbelt, die ihrerseits die Verfrachtungen zwischen den Sphären massiv erhöhen.

So ermöglichen die Mineraldüngerimporte eine gesteigerte landwirtschaftliche Produktivität: Es lassen sich beispielsweise mehr Futtermittel produzieren, und die Viehdichte kann erhöht werden. Die Kehr-

seite der Medaille zeigt sich in grösserem Hofdüngeranfall, stärkerer Ammoniakbelastung der Luft und erhöhter Nitratauswaschung aus dem Boden ins Grundwasser. Die Düngerimporte, zum Nutzen der landwirtschaftlichen Produktion getätigten, werden somit grösstenteils zu Umweltbelastungen mit erheblichen volkswirtschaftlichen Folgekosten.

Im schweizerischen Einzugsgebiet gelangen jährlich 119 000 Tonnen Stickstoff in die Gewässer. Davon stammen 45 000 t = 38% aus der Landwirtschaft 42 000 t = 35% aus dem Abwasser 10 000 t = 8% aus Verbrennungsprozessen (Motorfahrzeuge, Industrie, Heizungen) 2 000 t = 2% aus diversen kleineren Quellen 20 000 t = 17% aus natürlichen Quellen

Die heutige Stickstoffbelastung der Gewässer macht somit in der Schweiz rund das Sechsfache der ursprünglichen aus. Von Region zu Region bestehen allerdings grosse Unterschiede. Mit dem Wasser werden jährlich 104 000 Tonnen Stickstoff aus der Schweiz, inklusive des ausländischen Einzugsgebiets der Grenzgewässer, ins Aus-

land exportiert, davon 81 000 Tonnen mit dem Rhein.

Dass die Schweiz heute unter einer massiv erhöhten Stickstoffbelastung leidet, zeigt eine gleichzeitige Betrachtung der Atmosphäre. Jährlich werden 254 000 Tonnen Stickstoff in die Luft emittiert, davon 135 000 Tonnen in schädlichen Verbindungen. Die Verbrennungsprozesse liefern 56 000 Tonnen Stickoxidstickstoff. Die Landwirtschaft trägt mit 47 000 Tonnen Ammoniak- und 20 000 Tonnen Lachgasstickstoff zur Luftbelastung bei. Weitere Emittenten und natürliche Prozesse sind für den Rest von 12 000 Tonnen Ammoniak- und Lachgasstickstoff verantwortlich.

## Regionale Unterschiede

Die Stickstoffbelastung der Gewässer, der Luft und des Bodens weist grosse regionale Unterschiede auf. Massgebend dafür sind die unterschiedlichen natürlichen Gegebenheiten und Intensitäten menschlicher Aktivitäten. Deshalb ist es wichtig, dass die Stickstoffstrategien regionenspezifisch ausgestaltet werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Stickstoffbelastung der Gewässer in verschiedenartigen Regionen.

## Nutzen und Kosten von Abhilfemaßnahmen

Bei der Wahl der Massnahmen zur Reduktion der schädlichen Stickstoffflüsse muss ein optimaler Mitteleinsatz angestrebt werden. Dabei gilt es, sowohl die unterschiedlichen Wirkungen der verschiedenen Stickstoffverbindungen als auch die Wechselwirkungen zwischen Wasser, Boden und Luft bestmöglich in Rechnung zu ziehen. In einer Studie der Eidgenössischen Gewässerschutzkommission (Schriftenreihe Umwelt Nr. 209 Buwal 1993) wurden verschiedene Massnahmenpakete untersucht:

Für die Verminderung der Stickoxidemissionen bestehen in der Schweiz breitgefächerte Absichten. Es handelt sich um die im bundesrätlichen Luftreinhaltekonzept von 1986 postulierten Massnahmen, später hinzugekommene Ergänzungen (EWI-Bericht von 1989) sowie um Extramaßnahmen der Kantone. Viele der Massnahmen wurden bereits realisiert oder sollen in den kommenden Jahren realisiert werden. Wesentliche Fortschritte könnten durch wirtschaftliche Anreize zur Reduktion des Brenn- und Treibstoffverbrauchs, wie seit einiger Zeit politisch diskutiert, erzielt werden.

Im Bereich der Abwasserreinigung werden zwei mögliche Konzeptionen in Betracht gezogen:

Verfahren A = Nitrifikation und biologische Teildenitrifikation für Kläranlagen mit mehr als 10 000 angeschlossenen Einwohnerwerten (50% Stickstoffentfernung in jeder Kläranlage).

