

## UmweltWissen

# Ammoniak und Ammonium

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und sein Umwandlungsprodukt Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) zählen heute zu den wichtigsten Luftschadstoffen, die Ökosysteme belasten. Versauerung und Nährstoffanreicherung in Böden und Gewässern sind Folgen, die kaum oder nur sehr langfristig wieder ausgeglichen werden können. Das Ausmaß dieser Belastung ist enorm: So waren 1990 in Deutschland fast 80 % der natürlichen oder naturnahen Ökosysteme übersäuert und sogar 99 % mit Nährstoffen überversorgt. Daher werden seit einigen Jahren verstärkt Maßnahmen zur Begrenzung der Ammoniakemissionen getroffen, zumal diese – anders als bei  $\text{SO}_2$  – in den letzten Jahren kaum verringert werden konnten.

## 1 Stoffeigenschaften

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ist ein farbloses, stechend riechendes Reizgas. Es reagiert basisch und ist gut wasserlöslich in allen nicht basischen Flüssigkeiten. Dabei reagiert ein Teil des Ammoniak zu Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ , s. Abb. 1).

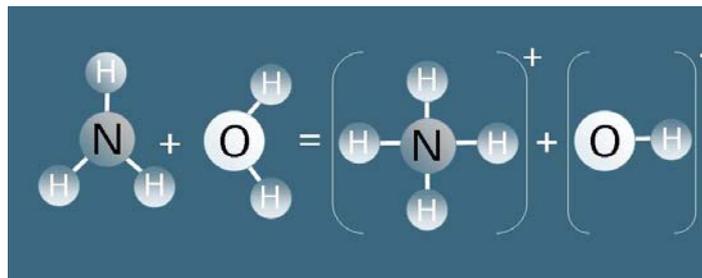


Abb. 1: Reaktion von Ammoniak mit Wasser

Als Base reagiert gasförmiges Ammoniak mit sauren Luftschadstoffen (z.B. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide) relativ schnell zu Ammoniumsalzen. Die Partikel dieser Salze lagern sich aneinander und bilden Schwebstäube, die sich in der umgebenden Luft verteilen, sogenannte Aerosole. Außerdem kann man Ammonium in Regen, Nebel oder Tau nachweisen.

## 2 Quellen

Die Ammoniakemissionen in Deutschland betragen 1990 insgesamt ca. 765.000 t und sanken bis 1999 auf ca. 624.000 t. Hauptverursacher ist die Landwirtschaft (etwa 95 %). Die durch Ammoniak in Mitteleuropa emittierte Stickstoffmenge liegt annähernd in derselben Größenordnung wie die Gesamtsumme der emittierten Menge aus Stickstoffmonoxid und -dioxid.

### 2.1 Landwirtschaft

Ammoniak entsteht, wenn Eiweiß oder Harnstoff in den Exkrementen der Nutztiere zersetzt wird. Hauptemittent ist die **Tierhaltung** und hier speziell die Rinderhaltung (v.a. Milchvieh, aber auch Mastrinder), während die Schweinehaltung einen deutlich geringeren Beitrag liefert (s. Abb. 2). Die Emissionen entstehen zum größten Teil in den Tierställen und bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle, Jauche oder Festmist.

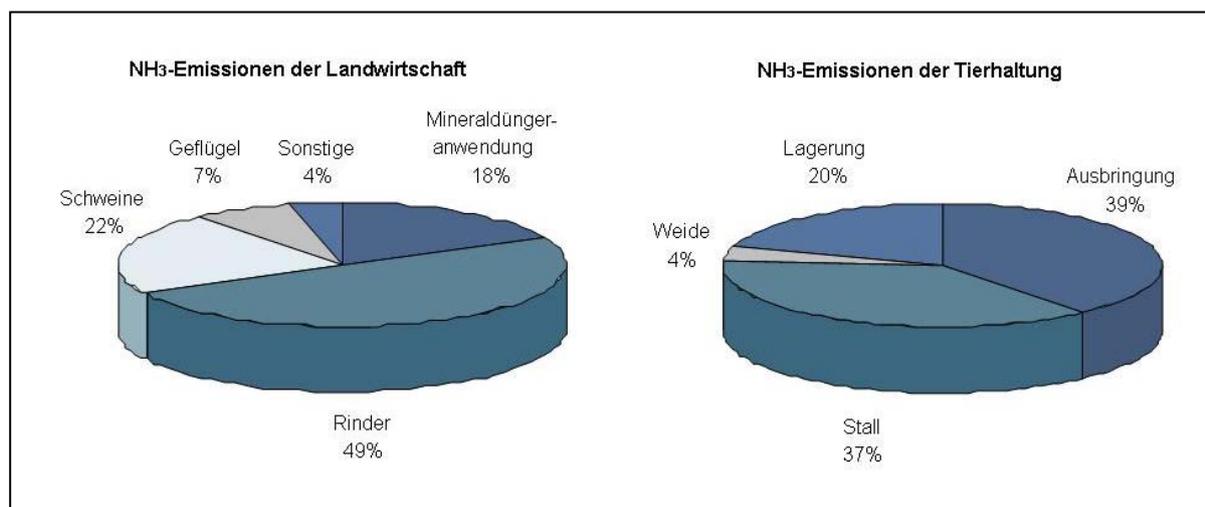


Abb. 2: NH<sub>3</sub>-Emissionen der Landwirtschaft (links) und verschiedener Tierarten (rechts) in Deutschland.  
Quelle: Döhler et al. 2002

Beim Einsatz von **Mineraldüngern** kommt es ebenfalls zu mengenmäßig bedeutsamen Ammoniak-Emissionen (ca. 18% der Gesamtemissionen), da bis zu 20 % der ausgebrachten Stickstoff-Menge (N) als NH<sub>3</sub> entweichen kann. Die Emissionen hängen von der chemischen Zusammensetzung und Anwendung des Düngemittels ab (z.B. Ammoniumsulfat ca. 15 %, Ammoniumnitrat und Harnstoff ca. 10 %, Ammoniumphosphat ca. 5 %). Auch Bodenfaktoren wie der pH-Wert, die Durchlüftung und die Temperatur spielen eine Rolle. Daher werden die höchsten Konzentrationen über gedüngten Böden nach der Düngung im Frühjahr oder Frühsommer sowie während der Mittagszeit und nachmittags gemessen.

## 2.2 Sonstige Quellen

Aus der **Industrie** stammen lediglich 1 bis 2% der Gesamtemissionen, insbesondere aus der Düngemittel-, Ammoniak- und Salpetersäureproduktion und bei der Kühlmittelverwendung.

Auch die **Verbrennung fossiler Brennstoffe** trägt in geringem Umfang zu den Ammoniakemissionen bei (max. 1% der Gesamtemissionen). NH<sub>3</sub> entweicht insbesondere bei der Kohle- und Ölverbrennung in Kraftwerken (Entstickung), aus Müllverbrennungsanlagen, Zementwerken und aus Kraftfahrzeugen.

Aus **natürlichen Quellen** wird Ammoniak durch mikrobielle Zersetzungs- und Umwandlungsprozesse im Boden freigesetzt. Zu nennen sind hier vor allem der Abbau von organischem Material und die Umwandlung von Nitrat.

## 3 Transport und Eintrag in Ökosysteme

Die Verweilzeit von Ammoniak in der Atmosphäre liegt im Bereich von Stunden bzw. wenigen Tagen. Daher wirkt Ammoniak hauptsächlich in unmittelbarer Nähe des Emittenten.

Der größere Teil des Ammoniaks wird rasch zu Ammonium bzw. zu Ammoniumsalzen umgesetzt. Diese Verbindungen können über weite Strecken verfrachtet und fern vom Emissionsort abgelagert werden.

Nahe beim Emittenten überwiegt die trockene Ablagerung (Deposition) mit dem Staub, in quellfernen Gegenden hingegen die nasse Deposition, bei der die Verbindungen durch Niederschläge ausgewaschen oder durch Blätter, Nadeln oder Äste aus dem Nebel „ausgekämmt“ werden (s. Tabelle 1 und Publikation ► [Luftschadstoffe – Wirkungen auf Ökosysteme](#)).

Tabelle 1: Mittlere Ammoniak- und Ammonium-N-Konzentrationen in der Umgebungsluft in verschiedenen Regionen Mitteleuropas. Quellen: Dämmgen und Sutton 2001, Hej und Erisman 1997

Gebiet	Ammoniak-Konzentration Jahresmittel $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$	Ammonium-N-Konzentration Jahresmittel $\mu\text{g NH}_4\text{-N}/\text{m}^3$
Reinluft	0,1 – 0,5	0,1 – 1,0
Forstwirtschaftlich geprägte Gebiete	1,5 – 1,0	1,0 – 2,5
Ackerbaulich geprägte Gebiete	1 – 3	2 – 3
Gebiete mit intensiver Viehhaltung	5 – 20	3 - 6

In Deutschland werden im Mittel rund 16 kg Stickstoff (N) pro Hektar und Jahr eingetragen, wobei die Depositionen in der norddeutschen Tiefebene und im Alpenvorland am höchsten sind. Die regionale Schwankungsbreite im Freiland liegt zwischen 10 und 25, in Waldbeständen zwischen 15 und 50 kg N/ha/a.

## 4 Wirkungen auf Ökosysteme

Der Eintrag von Ammoniak und Ammonium ist in mehrerer Hinsicht problematisch: Er wirkt versauernd auf den Boden (s. Abschnitt 4.1), belastet nährstoffarme, naturnahe Flächen mit zu viel Stickstoff (s. Abschnitt 4.2) und kann in unmittelbarer Nähe von großen Tierställen auch zu direkten Schäden an der Vegetation führen (s. Abschnitt 4.3). Bei der Bewertung der Einträge sind diese verschiedenen Aspekte zu berücksichtigen (s. Abschnitt 5).