Verfahren B = Nitrifikation und biologische Denitrifikation für Kläranlagen mit mehr als 10 000 angeschlossenen Einwohnerwerten (75% Stickstoffentfernung in jeder Kläranlage).

Zur Reduktion der Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft bieten sich einerseits agrartechnische Massnahmen an und anderseits solche, die auf eine Nutzungsexpansivierung abzielen. Im einzelnen handelt es sich um verbesserte Stalltechniken und Düngungspraktiken, angepasste Fruchtfolgen, das Vermeiden von Brache, die Reduktion der Viehdichte, integrierte oder biologische Produktionsweisen sowie die Stilllegung landwirtschaftlicher Nutzflächen und die Schaffung ökologischer Ausgleichsflächen (Tabelle 4).

Betrachtet man nun die Stickstoffbelastung der Gewässer, so ergeben sich für die verschiedenen Ursachenbereiche die in Tabelle 2 zusammengestellten Entlastungspotentiale und Kostenwirksamkeiten.

### Abwasserreinigung kontra Agrarmassnahmen

In Tabelle 3 sind die geschätzten Gesamtkosten der Massnahmen in den beiden Bereichen zur stufenweisen Entlastung der Hydrosphäre zusammengestellt. Dieser Vergleich ergibt Vorteile für die Abwasserreinigung. Berücksichtigt man aber alle Umweltnutzen, die mit den Massnahmen erzielt werden, so ändert sich das Bild. Das kann anhand eines Vergleiches illustriert werden:

Eine Reduktion der jährlichen Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer durch Abwasser bzw. durch die Landwirtschaft um 20 000 Tonnen erfordert jährliche Aufwendungen

- von 350 Millionen Franken (Betriebs- und Kapitalkosten) für zusätzliche Verfahrensschritte in den Kläranlagen beziehungsweise
- von 600 Millionen Franken für Massnahmen in der Landwirtschaft.

Die Massnahmen in der Landwirtschaft haben aber viele weitere positive Effekte für die Umwelt. Sie wirken sich, im Gegensatz zur Abwasserreinigung, direkt auf das Grundwasser aus und reduzieren dessen Nitratbelastung substantiell. Gleichzeitig wird die Belastung der Luft mit schädlichem Ammoniakstickstoff um etwa jährlich

**Tabelle 3.**  
Geschätzte Kosten für die Entlastung der Hydrosphäre Vergleich Abwasserreinigung/Landwirtschaft

<b>Reduktion des Stickstoffeintrages in die Hydrosphäre in kt N/Jahr</b>	<b>Jahreskosten bei Reduktion durch Massnahmen in der Abwasserreinigung in Mio. Fr./Jahr</b>	<b>Landwirtschaft in Mio Fr./Jahr</b>
um 5 kt/J	50	30
um 10 kt/J	100	150
um 15 kt/J	225	300
um 20 kt/J	350	600
um 25 kt/J	500	1000

15 000 Tonnen verringert (eine analoge Reduktion der Stickoxide aus den Verbrennungsprozessen hat volkswirtschaftliche Kosten von jährlich über einer Milliarde Franken zur Folge). Darüber hinaus wirken sich die Massnahmen in der Landwirtschaft in weiteren Belangen günstig aus für Gewässer (z.B. Reduktion des Phosphoreintrages), Boden und Natur.

logischen Erfordernisse führt in der Landwirtschaft zu zusätzlichem Arbeitsaufwand und zu Produktionseinbussen. In diesem Spannungsfeld von Ökonomie und Ökologie sieht der Bund in zunehmendem Masse Direktzahlungen zur Abgeltung ökologischer Leistungen der Landwirte vor.

### Schlüsselrolle der Landwirtschaft

Die zusätzlichen Umweltnutzen der landwirtschaftlichen Massnahmen sind viel höher zu veranschlagen als die Reduktion der Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer. Diese allein rechtfertigt die hohen Kosten nicht, denn nach heutigem Wissen führt der erhöhte Eintrag von Nitratstickstoff kaum zu ökologischen Schäden in den schweizerischen Fließgewässern und Seen. Es ist auch nicht ausreichend belegt, dass Stickstoff für die Nordsee tatsächlich ein gewichtiges Problem darstellt.