### 4.1 Versauerung

Der Säuregrad (Azidität, gemessen als pH-Wert, s. Kasten 1) bestimmt viele chemische Gleichgewichte und ist daher eine wichtige Größe z.B. für Böden: Vom pH-Wert hängen u.a. die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen und von toxischen Metallkomplexen ab (s. Abb. 3 und Publikation ► [Luftschadstoffe – Wirkungen auf Ökosysteme](#)).

#### Kasten 1: Versauerung und pH-Wert

Als Versauerung bezeichnet man die Anreicherung von Protonen ( $\text{H}^+$ ) in einem Medium, z.B. in der Bodenlösung. Der Säuregrad wird als pH-Wert angegeben:

- pH 1-7 = saures Milieu
- pH 7 = neutrales Milieu
- pH 7-14 = basisches Milieu

Beim **Eintrag** von Ammonium wird die Versauerung des Bodens durch mehrere Prozesse bestimmt: Zum einen geben Pflanzen Protonen ( $\text{H}^+$ ) an die Bodenlösung ab, wenn sie Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) aufnehmen (Ladungsausgleich). Zum anderen werden Protonen freigesetzt, wenn Ammonium in Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) umgewandelt wird. Wird das Nitrat von den Pflanzen aufgenommen oder ausgewaschen, bleibt ein Säureüberschuss im Boden. Dieser Prozess findet v.a. bei warmer Witterung statt. Trocken deponiertes Ammoniak unterliegt im Boden den gleichen Umsetzungsprozessen wie Ammonium.

Neben Ammoniak tragen auch Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) zur Bodenversauerung bei (s. Abb. 3)<sup>1</sup>. Der Anteil von Ammoniak ist jedoch beträchtlich: knapp 40 %. Diese Säureeinträge beschleunigen die Versauerung, einen natürlichen Prozess der Bodenentwicklung.

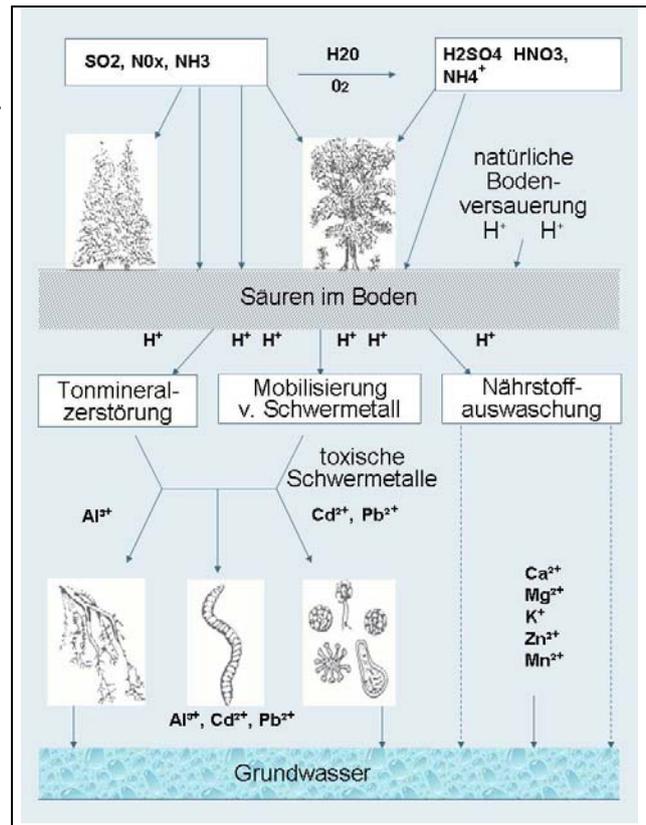


Abb. 3: Direkte und indirekte Wirkungen von Säureeinträgen in Wäldern und Böden. Neben Ammoniak sind auch Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) von Bedeutung.  
Quelle: Scheffer, Schachtschabel 2002, eigene Darstellung

Mehrere **Puffersysteme** wirken dem Versauerungsprozess im Boden entgegen. Daher macht sich lange Zeit keine Veränderung des pH-Wertes bemerkbar. Erst wenn diese Puffersysteme erschöpft sind, sinkt der pH-Wert sprunghaft:

- Bei geringer Versauerung wird die eingetragene Säure im Boden durch Kationen ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) abgepuffert. Diese Kationen werden aus ihren früheren Bindungen in die Bodenlösung freigesetzt. Mit dem Sickerwasser können sie aus dem Boden ausgewaschen werden und fehlen dann als Nährelement und als Pufferkapazität. Die Folge ist eine veränderte Ionenzusammensetzung des Bodenwassers. Die Wachstumsbedingungen für die Pflanzen verschlechtern sich (s. Abb. 3, unten rechts).
- In späteren Stadien der Versauerung werden Säuren und toxische Metalle (z.B. Aluminium) direkt mobilisiert und ins Sickerwasser abgegeben. Dadurch werden die Bodenlebewesen und die Feinwurzeln der Pflanzen geschädigt (s. Abb. 3, unten Mitte und links).

Puffer-, Speicher- und Ausgleichsvermögen sind in jedem Ökosystem unterschiedlich ausgeprägt. Sie werden durch die Bodeneigenschaften, das Ausgangsgestein, den Vegetationstyp und durch die klimatischen Bedingungen beeinflusst. Daher können Belastungsgrenzen auch nur spezifisch für jedes Ökosystem angegeben werden (s. Abschnitt 5).

Viele Tiere und Pflanzen können nur in einem engen Aziditätsbereich überleben. Z.B. machte erst ein weitverbreitetes Fischsterben in den Gewässern Skandinaviens auf deren zunehmende Versauerung aufmerksam, die nicht aus lokalen, sondern aus weit entfernten Quellen stammte<sup>2</sup>. Außerhalb ihres Optimalbereichs werden die Arten geschwächt und reagieren dann empfindlicher gegenüber anderen Stressfaktoren wie Schädlingen oder Witterungseinflüssen.

<sup>1</sup> Da mehrere Verbindungen zur Versauerung beitragen, wird der Säureeintrag in Säureäquivalenten angegeben.

<sup>2</sup> Zum Ferntransport von Luftschadstoffen s. Publikation ► [Umweltmedium Luft](#).

Dabei kann die Vitalität auf verschiedenen Wegen beeinflusst werden, z.B. bei Pflanzen:

- Schädigung durch schlechtere Wachstumsbedingungen: Versauert der Boden, verringert sich auch die Aktivität der Bodenlebewesen. Dadurch verschlechtert sich die Bodenstruktur.
- Schädigung durch Verlust von Nähr- und Spurenstoffen: Saure Niederschläge waschen Nähr- und Spurenstoffe auch aus den Blättern der Pflanzen aus (s. Abschnitt 4.3).

#### 4.2 Nährstoffanreicherung (Eutrophierung)

Stickstoff ist einer der Hauptnährstoffe für das Pflanzenwachstum und dient u.a. dem Aufbau von Aminosäuren und Eiweißen. Stickstoff steht jedoch in der Natur nur begrenzt zur Verfügung. Pflanzen, Pflanzengemeinschaften und ganze Ökosysteme haben sich in der Evolution an das karge Angebot angepasst. Wird nun vermehrt Stickstoff eingetragen, hat das sehr deutliche Auswirkungen:

- Wüchsige, stickstoffliebende Arten werden stark gefördert. Sie können das höhere Nährstoffangebot besser nutzen und überwuchern die stickstoffempfindlichen Pflanzen, indem sie zeitiger, schneller und ausladender wachsen. Insbesondere Arten magerer Standorte werden verdrängt. Die Folge ist also eine veränderte Artenzusammensetzung. Z.B. können sich auf Magerstandorten Gräser stark ausbreiten. Ein großer Teil der heute in der Roten Liste geführten Arten ist auf nährstoffarmen Standorten heimisch.
- Pflanzen bilden bei hohem Nährstoffangebot mehr Blattmasse und verholzen weniger. Dadurch werden sie empfindlicher gegen Trockenheit sowie gegen Schädlinge und Windbruch.

Ammoniak ist an der Stickstoffübersorgung von naturnahen Böden zu etwa 50 % beteiligt. Hinsichtlich der eutrophierenden Wirkungen kann man Ammoniak nicht von anderen Stickstoffverbindungen unterscheiden.

#### 4.3 Direkte Schädigungen der Vegetation

Besonders Waldbäume reagieren empfindlich auf hohe Ammoniakkonzentrationen, weil sie die Schadstoffe mit ihrer großen Blatt- bzw. Nadelfläche regelrecht aus der Luft „auskämmen“. Dadurch kommt es zu Störungen im Zellstoffwechsel: Blätter bzw. Nadeln vergilben und verbraunen oder sterben ganz ab. In extremen Fällen kann auch die ganze Pflanze oder sogar der ganze Pflanzenbestand absterben. Die verschiedenen Baumarten sind sehr unterschiedlich in ihrer Empfindlichkeit gegen direkte Schädigungen durch Ammoniak (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Empfindlichkeit einiger Baumarten gegen direkte Schädigungen durch Ammoniak.  
Zusammenstellung: Dietrich, 2003

Empfindlichkeit gegen Ammoniak	Baumart
Sehr empfindlich	Winterlinde, Schwarzerle, Weymouthskiefer, Fichte, Eibe, Grauerle, Hainbuche
Mäßig empfindlich	Rotbuche, Esche, Lärchenarten, Rotfichten, Douglasie, Buche, Bergahorn, Birke, Waldkiefer
Wenig empfindlich	Kiefer, Bergkiefer, Rot- und Stieleiche, Robinie, Spitzahorn

## 5 Bewertung

Um Stickstoffeinträge zu bewerten, sind zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen: Zum einen können Ökosysteme gewisse Mengen an Stickstoff abpuffern. Diese Belastungsgrenzen sollten nicht mehr überschritten werden (s. Abschnitt 5.1). Andererseits ist auch die Konzentration des Stoffes in der Luft von Bedeutung, da hohe Gehalte pflanzentoxisch wirken können (s. Abschnitt 5.2).

### 5.1 Kritische Belastungsgrenzen (Critical Loads)

Die Kapazität, Stickstoffeinträge abzufuffern, ist von Ökosystem zu Ökosystem verschieden (s. Abschnitt 4.1). Daher definiert man für jedes Ökosystem spezifische Belastungsgrenzen, die sog. Critical Loads (s. Tabelle 3). Nach heutigem Wissen bietet die langfristige Einhaltung dieser Belastungsgrenzen die Gewähr, dass ein ausgewähltes Schutzgut weder akut noch langfristig geschädigt wird. Die Schutzgüter können ganze Ökosysteme sein, Teile davon oder Organismen.

Tabelle 3: Beispiele für empirische Belastungsgrenzen (Critical Loads) und Veränderungen in ausgewählten Ökosystemen. Quelle: Schütze et al. 2003

Ökosysteme	Critical Loads kg N/ha*Jahr	Veränderungen im Ökosystem
<b>Bäume und Waldökosysteme</b>		
Nadelbäume (saurer Boden, niedrige Nitrifikation)	10-15	Nährstoffungleichgewichte
Nadelbäume (saurer Boden, mäßige bis hohe Nitrifikation)	20-30	Nährstoffungleichgewichte
Laubbäume	15-20	Nährstoffungleichgewichte, erhöhtes Spross-Wurzel-Verhältnis
Saure Nadelwälder	7-20	Veränderungen der Bodenflora und Mykorrhiza, erhöhter Stoffaustrag
Saure Laubwälder	10-20	Veränderungen der Bodenflora und Mykorrhiza
Wälder auf kalkreichen Böden	15-20	Veränderungen der Bodenflora
Wälder humider Klimate	5-10	Rückgang von Flechten, Zunahme frei lebender Algen
Nichtbewirtschaftete Wälder auf sauren Standorten	7-15	Veränderungen der Bodenflora und erhöhter Stoffaustrag
<b>Artenreiche Magerrasen</b>		
Artenreiche Kalkmagerrasen	15-35	Zunahme von Hochgräsern, Abnahme der Artenvielfalt
Magerrasen auf schwach bis stark sauren Standorten	20-30	Zunahme von Hochgräsern, Abnahme der Artenvielfalt
Montane und subalpine Magerrasen	10-15	Zunahme von Grasartigen, Abnahme der Artenvielfalt

## 5.2 Kritische Konzentrationen (Critical Levels)

Hohe Schadstoffkonzentrationen können direkt pflanzentoxisch wirken. Daher wurden zusätzlich Belastungsgrenzwerte für Konzentrationen angegeben (Critical Levels), die für verschiedene Zeiträume definiert sind (s. Tabelle 4).

Bei Einhaltung dieser Werte werden 95 % der Pflanzenarten mit einer Sicherheit von 95 % vor direkten Schäden durch Ammoniak geschützt. Dagegen können stickstoffliebende Arten Ammoniak für ihr Wachstum nutzen und werden erst bei höheren Konzentrationen akut geschädigt. Daher liegt z.B. der Wert zum Schutz landwirtschaftlicher Kulturen mit  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jahresmittel) bzw.  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24-h-Wert) deutlich höher<sup>3</sup>.

Tabelle 4: Schwellenwerte für Ammoniak-Einträge zum Schutz der Vegetation vor direkten Schäden. Quelle: UNECE 1992

Dauer der Einwirkung	Critical Level $\text{NH}_3$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 Stunde	3.300
1 Tag	270
1 Monat	23
1 Jahr	8

## 5.3 Gesamtsituation

Die Deposition von Stickstoffverbindungen trägt in erheblichem Maß zu großflächiger Überschreitung der Belastungsschwellen bei. In Deutschland waren 1990 fast 80 % der natürlichen oder naturnahen Ökosysteme übersäuert und sogar 99 % mit Nährstoffen überversorgt.

Um die Einträge versauernder und eutrophierender Stoffe überall unter die Critical Loads zu senken, müssten die Emissionen in etwa halbiert werden (Bezugsjahr 1990). Daher sind dringend Maßnahmen zur Verringerung der versauernd und eutrophierend wirkenden Stoffe erforderlich (s. Abschnitt 8).

## 6 Wirkungen auf den Menschen

Ammoniak ist ein Reizgas, das vor allem auf die Augen und die Schleimhäute des oberen Atemtraktes wirkt. Abhängig von Konzentration und Expositionsdauer kommt es zu einem Brennen von Augen, Nase und Rachen sowie zu Atembeschwerden, Tränenfluss, Husten und einer Steigerung der Atemfrequenz. I.d.R. tritt bei geringen Konzentrationen eine Gewöhnung ein; Reizerscheinungen sind dann nicht mehr festzustellen (s. Tabelle 5).

V.a. in der Nähe großer Tierhaltungsanlagen kann Ammoniak zu Geruchsbelästigungen führen (s. Abschnitt 8.1). Gesundheitsschädliche Konzentrationen sind dagegen nicht zu erwarten.

<sup>3</sup> TA Luft, LAI 1995

Tabelle 5: Ammoniakkonzentrationen und ihre Wirkungen auf den Menschen. Quelle: DFG 1986

Ammoniakkonzentration		Wirkung
ppm	mg/m <sup>3</sup>	
10 - 20	7- 14	Geruchsschwelle
ab 20	14	Belästigung
100	70	merkbar Reizung der Schleimhäute
300 – 500	210 - 350	maximal 1 Stunde erträglich
700	490	Reizung und Schädigung der Augen
1.700	1.190	Stimmritzenkrampf, Husten
2.500 – 6. 500	1.750 – 4.550	lebensgefährlich bei 30 Minuten Exposition
> 5.000	3.500	in kurzer Zeit tödlich

## 7 Wirkung auf Materialien

Seit langem ist bekannt, dass die Mauern von Tierställen und Dunglagerstätten einer starken Zersetzung unterliegen. Dafür verantwortlich sind Mikroorganismen, die Stickstoff aus Ammoniak oder Ammonium als Nährstoffquelle nutzen. Derselbe Prozess ist z.B. am Kölner Dom zu finden: Dort ist das Mauerwerk bis zu einer Tiefe von 15 cm durch solche nitrifizierenden Bakterien besiedelt. Somit leisten Ammoniak und Ammonium neben Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden einen Beitrag zur Gesteinszerstörung an Bauwerken.

## 8 Emissionsmindernde Maßnahmen

Um die Einträge versauernder und eutrophierender Stoffe unter die Critical Loads zu senken, müssten die Emissionen in etwa halbiert werden (s. Abschnitt 5.3). Diese enorme Reduktion kann nur durch ein abgestimmtes Vorgehen und nur schrittweise erreicht werden (s. Abschnitt 8.1). Das größte Einsparpotenzial birgt die Landwirtschaft als Hauptemittent (s. Abschnitt 8.2).

### 8.1 Gesetzliche Regelungen

In der Luftreinhaltung lassen sich nachhaltige Erfolge nicht allein durch nationale Regelungen erzielen, denn die Luftverschmutzung stellt auch ein grenzüberschreitendes Problem dar (s. Publikation ► [Umweltmedium Luft](#)). Im Folgenden sind daher sowohl Regelungen aufgeführt, die auf EU-Ebene erlassen wurden, als auch Regelungen auf Bundesebene:

Die **NEC-Richtlinie** (National Emission Ceilings, 2001) der EU bezieht sich auf „Nationale Emissionshöchstmengen für Ammoniak, flüchtige organische Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid und Stickstoffoxide“. Ziel ist, bis 2010 die Fläche zu halbieren, auf denen die kritischen Eintragsraten (Critical Loads, s. Abschnitt 3.4) überschritten werden. Dazu müssen in Deutschland auch die NH<sub>3</sub>-Emissionen auf 550.000 t gesenkt werden (Reduktion um 28 % im Vergleich zu 1990 bzw. 10 % im Vergleich zu heute).

Das **Bundes-Immissionsschutzgesetz** (BImSchG) fordert, genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und für die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.

Auch große landwirtschaftliche Anlagen der Tierhaltung sind nach dem BImSchG genehmigungsbedürftig (s. Kasten 3). Bei der Genehmigung standen bislang die Gerüche im Mittelpunkt des Interesses.

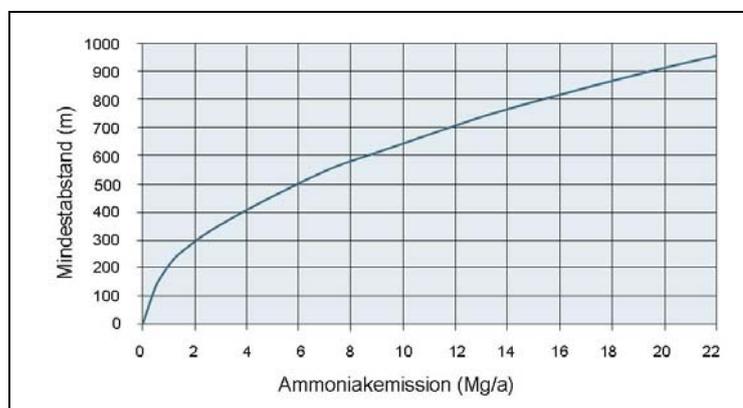
**Kasten 3: Beispiele für genehmigungsbedürftige Anlagen der Tierhaltung<sup>4</sup>:**

- > 1.500 Mastschweineplätze
- > 560 Sauenplätze
- > 250 Plätze für Rinder
- Anlagen mit mehr als 50 GV<sup>5</sup> und einem Flächenbesatz von mehr als 2 GV/ha

Die **Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft** (TA Luft) konkretisiert die Vorgaben des BImSchG. Die TA Luft schreibt bestimmte Mindestabstände zur Wohnbebauung vor, um Geruchsbelästigungen aus Tierställen zu vermeiden. (Gerüche aus Tierställen entstehen durch eine Vielzahl organischer Verbindungen, u.a. eben auch Ammoniak.) Die Mindestabstände richten sich nach der Größe der Anlage. Sie können unterschritten werden, wenn die Emissionen vermindert werden, indem z.B. die Geruchsstoffe durch emissionsarme Haltungsverfahren oder eine proteinangepasste Fütterung vermindert werden oder das Abgas gereinigt wird.

Aufgrund der neuen immissionsschutzrechtlichen Bestimmungen der TA Luft wird die Ermittlung und Bewertung der Auswirkungen auf die Vegetation immer häufiger notwendig. Dazu hält man z.B. Mindestabstände zu empfindlichen Pflanzen ein (s. Abb. 4).

Abb. 4: Diagramm zur Bestimmung des Mindestabstands von Anlagen zu empfindlichen Pflanzen (z.B. Baumschulen, Kulturpflanzen) und Ökosystemen (z.B. Moor, Heide, Wald) in Abhängigkeit von der jährlichen Ammoniakemission einer Tierhaltungsanlage. Dabei soll gegenüber stickstoffempfindlichen Pflanzen und Ökosystemen i.d.R. ein Mindestabstand von 150 m nicht unterschritten werden.



## 8.2 Maßnahmen in der Landwirtschaft

Der größte Teil der landwirtschaftlichen Emissionen entsteht bei natürlichen Prozessen der Tierhaltung, auf die nur bedingt Einfluss genommen werden kann. Emissionsminderungen sind z.T. nur durch Änderung von Produktionsverfahren oder Einschränkung der Produktion zu erreichen.

<sup>4</sup> 4. Verordnung zum BImSchG

<sup>5</sup> GV = Großvieheinheit, 1 GV entspricht 500 kg Tierlebensmasse

Verminderungen von Ammoniakemissionen können in verschiedenen Produktionsbereichen erzielt werden, z.B.:

- Reduktion der Tierbestände: Nur möglich bei verringerter Nachfrage nach Veredelungsprodukten (z. B. Milch, Fleisch).
- Fütterungsstrategien: effizienter Einsatz der Futter-Eiweiße besonders bei der Schweine- und Geflügelmast.
- Stallbau: Emissionsreduktion durch niedrigere Stalltemperaturen, z.B. Außenklimaställe, durch Verringerung der mit Exkrementen verunreinigten Flächen und durch rasche Umlagerung der Gülle in einen geschlossenen Lagerbehälter.
- Extensive Weidewirtschaft von Milchvieh.
- Lagerung der Exkremente: Abdeckungen vermindern die Emissionen (geschlossene Lager, hohe Emissionen bei Festmist).
- Erzeugung von Biogas aus Gülle: Emissionsreduktion durch Vergärung von Kosubstraten aus nachwachsenden Rohstoffen; Vergrößerung der Ausbringungsflächen, wenn die nachwachsenden Rohstoffe auf sogenannten Stilllegungsflächen angebaut werden; geringerer Einsatz von Mineraldüngern durch die Verwertung des Wirtschaftsdüngers. Die Vergärung der tierischen Exkremente verflüssigt die Gülle, die nun bei der Ausbringung rascher in den Boden eindringen kann und somit geringere  $\text{NH}_3$ -Emissionen bedingt. Eine Abdeckung der Lagerbehälter ist unabdingbar.
- Ausbringung der Exkremente: rasches Eindringen der Gülle in den Boden vermindert die Ammoniakemissionen (z.B. bodennahe Ausbringung, Injektion direkt in den Boden, rasche Einarbeitung, Ausbringung vor Niederschlägen, Verflüssigung durch Wasserzusatz oder Vergärung).
- Begrenzung der Verwendung von Mineraldüngern
- Umstellung auf den Ökologischen Landbau

## 9 Literatur

aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. (Hrsg., 2003): Ammoniak-Emissionen in der Landwirtschaft mindern. Gute fachliche Praxis. Bonn

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2003): Anforderungen der TA Luft bei Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren. Tagungsband

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten und Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2003): Verhinderung gasförmiger Emissionen in der Tierhaltung. Ammoniak, Methan, Lachgas.

Dämmgen U., Erisman J.W. (2003): Transmission und Deposition von Ammoniak und Ammonium. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Emissionen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 406, S.50-62

Dämmgen U., Sutton (2001): Die Umwelt-Wirkungen von Ammoniak-Emissionen. KTBL-Schrift 401, S.14-25

DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (1986): MAK-Begründung Ammoniak. Wiley-VCH Verlag, Weinheim

Dietrich H.-P. (2003): Auswirkungen von Ammoniakemissionen auf den Wald. In: LfU (Hrsg.): Anforderungen der TA Luft bei Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren. Tagungsband

- Döhler H., Dämmgen U., Eurich-Menden B., Osterburg B., Lüttich M., Berg W., Bergschmidt A., Brunsch R. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. UBA-Texte 05/02
- Hej und Erisman (1997): Research into acid atmospheric deposition and its effects on terrestrial ecosystems in the Netherlands
- Hulpe H., Koch H. A., Wagner R. (Hrsg., 1993): Römpf Lexikon Umwelt. Verlag Thieme Stuttgart
- Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) (2002): Rechnerische Abschätzung der Wirkungen möglicher politischer Maßnahmen auf die Ammoniakimmissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland im Jahr 2010. Studie im Auftrag des BMVEL
- Kirchner M., Rösel K. und Reuther M. (1993): Proceedingsband zum Symposium "Stoffeinträge aus der Atmosphäre und Waldbodenbelastung in den Ländern von ARGE ALP und ALPEN-ADRIA". GSF-Bericht 39/93
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft und VDI (1990): Proceedingsband zum Symposium "Ammoniak in der Umwelt". Landwirtschaftsverlag Münster
- Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI, 1995): Bewertung von Ammoniak- und Ammoniumimmissionen. Stand: 19.09.1995. Bericht des Unterausschusses "Wirkungsfragen"
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL) (Hrsg., 1992): Ammoniak in der bodennahen Atmosphäre - Emission, Immission und Auswirkungen auf terrestrische Ökosysteme. Gießen
- Scheffer F., Schachtschabel P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Schütze G., Gregor H.-D., Spranger T., Nagel H.-D. (2003): Ökologische Wirkungen von Ammoniak. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft: Emissionen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 406
- UMK-Bericht (1996): Stickstoffminderungsprogramm
- Umweltbundesamt (2003): Konzentrationen und Einträge von Luftschadstoffen 1990-1999 im Vergleich zu Critical Levels und Critical Loads. In: Umwelt 12/2003, S.676-678
- UN/ECE Ammonia Expert Group (2001): UN/ECE Framework Advisory Code Of Good Agricultural Practice For Reducing Ammonia Emissions. Genf
- Richtlinien und gesetzliche Regelungen**
- Richtlinie 2001/81/EG vom 23.10.2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe, ABl. Nr. L 309/22 (NEC-Richtlinie)
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) i.d.F. der Bek. vom 26.09.2002, BGBl. I S.3830, g. am 06.01.2004, BGBl. I S.2, 15
- Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) i.d.F. vom 14.03.1997, BGBl. I S.504, z.g. am 06.01.2004, BGBl. I S. 2, 19
- Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen (33. BImSchV) vom 13. 07.2004, BGBl. I S. 1612
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 24.07.2002 (TA Luft), GMBI. I S.511

## LfU-Publikationen

Anforderungen der TA Luft bei Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren. Fachtagung am 10. Juli 2003

▶ [www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_luft\\_00099.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_luft_00099.htm)

Weiterführende Publikationen des Infozentrums UmweltWissen

▶ [Umweltmedium Luft](#)

▶ [Luftschadstoffe – Wirkung auf Ökosysteme](#)

## 10 Ansprechpartner

Private Anfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt richten Sie bitte an unser Bürgerbüro:

E-Mail: [oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de](mailto:oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de)

Fragen und Anregungen zu Inhalten, Redaktion und Themenwahl der Publikationen von UmweltWissen sowie Anfragen bezüglich Recherche und Erstellung von Materialien für die Umweltbildung/-beratung richten Sie bitte an:

UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt:

Telefon: 0821 / 9071 – 5671

E-Mail: [umweltwissen@lfu.bayern.de](mailto:umweltwissen@lfu.bayern.de)

Internet: [www.lfu.bayern.de/umweltwissen](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen)

---

### Impressum:

Herausgeber:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Postanschrift:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

Telefon: (08 21) 90 71-0  
Telefax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Bearbeitung:  
Dr. Katharina Stroh (LfU)  
Brigitte Djeradi (LfU)

Stand:  
2004 (Links 03/11)

---

Diese Veröffentlichung wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Sie haben diese Veröffentlichung auf Papier, wollen aber auf die verlinkten Inhalte zugreifen?

Die jeweils aktuellste Ausgabe finden Sie im Internet unter:

▶ [www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_60\\_schimmel\\_innenraeume.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_60_schimmel_innenraeume.pdf) oder unter

▶ [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de): UmweltWissen > Praxis > Haus