Die Massnahmen in der Landwirtschaft sind unverzichtbar. Denn nur sie erlauben es, die Nitratbelastung des Grundwassers und die Ammoniakbelastung der Luft zu senken. Wichtige Fortschritte lassen sich durch konsequente Umsetzung der bestehenden Gesetze (Gewässerschutz-, Umweltschutz- und Landwirtschaftsgesetz) erzielen. Paradebeispiel ist die ausgeglichene Düngerbilanz, die einen entscheidenden Schritt darstellt, vorausgesetzt, Vollzug und Kontrolle sind sichergestellt.

Manche der in Tabelle 4 aufgeführten Massnahmen führen zu tiefgreifenden Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion. Sie sind deshalb eng mit der Agrarpolitik verknüpft. Diese ist heute mit grossen wirtschaftlichen und ökologischen Herausforderungen konfrontiert. Einerseits muss die Nahrungsmittelproduktion vermehrt marktgerecht gestaltet werden; die aussenwirtschaftlichen Verpflichtungen der Schweiz (Gatt, EU) spielen hierbei eine wichtige Rolle. Andererseits werden die ökologischen Auswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion zunehmend kritisch hinterfragt. Die Umsetzung der öko-

### Gesamtstrategie

Als Maxime muss gelten, den Mitteleinsatz zur Lösung der Umweltprobleme mit Stickstoff unter Berücksichtigung weiterer Umweltbelange zu optimieren. Nachfolgend wird eine mögliche Strategie, welche von den heutigen Gegebenheiten ausgeht und realisierbar ist, vorgestellt.

Zielvorgaben: Bis zum Jahr 2002 sollen Massnahmen realisiert werden, die eine Reduktion der Umweltbelastungen mit Stickstoff bewirken im Umfang von:

- 50% der anthropogenen Nitratbelastung des Grundwassers
- je 50% der anthropogenen Stickoxid- und Ammoniakbelastung der Luft
- 35% der anthropogenen Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer

Die angestrebte Entlastung der Luft tritt nach Realisierung der Massnahmen sofort ein. Jene des Grundwassers und der Oberflächengewässer erfolgt erst bis etwa 2010 in vollem Umfang. Dies ist deshalb der Fall, weil grosse Stickstoffmengen über das Bodensystem eingetragen werden (Dünger, Luftverunreinigungen) und dieses eine grosse Trägheit aufweist.

Die Ziele, Massnahmen und wirtschaftlichen Auswirkungen in den verschiedenen Handlungsbereichen werden in den folgenden Abschnitten dargelegt.

### Landwirtschaft

Stickstoffeintrag in die Gewässer und Ammoniakemission müssen je um jährlich 20 000 bis 25 000 Tonnen Stickstoff reduziert werden. Zu diesem Zweck sind die in Tabelle 4 aufgeführten Handlungserfordernisse in wesentlichen Teilen wahrzunehmen. Das geht nicht ohne verstärkten Einsatz wirtschaftlicher Anreize.



Die jährlichen Kosten der zu ergreifenden Massnahmen liegen bei etwa einer Milliarde Franken (gleichzeitig kann aber auch mit Kosteneinsparungen von etwa 200 Millionen Franken gerechnet werden, z.B. ein Teil davon wegen der Reduktion der Käsevermarktungskosten des Bundes). Diese Kosten ergeben sich unter der Vorgabe, dass die Massnahmen einkommensneutral sind, also keine Einkommenseinbussen in der Landwirtschaft zur Folge haben.

In diesem Fall müssten die Kosten der Massnahmen an die Landwirtschaft rückerstattet werden. Das kann durch eine entsprechende Aufstockung der Direktzahlungen für «konkrete ökologische Leistungen» geschehen. Diese sind im Artikel 31b des Landwirtschaftsgesetzes und der Öko-Beitragssverordnung von 1993 geregelt (1993 wurden 56 Millionen an ökologischen Direktzahlungen ausgerichtet; bis 1997 ist eine Aufstockung auf jährlich über 400 Millionen vorgesehen).

Allerdings ist zu gewährleisten, dass die Direktzahlungen ihre angestrebte Wirkung auch effektiv entfalten. Die Landwirte sind zum eigenverantwortlichen ökologischen Leistungsnachweis zu verpflichten (Revision der Öko-Beitragssverordnung). Dabei müssen auch die bestehenden Bestimmungen im Umweltrecht (Bundesgesetze über Gewässerschutz, Umweltschutz, Natur- und Heimatschutz, Landwirtschaft) konsequent vollzogen werden.

Die Massnahmen zum Umwelt- und Naturschutz in der Landwirtschaft sollen regional und betriebsweise geplant und gegenseitig koordiniert werden. Die landwirtschaftliche Beratung und Forschung in Umweltbelangen soll verstärkt gefördert werden.

### Lufthygiene

Das Luftreinhaltekonzept des Bundesrates soll weiterentwickelt und konsequent umgesetzt werden. Die volkswirtschaftlichen

Kosten einer Halbierung der Stickoxidemission auf jährlich 28 000 Tonnen Stickstoff dürften allerdings mehrere Milliarden Franken pro Jahr ausmachen.

Um das Ziel einer Halbierung kostengünstiger zu erreichen, ist es unabdingbar, wirksame Lenkungsabgaben zur Reduktion des Brenn- und Treibstoffverbrauchs einzuführen. Jene Massnahmen, die eine sehr ungünstige Kosten-Nutzen-Wirksamkeit aufweisen, sollten nicht weiter verfolgt werden.

Ammoniak soll neu ins Luftreinhaltekonzept einbezogen werden (erfordert Massnahmen in der Landwirtschaft, siehe dort).

### Abwasserreinigung

Das Potential der abwassertechnischen Massnahmen zur Reduktion der Stickstoffbelastung der Oberflächengewässer soll nur beschränkt, im Umfang von jährlich 8000 Tonnen, wahrgenommen werden.

Diese Reduktion ist zu erzielen durch eine systematische Betriebsoptimierung der Kläranlagen und durch gezielten Ausbau, vorzugsweise im Zusammenhang mit Erneuerungen.

Für den ARA-Ausbau auf Stickstoffelimination sind jährlich etwa 80 Millionen Franken zu investieren. Die jährlichen Kosten (Betriebs- und Kapitalkosten) der bis zum Jahr 2000 realisierten Ergänzungen belaufen sich auf etwa 100 Millionen Franken.

Entgegen der international favorisierten Linie sollen somit die Kläranlagen nicht mit hohem Investitionsaufwand innert kurzer Frist zur Stickstoffelimination ausgebaut werden. Die Weiterentwicklung der Abwasserreinigung nach ökologischen, verfahrenstechnischen und ökonomischen Gesichtspunkten erfordert Zeit und wird vernünftigerweise im normalen Erneuerungsrhythmus der Anlagen vollzogen.

Tabelle 4.

Massnahmen zur Vermeidung von Umweltschäden durch die Landwirtschaft aus Optik der Stickstoff-Umwelt-Problematik. Damit sollen ausgeglichene Düngerbilanzen realisiert, schädliche Emissionen vermieden und die Landwirtschaft insgesamt ökologisiert werden

### Weichenstellungen in die Zukunft

Das Beispiel des Stickstoffs zeigt, dass sektorelle Betrachtungs- und Handlungsweisen zu schlechten Ergebnissen führen können. Würden wir uns auf den Ausbau der Kläranlagen zur Stickstoffelimination konzentrieren, blieben die landeseigenen Stickstoffprobleme trotz hohen Aufwendungen weitgehend ungelöst. Umgekehrt kann die Schweiz wesentliche Beiträge zum Schutz der Nordsee erbringen, wenn es ihr gelingt, ihren eigenen Stickstoffhaushalt ins Lot zu bringen.

Dazu braucht es eine Gesamtstrategie, die auch grundlegende Neuorientierungen in der Landwirtschaft, bei der Wassernutzung, beim Verkehr sowie in der Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung einbeziehen muss. Solche Strategien müssen auf eine längere Zeitspanne (10 bis 30 Jahre) ausgelegt sein, denn der Übergang zu einer umweltverträglichen Entwicklung kann nicht in kurzer Zeit vollzogen werden. Wir müssen lernen, in grösseren sachlichen und zeitlichen Zusammenhängen zu denken, um die heute zu ergreifenden Massnahmen so zu wählen, dass die Weichen längerfristig richtig gestellt sind.

Damit sind wohl Dimensionen angesprochen, welche die Gesellschaft als Ganzes betreffen. Doch auch jede einzelne Fachperson ist gefordert, ihre Tätigkeit in den aufgezeigten Zusammenhängen zu reflektieren. Wenn immer möglich sollen Handlungsspielräume genutzt werden, um die heute zu treffenden Lösungen mit Blick auf die längerfristigen Bedürfnisse der Umweltentwicklung auszustalten.

Adresse des Verfassers:

Ueli Bündi, % Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf.