

**Cercl'  
Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute  
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air  
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria

## **Positionspapier des Cercl'Air**

# **Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft Grundlagen zur Luftreinhaltung**

Bericht der Cercl'Air Arbeitsgruppe Ammoniak-Emissionen

Januar 2002



Bild aus dem Manifest Kulturknall (1993)

## Cercl'Air Arbeitsgruppe „Ammoniak-Emissionen“ Mitglieder

Mathys Hans, KIGA, Abt. Umweltschutz, Bern (Vorsitz)  
Gloor Marlies, Amt für Umweltschutz, Luzern  
Gygax Hans, Office de la protection de l'environnement, Fribourg  
Mona Roberto, Lufthygieneamt beider Basel, Liestal  
Sieber Viktor, Amt für Umweltschutz, Glarus  
Zürcher Fritz, Amt für Umweltschutz, Appenzell A.Rh.  
Achermann Beat, BUWAL Abt. Luftreinhalteung und NIS, Bern  
Bosonnet Roger, BUWAL Abt. Recht, Bern  
Dettwiler Johannes, BUWAL Abt. Stoffe/Boden/Biotechnologie, Bern  
Nyffeler Urs, BUWAL Abt. Luftreinhalteung und NIS, Bern  
Stettler Anton, BUWAL Abt. Luftreinhalteung und NIS, Bern

### **Bezugsquelle:**

Cercl'Air: Sekretariat, Postfach, 9102 Herisau;  
[www.cerclair.ch](http://www.cerclair.ch)

# Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft

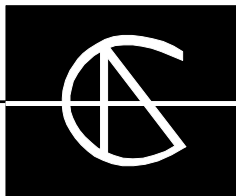
## Grundlagen zur Luftreinhaltung

### Inhaltsverzeichnis

---

<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Rechtslage</b>	<b>4</b>
2.1 Konzept der Luftreinhalte-Verordnung	4
2.2 Luftreinhaltung bei Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft	5
<b>3. Handlungsbedarf</b>	<b>9</b>
3.1 Critical Loads für Stickstoffeinträge	9
3.2 Handlungsbedarf auf der Basis der Critical Loads für Stickstoffeinträge	9
<b>4. Handlungsebenen</b>	<b>11</b>
4.1 Grundsätzliches	11
4.2 Technische Massnahmen	12
4.3 Verbesserung der Stickstoff-Nutzung	16
4.4 Erfolgskontrolle	17
<b>5. Vollzugsschwerpunkte</b>	<b>19</b>
5.1 Vorsorgliche Emissionsbegrenzung	19
5.2 Verschärfte Emissionsbegrenzung	20
5.3 Erfolgskontrolle	21
5.4 Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug	21
5.5 Zusammenarbeit zwischen betroffenen Fachstellen	21
<b>6. Anhänge</b>	<b>23</b>
1 Stellenwert der Critical Loads und Critical Levels in der Luftreinhaltung	24
2 Übersicht zu den technischen Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft	26
3 Technische Informationen zur Güllelagerung	30
4 Technische Informationen zur Hofdüngerausbringung	34
5 Informationen zur Gülleaufbereitung	36
6 Mögliche Massnahmen in der Kompetenz des Bundes zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug	38
<b>7. Literatur</b>	<b>39</b>





**Cercl'  
Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute  
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air  
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria

## **Abstract**

# **Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft Grundlagen zur Luftreinhaltung**

Positionspapier Cercl'Air, Januar 2002

In vielen Gebieten der Schweiz sind die Immissionen in Form von Stickstoffeinträgen aus der Luft übermässig. Sie liegen an naturnahen Standorten (z.B. Wälder, Hochmoore, artenreiche Wiesen) teilweise massiv über der längerfristig verkraftbaren Schwelle. Zum Schutz empfindlicher Ökosysteme vor Überdüngung und Versauerung müssen die Stickstoffeinträge erheblich reduziert werden. Aufgrund nationaler und internationaler Erkenntnisse ist ein langfristiger Schutz nur gewährleistet, wenn die Ammoniak-Emissionen gesamtschweizerisch gegenüber dem Stand von 1995 ungefähr halbiert werden. Aus lufthygienischer Sicht besteht darum ein grosser Handlungsbedarf bei der Minderung der Ammoniak-Emissionen in der Landwirtschaft.

Das vorliegende Positionspapier des Cercl'Air konzentriert sich auf die Möglichkeiten zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft auf der Basis der geltenden Bestimmungen des Umweltschutzgesetzes (USG) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Dabei sind sowohl die vorsorglichen Massnahmen zur Emissionsminderung nach dem Stand der Technik als auch die verschärften Emissionsbegrenzungen im Falle von übermässigen Immissionen von Bedeutung. Zur Beurteilung der Emissionsminderungsmassnahmen werden auch Abklärungen im Rahmen von internationalen Abkommen (UN/ECE) sowie technische Grundlagen von landwirtschaftlichen Forschungsanstalten beigezogen. Geeignete Rahmenbedingungen zur Förderung des Vollzugs werden u.a. auch in einer Verstärkung der bestehenden Anreizsysteme gesehen, zum Beispiel durch Aufnahme der Massnahmen zur Emissionsminderung in den ökologischen Leistungsnachweis und durch teilweise Abgeltung der Leistungen über die Direktzahlungen. Die bereitgestellten Grundlagen bieten die Voraussetzungen für einen wirksamen Entlastungsbeitrag bei den Ammoniak-Emissionen.

Eine Halbierung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft ist nur erreichbar, wenn alle betriebs- und produktionstechnisch vertretbaren Möglichkeiten im Hinblick auf eine verbesserte Verfügbarkeit des Stickstoffs als Pflanzennährstoff genutzt werden.

Durch die Anwendung geeigneter Techniken bei Lagerung und Ausbringung von Hofdünger können die Ammoniak-Verluste deutlich vermindert werden. So lassen sich die Ammoniak-Emissionen durch bodennahe Ausbringung (Schleppschauch) bei kühler, windarmer Witterung bis zu 50 % reduzieren. Durch Kapselung der Gülle bzw. des Festmistes während der Lagerung werden die Ammoniakverluste um mehr als 80 % gesenkt. Diese auf den meisten Betrieben ohne grossen Aufwand zu treffenden Massnahmen sollten gemäss dem Bericht „Ammoniak-Emissionen Schweiz“ der FAL-IUL/FAT aus dem Jahre 1996 rasch ergriffen werden.

### Sofort mögliche Massnahmen

- Bei Neubauten von Güllelagerungseinrichtungen sind **nur** noch **gedeckte Systeme** zu **bewilligen**.
- Emissionsarme **Gülleanwendungssysteme** (z.B. Schleppschlauch) sind seitens des Bundes und der Kantone gezielt zu **fördern**.
- Durch eine **intensivierte landwirtschaftliche Beratung** in den Bereichen Tierhaltung, Hofdüngerbewirtschaftung und Stallbau soll der einzelbetriebliche Kenntnisstand zum Stickstoff-Haushalt im Allgemeinen und zu den Ammoniakverlusten im Speziellen verbessert werden.
- Über den Weg von **Anträgen** an den Bund ist eine auf die Bedürfnisse der Kantone ausgerichtete Anpassung von rechtlichen Grundlagen und Empfehlungen auszulösen.

Das mit technischen Massnahmen effektiv realisierbare Potential zur Minderung der Ammoniakverluste wird ohne Tierabbau auf 20 – 30 % geschätzt. Um die angestrebte Halbierung bis zum Jahre 2010 zu erreichen, sind zusätzliche Massnahmen erforderlich. Insbesondere bei den Stallsystemen ist eine Entwicklung einzuleiten, mit der eine Optimierung der Luftreinhalte- und Tierschutzanlagen erreicht werden kann.

### Zusatzmassnahmen

- Bestehende emissionsintensive Hofdüngersammel- und **-Lageranlagen** sind **emissionsarm** anzupassen (Sanierung offener und dauernd zwangsentlüfteter Lageranlagen innerhalb vorgegebener Fristen)
- Beim Rindvieh sind die modernen, tierfreundlichen **Haltungssysteme** im Hinblick auf die Reduktion der Ammoniak-Verluste zu **optimieren** (Ergänzung zu FAT-Bericht 497).
- Bei Neubauten für die Geflügel- und Schweinehaltung sind **emissionsarme Stall-systeme** zu bevorzugen. Alte emissionsintensive Ställe sind innerhalb vorgegebener Fristen zu sanieren.
- Im Bereich der **Fütterung** sollten spezielle Anstrengungen gemacht werden, damit die meist kostenneutralen Möglichkeiten zur Reduktion der N-Ausscheidungen der Nutztiere so weit als möglich ausgeschöpft werden.
- Die Bestimmungen der Stoffverordnung (StoV) und der Direktzahlungsverordnung (DZV) sind betreffend ausgeglichene Nährstoff- und Düngerbilanz konsequent umzusetzen.

Die lufthygienischen Massnahmen zur Verminderung der Ammoniak-Emissionen wirken sich nur dann positiv auf die Umwelt aus, wenn sie nicht durch Aufstockung der Tierbestände kompensiert werden.

Die Anliegen der Luftreinhaltung haben bisher beim Umweltschutz in der Landwirtschaft und in der landwirtschaftlichen Beratung eine untergeordnete Rolle gespielt. Die Luftreinhalte-fachstellen sind darum aufgefordert, ihre Anliegen, in den Bereichen Gewässerschutz, Tierschutz und Landwirtschaft einzubringen, um bei den Verfahren zur Bewilligung emissions-relevanter Anlagen und bei der Ausgestaltung geeigneter Rahmenbedingungen zur Förderung emissionsarmer Produktionstechniken aktiv mitzuwirken.

# Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft - Grundlagen zur Luftreinhaltung

---

## 1. Einleitung

Der Bericht „Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen“ (BUWAL, 1996a) hat aufgezeigt, dass von der Landwirtschaft im Jahr 1994 insgesamt 96'000 t umweltrelevante Stickstoffverbindungen abgegeben wurden. Davon wurden 51'000 t als  $\text{NH}_3\text{-N}$  emittiert, 37'000 t als  $\text{NO}_3\text{-N}$  ausgewaschen und 8'000 t haben sich als  $\text{N}_2\text{O-N}$  verflüchtigt. Je nach Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe wurden 30–50 % dieser Emissionen durch Steigerung der Ausnutzungseffizienz von Stickstoff als technisch vermeidbar beurteilt.

Wichtig für die Luftreinhaltung ist  $\text{NH}_3$  (Ammoniak), das zusammen mit anderen Luftschadstoffen (Stickoxide, Schwefel) über die Wirkungspfade Versauerung, Eutrophierung und N-Auswaschung zahlreiche sensitive Ökosysteme belastet. Über die Bildung sekundärer Aerosole trägt Ammoniak auch zur Bildung von feinen Partikeln (PM10) bei, welche die menschliche Gesundheit gefährden. Die Ammoniak-Emissionen in die Luft stammen in der Schweiz zu rund 90 % aus der Landwirtschaft (FAL-IUL/FAT, 1996). Auf Stickstoff bezogen sind die Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft heute bedeutender als sämtliche Stickoxidemissionen von Verbrennungsprozessen beim Verkehr, bei Industrie/Gewerbe und bei Haushalten.

Wissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen der UN/ECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung haben aufgezeigt, dass empfindliche Ökosysteme ausserhalb der Landwirtschaftszonen (Wälder, Hochmoore, Heiden, Magerwiesen etc.) übermässig mit Stickstoffeinträgen aus der Luft belastet werden (BUWAL, 1996a; UN/ECE, 1996). Die Stickstoffeinträge bestehen überwiegend aus reduzierten Stickstoffverbindungen, das heisst sie haben ihren Ursprung grösstenteils in den Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, die nach der Emission verfrachtet, teilweise umgewandelt und schliesslich trocken oder nass deponiert werden (BUWAL, 1996a; EMEP 1999). Je nach Region und Ökosystem werden die sogenannten Critical Loads, das heisst die aus ökologischer Sicht maximal zulässigen Stickstoffdepositionen unterschiedlich stark überschritten, bei den Waldökosystemen teilweise um mehr als 200 %. Mitte der 90er Jahre wiesen rund 90 % der Waldstandorte in der Schweiz und rund 70 % der semi-natürlichen Ökosysteme übermässige Stickstoffeinträge auf (BUWAL, 1996a).

Die Ammoniak-Emissionen sind nicht nur für den Umweltschutz auf nationaler Ebene von Bedeutung. Sie sind heute auch Gegenstand von internationalen Abkommen (Protokoll von Göteborg im Rahmen der UN/ECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung) und von Direktiven der Europäischen Union (National Emission Ceilings Directive).

Zur Lösung der Ammoniak-Problematik ist auf nationaler und kantonaler Ebene eine Zusammenarbeit zwischen den Fachstellen für Luftreinhaltung, Gewässerschutz, Bodenschutz, Klimaschutz, Tierschutz und Landwirtschaft erforderlich, da bei den emissionsmindernden Massnahmen teilweise Synergien, aber auch Konflikte bestehen können.

Das vorliegende Positionspapier des Cercl'Air konzentriert sich im Wesentlichen auf die Ammoniak-Emissionen und soll mit den bereitgestellten Grundlagen die Voraussetzungen für einen wirksamen Vollzug aus der Sicht der Luftreinhaltung schaffen.

## 2. Rechtslage

### 2.1. Konzept der Luftreinhalte-Verordnung

#### 2.1.1. Zweistufiger Immissionsschutz nach Umweltschutzgesetz (USG)

Das USG sieht einen zweistufigen Immissionsschutz vor. Zur Vermeidung von Luftverunreinigungen sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG). Steht fest oder ist zu erwarten, dass die Einwirkungen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden, so sind die Emissionsbegrenzungen zu verschärfen (Art. 11 Abs. 3 USG). In erster Linie sollen Luftverunreinigungen an der Quelle begrenzt werden (Art. 11 Abs. 1 USG).

Verschärfte Emissionsbegrenzungen sind für eine einzelne geplante Anlage dann zu verfügen, falls zu erwarten ist, dass diese trotz Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen übermässige Immissionen verursachen wird (Art. 5 Abs. 1 LRV). Steht hingegen fest oder ist zu erwarten, dass schädliche oder lästige Einwirkungen von Luftverunreinigungen durch mehrere Quellen verursacht werden, so erstellt die zuständige Behörde einen Plan der Massnahmen, die zur Verminderung oder Beseitigung dieser Einwirkungen innert angesetzter Frist beitragen (Art. 44a USG). Die Massnahmenpläne werden nach Artikel 31-34 LRV erstellt und verwirklicht. Es ist Sache des Massnahmenplans, die Massnahmen zur Verminderung und Beseitigung von übermässigen Immissionen zu bezeichnen. Gemäss Praxis können in speziellen Einzelfällen auch Massnahmen angeordnet werden, die im Massnahmenplan nicht vorgesehen sind<sup>1</sup>.

#### 2.1.2. Konkretisierung des USG in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

##### a. Gemeinsame Vorschriften für neue und bestehende Anlagen

##### aa. Vorsorgliche Emissionsbegrenzung

Neue und bestehende Anlagen müssen so ausgerüstet und betrieben werden, dass sie die in den Anhängen 1-4 LRV festgelegten Emissionsbegrenzungen einhalten (Art. 3 und 7 LRV). In den Anhängen der LRV wird für bestimmte Emissionen abschliessend und **verbindlich** festgelegt, welche Emissionsbegrenzungen als generell verhältnismässig und im Speziellen als wirtschaftlich tragbar anzusehen sind. Es besteht kein Raum, weitere Emissionsbegrenzungen zu verfügen, wenn die LRV in einem konkreten Fall anwendbare Emissionsbegrenzungen enthält (dazu ausführlich URP 1994/8 S. 176 ff.; Komm. USG, Ausg. 1998, Rz. 34b zu Art. 11). Etwas anderes ergibt sich auch aus BGE 126 II 43 nicht; das allgemeine Vorsorgeprinzip nach Art. 11 Abs. 2 USG kam dort einzig zur Anwendung, weil es bei den Mindestabstandsvorschriften nach Anhang 2 Ziffer 512 LRV für Wohnbauten in der Landwirtschaftszone keine Vorsorgevorschriften gibt.

Enthält die LRV in den Anhängen 1-4 der LRV keine Emissionsbegrenzung, so sind die Emissionen im Einzelfall gestützt auf Artikel 4 LRV so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Technisch und betrieblich möglich sind Massnahmen zur Emissionsbegrenzung, die bei vergleichbaren Anlagen im In- und Ausland erfolgreich erprobt sind oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurden und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen übertragen werden können (Art. 4 Abs. 2 LRV). Für

---

<sup>1</sup> Vgl. BGE 124 II 272 = URP 1998/3 197



die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit von Emissionsbegrenzungen ist auf einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche abzustellen (Art. 4 Abs. 3 LRV).

bb. Verschärfte Emissionsbegrenzungen

Die Immissionsgrenzwerte (IGW) legen die Schädlichkeits- oder Lästigkeitsgrenze fest (Art. 13 und 14 USG). Diese Grenze darf auf keinen Fall überschritten werden. Übermässig sind Immissionen, die einen oder mehrere Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV überschreiten. Bestehen für einen Schadstoff keine Immissionsgrenzwerte, so gelten die Immissionen als übermässig, wenn sie Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften oder ihre Lebensräume gefährden oder wenn aufgrund einer Erhebung feststeht, dass sie einen wesentlichen Teil der Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stören (Art. 2 Abs. 5 lit. a und b LRV).

Ist zu erwarten, dass eine einzelne geplante Anlage übermässige Immissionen verursachen wird, obwohl die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen eingehalten sind, so verfügt die Behörde für diese Anlage ergänzende oder verschärfte Emissionsbegrenzungen (Art. 5 Abs. 1 LRV). Die Emissionsbegrenzungen sind so weit zu ergänzen oder zu verschärfen, dass keine übermässigen Immissionen verursacht werden (Art. 5 Abs. 2 LRV).

Die Behörde erstellt und verwirklicht einen Massnahmenplan, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass trotz vorsorglicher Emissionsbegrenzungen übermässige Immissionen durch mehrere Quellen (eine Verkehrsanlage und/oder mehrere stationäre Anlagen) verursacht werden (Art. 31-34 LRV).

b. Besondere Vorschriften für bestehende Anlagen

Bestehende stationäre Anlagen, die den Anforderungen der LRV nicht entsprechen, müssen saniert werden. Die zuständige Behörde legt in den erforderlichen Verfügungen die Sanierungsfrist fest (Art. 8 Abs. 1 und 2 LRV). Ein Verzicht auf Sanierung ist nur dann möglich, wenn die Anlage innerhalb der Sanierungsfrist stillgelegt wird (Art. 8 Abs. 3 LRV).

## 2.2. Luftreinhaltung bei Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft

Das im Umweltschutzrecht verankerte zweistufige Konzept der Luftreinhaltung gilt auch für Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, soweit sie beim Bau und Betrieb von Anlagen entstehen.

### 2.2.1. Vorsorge bei Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft

a. Anlagebegriff

Die bedeutendsten stationären Emissionsquellen der Landwirtschaft wie Ställe, Güllelager (Bauten) und Vorrichtungen zur Gülleausbringung (Geräte und Maschinen) sind als stationäre Anlagen im Sinne Artikel 2 Absatz 1 LRV zu bezeichnen. Nicht unter die stationären Anlagen fallen demgegenüber bewirtschaftete Felder und Äcker. Diese sind keine Terrainveränderungen wie etwa Gewässerverbauungen, Kiesgruben oder ähnliche technische Eingriffe in die Natur (Komm. USG, Ausg. 1985, Art. 7 Rz. 17). Sofern die Emissionen von Feldern und Äckern und nicht direkt von den diese bewirtschaftenden Maschinen ausgehen, gelangen die Emissionsbegrenzungen nach Art. 3 ff. LRV nicht zur Anwendung.

## b. Geltungsbereich der Emissionsgrenzwerte

Die Emissionen von Gülle werden zum Teil erfasst und abgeleitet; zum Teil gelangen sie aber diffus in die Umwelt. Zu prüfen ist deshalb, ob die Emissionsgrenzwerte der LRV nur für erfasste und abgeleitete Emissionen (z.B. geschlossene Ställe mit mechanischer Lüftung) oder auch für diffus in die Umwelt gelangende Emissionen (z.B. offene Freilaufställe, offene Güllelager) gelten: In der LRV wird nicht präzisiert, ob sich Emissionsgrenzwerte nur auf gefasste Abluft oder gefasste Abgase beziehen. Artikel 2 Absatz 1 und 3 LRV beinhaltet Anlagen, die Abluft erfasst und solche, die sie nicht erfasst an die Umwelt abgeben.

Es stellt sich somit die Frage, für welche Arten von Anlagen die Emissionsgrenzwerte der LRV gelten: Für solche mit gefassten Abgasen und/oder solche mit diffusen Abgasen? Bei der Beantwortung muss nach dem Sinn und Zweck der Emissionsgrenzwerte gefragt und die LRV entsprechend interpretiert werden. Die folgenden Punkte zeigen, dass die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nach den Anhängen 1-4 LRV nur für erfasste und abgeleitete Emissionen gelten können:

- Emissionen müssen *reproduzierbar messbar* sein, um sie mit Emissionsgrenzwerten vergleichen zu können. Massenströme von Emissionen kann man nur in gefasster Abluft unter definierten Bedingungen messen. Dieses Verständnis liegt der deutschen TA-Luft<sup>2</sup> zugrunde, welche der LRV in diesem Punkt als Vorbild diente.
- Die vorsorglichen Emissionsgrenzwerte widerspiegeln jeweils einen erprobten Stand der Technik, mit dem die Emissionen reduziert werden können. Der Einsatz von Emissionsminderungstechniken (z.B. Filter, Wäscher) bedingt eine vorgängige Erfassung der Abgase.
- Artikel 6 LRV geht generell davon aus, dass Emissionen erfasst und abgeleitet werden und stellt klar, dass dies möglichst vollständig und möglichst am Ort der Entstehung zu geschehen hat. Die Abgase sollen derart erfasst werden, dass möglichst wenig Schadstoffe in die Umwelt gelangen (Erläuterungen Änderung LRV März 1990, S. 2).

Zusammenfassend ergibt sich daraus, dass die Emissionsgrenzwerte nach den Anhängen 1-4 LRV nur für erfasste und abgeleitete Emissionen gelten. Für diffuse Emissionen kommen die Emissionsgrenzwerte der Anhänge 1-4 LRV nicht zur Anwendung.

## c. Vorsorge bei erfassten und abgeleiteten Emissionen (geschlossene Anlagen)

Sind landwirtschaftliche Anlagen mit erfassten und abgeleiteten Emissionen zu beurteilen, so finden die Vorsorgewerte von Anhang 1 LRV Anwendung. Vorbehalten bleiben ergänzende oder abweichende Bestimmungen nach den Anhängen 2-4. Anhang 2 Ziffer 5 LRV enthält einzelne (Spezial-)Bestimmungen zur Landwirtschaft (Mindestabstand wegen Geruchsimmissionen und Lüftungsanlagen). Beispielsweise sind geschlossene Ställe mit kontrollierter Lüftung oder geschlossene Güllelager aufgrund der erwähnten Anhänge der LRV zu beurteilen.

## d. Vorsorge bei diffusen Emissionen (offene Anlagen)

Diffuse Quellen können grosse Mengen an Schadstoffen emittieren. Es kann nicht dem Sinn und Zweck des USG und der LRV entsprechen, dass für Quellen mit frachtmässig

---

<sup>2</sup> TA-Luft = Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (1986).

erheblichen, aber diffusen Emissionen keine vorsorglichen Begrenzungen zur Anwendung kommen.

Diffuse Emissionen sind nach Artikel 4 LRV im Einzelfall so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (vgl. oben Ziff. 2 a./aa.). Entsprechend sind die Emissionen von offenen Ställen (Freilaufställen), offenen Güllelagern oder beim Ausbringen von Gülle zu begrenzen.

Welche Massnahmen im Einzelnen technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar sind, wird hinten im Kapitel 4 ausgeführt.

## 2.2.2. Verschärfte Emissionsbegrenzungen in der Landwirtschaft

### a. Beurteilung übermässiger Immissionen

Für Ammoniak und Ammoniakverbindungen gibt es keine Immissionsgrenzwerte (IGW) in Anhang 7 LRV. Demzufolge muss gestützt auf Artikel 2 Absatz 5 LRV beurteilt werden, ob die Immissionen übermässig sind.

Dazu können die Critical Loads und Critical Levels nach UN/ECE herangezogen werden. Das Konzept der Critical Loads und Critical Levels ist im Anhang 1 dieses Berichts beschrieben. Danach sind die Critical Loads und Critical Levels von ihrer Bedeutung her gleichwertig mit den wirkungsorientierten IGW der LRV. Da die Critical Loads bzw. Levels auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen aufbauen und Belastungsgrenzen für Depositionen oder Konzentrationen festlegen, unterhalb derer nach dem Stand des Wissens keine signifikanten schädlichen Auswirkungen vorkommen, entspricht ihre Festlegung dem Konzept der IGW (vgl. Komm. USG, Ausg. 1998, Rz. 14 ff. zu Art. 14). Somit können sie als IGW im Sinne der LRV herangezogen werden zur Beurteilung, ob Immissionen übermässig sind oder nicht

### b. Massnahmen gegen übermässige Immissionen

Nach Art. 44a USG und Art. 31-34 LRV erstellt und verwirklicht die Behörde dann einen Massnahmenplan, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass trotz vorsorglicher Emissionsbegrenzungen übermässige Immissionen verursacht werden durch:

- a. eine Verkehrsanlage;
- b. mehrere stationäre Anlagen.

Die Inhalte des Massnahmenplans sind nach Art. 32 LRV vorgegeben. Neben der Angabe der Emissionsquellen, der Analyse der Emissionsminderungsmöglichkeiten sowie der Massnahmen und ihrer Wirkungen ist auch die Beurteilung der rechtlichen Grundlagen vorgesehen, die für einzelne Massnahmen vorhanden oder noch zu schaffen sind. Letzteres steht in Beziehung zur Möglichkeit, dass die Kantone nach Art. 34 Absatz 1 LRV Anträge an den Bundesrat stellen können, falls der Massnahmenplan die Anordnung von Massnahmen vorsieht, welche in die Zuständigkeit des Bundes fallen. Nach Art. 34 Absatz 2 LRV koordiniert der Bundesrat die Massnahmenpläne der Kantone.

Der Massnahmenplan ist ein Instrument der Kantone und des Bundes. Nach Art. 44a USG und Art. 31-34 LRV ist er ein dynamisches Instrument, das

- a. durch die vertiefte Situationsanalyse zur Förderung der Wahrnehmung der regionalen Probleme auf politischer Ebene und in der Öffentlichkeit beiträgt;

- b. durch die regelmässige Überprüfung der Wirksamkeit der Massnahmen und durch eine entsprechend bedarfsorientierte Anpassung der Pläne für die erforderliche Dynamik auf der Zeitachse sorgt;
- c. über den Weg der Anträge an den Bund eine auf die Bedürfnisse der Kantone ausgerichtete Anpassung von rechtlichen Grundlagen auslösen kann, die im Zuständigkeitsbereich des Bundes sind, die aber für einen erfolgreichen Vollzug auf Kantonebene erforderlich sind.

Der Massnahmenplan ist in diesem Sinne ein partnerschaftliches Instrument, weil er bei geeigneter Konzipierung sowohl den Bund als auch die Kantone in den Prozess der Problemlösung einbezieht.

### c. Massnahmenplanung bei Ammoniak-Emissionen

Unbestritten ist heute, dass die Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme übermässig sind und dass die verantwortlichen Emissionen (Stickoxide, Ammoniak) von Verkehrsanlagen und von mehreren stationären Anlagen (v.a. Landwirtschaftsbetriebe) stammen.

Im Falle der Stickoxide greifen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen, die Massnahmenpläne sind erstellt und werden umgesetzt.

Beim Ammoniak, der zu rund 90 % von der Landwirtschaft emittiert wird, stellt sich die Frage, ob alleine mit den vorsorglichen Emissionsbegrenzungen bei bedeutenden stationären Emissionsquellen der Landwirtschaft wie Ställe, Güllelager und Gülleausbringung genügend Emissionsreduktionen erzielt werden können, um den Handlungsbedarf (40-50 % Emissionsreduktion) gemäss Kapitel 3 dieses Berichts abzudecken.

Abklärungen der FAL haben ergeben, dass die landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen im Falle einer vollen Umsetzung aller technisch machbaren Massnahmen zur Emissionsreduktion gegenüber dem Stand von anfangs der 90er Jahre um 30-40 % vermindert werden könnten (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Die FAL hält in ihrer Untersuchung aber auch fest, dass eine volle Umsetzung des technischen Potentials allenfalls höhere Kosten verursachen würde als eine gewisse Reduktion des Tierbestandes, weshalb das realistische technische Reduktionspotential auf etwa 20-25 % geschätzt wurde. Zu bemerken ist, dass das ermittelte technische Reduktionspotential z.B. für den Stallbereich bei Milchkühen und Aufzuchtsrindern von einer Situation ausging, die anfangs der 90er Jahre vorherrschend war. Das heisst, dass rund 95 % der Tiere in den damals verbreiteten Anbindställen untergebracht waren, die aus der Sicht der Emissionsminderung bereits gewissermassen ein Optimum darstellen. Deshalb wurden gemäss FAL keine Massnahmen für diese Stalltypen in Betracht gezogen. Die heutige Entwicklung in Richtung Freilaufställe kann aber zu wesentlich höheren Emissionen führen und dürfte emissionsmindernde Massnahmen künftig auch für diesen Bereich erforderlich werden lassen. Bei der Hofdüngerlagerung ging die FAL-Analyse davon aus, dass zu Beginn der 90er Jahre noch rund drei Viertel der Gülle in geschlossenen Behältern gelagert wurde. Offene Güllesilos wurden hauptsächlich in den letzten 10-20 Jahren gebaut. In Zukunft ist allerdings gemäss FAL mit einer deutlichen Zunahme des Güllelagervolumens zu rechnen, damit alle Gülle pflanzenbaulich optimal eingesetzt werden kann.

Aufgrund dieser Analyse ist davon auszugehen, dass die Ammoniak-Emissionen auch nach Realisierung der vorsorglichen Emissionsbegrenzung, das heisst nach Ausschöpfung des von der FAL als realistisch eingestuftes technischen Reduktionspotentials, noch übermässige Immissionen verursachen werden. Weil dabei eine Vielzahl von stationären Anlagen beteiligt ist, wird das Instrument des Massnahmenplans nach USG und LRV zwingend. Offen ist die Frage, inwieweit es im Falle von Massnahmen zur Minderung der Emissionen aus der Landwirtschaft nötig ist, dass der Bundesrat die Massnahmenpläne der Kantone koordiniert, wie dies nach Art. 34 Absatz 2 LRV je nach Bedarf möglich ist.

## 3. Handlungsbedarf

### 3.1. Critical Loads für Stickstoffeinträge

Wissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen des UN/ECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung zur Festlegung von Critical Loads haben aufgezeigt, dass zahlreiche Ökosysteme ausserhalb der Landwirtschaftszonen (Wälder, Hochmoore, Magerwiesen etc.) empfindlich gegenüber Stickstoffeinträgen aus der Luft sind (UN/ECE, 1996). Die Umsetzung des Critical Loads Ansatzes in der Schweiz hat für den Zeitraum 1993-1995 ergeben, dass rund zwei Drittel der Stickstoffeinträge aus reduzierten Stickstoffverbindungen bestehen. Diese Depositionen haben ihren Ursprung grösstenteils in den Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, die nach der Emission verfrachtet, teilweise umgewandelt und schliesslich trocken oder nass deponiert werden (BUWAL, 1996a; EMEP, 1999). Je nach Region und Ökosystem werden die sogenannten Critical Loads, das heisst die aus ökologischer Sicht maximal zulässigen Stickstoffdepositionen unterschiedlich stark überschritten, teilweise um mehr als 200 %. Mitte der 90er Jahre wiesen rund 90 % der Waldstandorte in der Schweiz und rund 70 % der semi-natürlichen (naturnahen) Ökosysteme übermässige Stickstoffeinträge auf (BUWAL, 1996a).

### 3.2. Handlungsbedarf auf der Basis der Critical Loads für Stickstoffeinträge

Auf der Grundlage des Critical Load Ansatzes wurden **auf nationaler Ebene** im Auftrag des EDI und des EVD bei der Ausarbeitung des Berichts „Strategie zur Reduktion von Stickstoff-Emissionen“ (BUWAL, 1996b) die aus ökologischer Sicht erforderlichen Emissionsreduktionen beim Ammoniak evaluiert und darauf abgestützt Etappenziele für die Emissionsreduktion festgelegt. Dabei wurde berücksichtigt, dass bei den Stickoxiden erhebliche Emissionsreduktionen realisiert werden mit dem Ziel, die Immissionsgrenzwerte für Ozon einzuhalten. Werden diese weitreichenden Stickoxid-Emissionsreduktionen auf die Stickstoffdeposition umgelegt, und werden für die aus dem Ausland importierten Luftverunreinigungen etwa gleich strenge Massstäbe betreffend Emissionsreduktion angelegt wie an die Emissionen der Schweiz, so lässt sich aus ökologischer Sicht zur Einhaltung der Critical Loads für Stickstoffeinträge ableiten, dass die Ammoniak-Emissionen längerfristig in etwa halbiert werden sollten (40-50 % Reduktion gegenüber dem Stand von 1995). Als Etappenziel sollten sie bis 2002 auf 44 kt N (bzw. 53,4 kt NH<sub>3</sub>) vermindert werden (gegenüber 51,3 kt N bzw. 62,3 kt NH<sub>3</sub> im Jahre 1995), was gegenüber 1995 einer Reduktion um rund 14 % entspricht. Die aus ökologischer Sicht festgelegten Schutzziele und die aufgrund dieser Ziele erforderlichen Emissionsreduktionen sind auch im Bericht des Bundesrates über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone zu Händen des Parlaments vom 23. Juni 1999 enthalten (BBI, 1999). Der Bericht gibt überdies Auskunft über die bisher getroffenen Massnahmen zur Emissionsreduktion und über weitere mögliche Massnahmen zum Schliessen der Lücken. Als Quellengruppe mit einem Bedarf an weitergehenden Massnahmen ist ausdrücklich auch die Landwirtschaft aufgeführt.

Kantonale Untersuchungen zu den Stickstoffdepositionen haben aus ökologischer Sicht (Schutz der Waldökosysteme vor übermässigen Stickstoffeinträgen) einen ähnlich hohen Reduktionsbedarf ergeben wie bei den nationalen Analysen (Meteotest, 1999).

Von Interesse ist auch die Frage, wie die erforderlichen Emissionsreduktionen in der Schweiz räumlich zu realisieren sind, um einen möglichst optimalen Schutz – ausgedrückt

als Abbau der Überschreitungen von Critical Loads – zu erzielen. Modelluntersuchungen dazu haben ergeben, dass ca. 20 % Emissionsreduktion überall verwirklicht werden sollte und dass die weitergehenden Emissionsreduktionen vorwiegend in jenen Gebieten durchgeführt werden sollten, die sich durch eine hohe Emissionsdichte auszeichnen, namentlich in der Ostschweiz, der Zentralschweiz und in der Region Bern/Freiburg (Rihm, 2001).

**Auf internationaler Ebene** wurde im Rahmen der UN/ECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung Ende 1999 in Göteborg das Protokoll zur Bekämpfung der Versauerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons unterzeichnet (UN/ECE 1999a; [www.unece.org/env/lrtap](http://www.unece.org/env/lrtap)). Das Protokoll enthält für die Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen nationale Verpflichtungen zur Emissionsreduktion, die als Etappenziele auf dem Weg in Richtung Einhaltung der Critical Loads und Critical Levels zu realisieren sind. Die Verhandlung weitergehender Emissionsreduktionen, die zum Abbau von dannzumal noch bestehenden Überschreitungen der Critical Loads und Levels erforderlich sein werden, ist gemäss Protokoll ebenfalls vorgesehen. Eine dynamische Weiterentwicklung des Protokolls unter besonderer Berücksichtigung der Fortschritte bei den emissionsmindernden Techniken wird nicht zuletzt deshalb erforderlich sein, weil gemäss wirkungsorientierter Auswertung der Protokollvereinbarungen auch mit dem Protokoll gesamteuropäisch noch rund 40 % und in der Schweiz noch rund 77 % aller empfindlichen Ökosysteme Überschreitungen der Critical Loads für Stickstoffeinträge aufweisen werden. Im Vergleich zum Protokollergebnis waren im Jahre 1990 gesamteuropäisch rund 55 % und in der Schweiz rund 92 % der Ökosysteme von Überschreitungen betroffen (Amann et al., 1999).

Gemäss Göteborg-Protokoll sind die gesamtschweizerischen Ammoniak-Emissionen von 72 kt NH<sub>3</sub> im Jahre 1990 auf 63 kt NH<sub>3</sub> im Jahre 2010 zu reduzieren, was einer Reduktion um rund 13 % entspricht. Wird die Entwicklung der Ammoniak-Emissionen bei anderen Quellengruppen wie Verkehr, Industrie/Gewerbe und Haushalte berücksichtigt, so entsprechen die gemäss Protokoll zu erzielenden Emissionsreduktionen für den Bereich Landwirtschaft in etwa jenen Reduktionen, die gemäss nationaler Analyse im Bericht „Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen“ als Etappenziel für 2002 festgelegt wurden (BUWAL, 1996b).

Zudem besteht gemäss UN/ECE Protokoll die Verpflichtung, beste verfügbare Techniken, die als geeignet erachtet werden, zur Emissionsreduktion einzusetzen. Im Falle von Ammoniak bedeutet dies den Einsatz von emissionsmindernden Massnahmen bei der Hofdüngerausbringung, der Hofdüngerverlagerung, bei den Stallsystemen, bei der Fütterung und bei weiteren Aktivitäten wie Mineräldüngereinsatz, Weidegang, Hofdüngerbehandlung etc. (UN/ ECE, 1999b). Im Weiteren hat jede Vertragspartei die Verpflichtung, auf nationaler Ebene einen Beratungskodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen bereitzustellen. Eine internationale Expertengruppe der UN/ECE hat im Hinblick auf ein möglichst harmonisiertes internationales Vorgehen einen Muster-Kodex erarbeitet und im September 2000 zuhanden der Konvention verabschiedet (UN/ECE, 2001; SAEFL, 2001).

## 4. Handlungsebenen

### 4.1. Grundsätzliches

Zur Verminderung und zur Beseitigung von übermässigen Immissionen bei den Stickstoffeinträgen in empfindliche Ökosysteme kommt heute den Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft eine herausragende Bedeutung zu. Grundsätzlich gibt es dabei drei Ansätze, die zur Emissionsminderung beitragen und die sich ergänzen können:

1. **Der Einsatz von sogenannten besten verfügbaren Techniken zur Emissionsminderung** im Sinne einer guten landwirtschaftlichen Praxis bei den Stallsystemen, bei der Tierhaltung, bei der Güllelagerung, bei der Gülleausbringung und bei der Organisation des Hofdünger-Einsatzes;
2. **Massnahmen zur Verbesserung der Stickstoffnutzung in der Landwirtschaft** durch eine Optimierung der Proteinzufuhr bei der Fütterung und in der Folge eine Verringerung der Stickstoffausscheidungen, durch eine Anpassung des Düngereinsatzes (Hofdünger und Mineraldünger) an das tatsächlich vorhandene Bewirtschaftungspotential eines Betriebes (nach Art. 6 Abs. 3 Direktzahlungsverordnung) sowie durch eine standörtlich angepasste Anzahl von Düngergrossvieheinheiten pro Hektare (LDK/BLW, 1995).
3. **Allgemein gilt, dass die Emissionen mit zunehmendem Nutztierbestand zunehmen.** Vor diesem Hintergrund ist auch die Problematik von Aufstockungen zu sehen, falls gleichzeitig keine emissionsmindernden Massnahmen ergriffen werden. Gemäss Abklärungen der FAL-IUL/FAT ist die Herabsetzung des Nutztierbestandes jene Massnahme, die im Vergleich mit anderen Massnahmen die höchsten Kosten verursacht, ausgedrückt als Einkommensverlust. Der Abbau des Tierbestandes ist deshalb eine Massnahme, die in der Rangfolge nach den technischen Massnahmen zur Emissionsminderung aufgeführt wird (FAL-IUL/FAT, 1996).

Alle erwähnten Möglichkeiten können wesentlich zur Minderung der Ammoniak-Emissionen beitragen. Insbesondere die zweite und die dritte Möglichkeit sind auch für den Gewässerschutz von Bedeutung.

**Bei der Erarbeitung einer optimalen Strategie zur Minimierung der Gewässer- und Luftbelastung mit Stickstoff-Emissionen ist grundsätzlich der gesamte Stickstoff-Zyklus in Betracht zu ziehen.** Die effektive Wirksamkeit einer Massnahme kann nur im gesamtbetrieblichen Zusammenhang beurteilt werden. Bei Massnahmen im Stall und bei der Hofdüngerlagerung kann die erzielte Emissionsminderung zum Beispiel durch entsprechend höhere Verluste bei der Hofdüngeranwendung teilweise rückgängig gemacht werden, falls keine emissionsarme Ausbringtechnik zur Anwendung gelangt.

**Insbesondere die technischen Massnahmen zur Emissionsminderung werden je nach Betrieb Investitionen und Anpassungen bei den Betriebsstrukturen von unterschiedlichem Ausmass erfordern,** sei dies im baulichen Umweltschutz (Stallsysteme, Güllelager) oder zur Anschaffung von Maschinen und Geräten als Voraussetzung für einen ökologischen Umgang mit Hofdüngern. Die Verwirklichung von emissionsmindernden Massnahmen ist demnach zu einem gewissen Teil davon abhängig, inwieweit bestehende betriebliche Hemmnisse (Altmaschinen, höhere Kosten der neuen Technik, bauliche Veränderungen, Finanzsituation eines Betriebs etc.) abgebaut werden können.

**Zur Erleichterung der Umstellung auf eine emissionsarme Bewirtschaftung sind Förderprogramme der Kantone und des Bundes wirksam.** Es gibt Kantone, die für

gewisse emissionsarme Techniken (z.B. Schleppschlauchverteiler bei der Gülleausbringung) schon Förderprogramme haben. Unter dem Titel Strukturverbesserungen kann der Bund nach Art. 87 LwG (Landwirtschaftsgesetz) Beiträge und Investitionskredite gewähren, um zur Verwirklichung ökologischer, tierschützerischer und raumplanerischer Ziele beizutragen. Die ökologischen Ziele betreffend Minderung der Ammoniakemissionen sind gemäss Bericht „Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen „ (BUWAL, 1996b) und gemäss Bericht des Bundesrates über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone zuhanden des Parlaments vom 23. Juni 1999 (BBI, 1999) bekannt und würden demnach derartige Beiträge und Investitionskredite rechtfertigen. Ein Anreiz wäre auch die Schaffung von Voraussetzungen, dass Leistungen zur Emissionsminderung, die mit hohen Kosten verbunden sind, in den ökologischen Leistungsnachweis aufgenommen und zumindest teilweise über das System der Direktzahlungen abgegolten würden. Gemäss Art. 70 Abs. 4 LwG ist die Einhaltung der für die landwirtschaftliche Produktion massgeblichen Bestimmungen der Gewässerschutz-, der Umweltschutz- und der Tierschutzgesetzgebung Voraussetzung und Auflage für die Ausrichtung von Direktzahlungen. Im Falle der Luftreinhaltung als wesentlicher Teil der Umweltschutzgesetzgebung ist allerdings bisher das Direktzahlungssystem nicht so angewendet worden, dass zum Beispiel eine mangelhafte Vorsorge bzw. der Einsatz von stark emissionslastigen Produktionstechniken mit einer Kürzung von Direktzahlungen verbunden gewesen wäre.

## 4.2. Technische Massnahmen

Nachfolgend wird zusammenfassend auf einzelne technische Massnahmen zur Emissionsminderung eingegangen. Weitergehende technische Informationen sind in den Anhängen wiedergegeben. Zu bemerken ist, dass die emissionsmindernden Wirkungen der einzelnen Massnahmen nicht einfach additiv sind, sondern über eine Stoffflussanalyse bewertet werden müssen, die den gesamten Weg der Hofdünger von der Ausscheidung über das Stallsystem, die Lagerung und die Ausbringung umfassen (siehe dazu auch Kap. 4.1.). Detailliertere Angaben zum Zusammenwirken verschiedener technischer Massnahmen zur Emissionsminderung, zu den Prioritäten bei der Wahl der Massnahmen und zum integralen Reduktionspotential sind im Anhang 2 zu finden.

### 4.2.1. Stallsysteme und Tierhaltungsformen

Die technischen Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen im Stallbereich wurden von der FAL-IUL evaluiert und bezüglich Emissionsreduktionspotential bewertet (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Sie sind auch im UN/ECE-Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aufgeführt (UN/ECE, 2001).

Emissionsmindernde Massnahmen im Stallbereich beruhen grösstenteils darauf, dass die verschmutzten Flächen möglichst klein gehalten werden und, dass die emittierenden Ausscheidungen der Tiere (Harn, Kot) möglichst rasch aus dem Stall entfernt werden.

Bei *Rindviehställen* kommen bei Laufställen optimierte Schiebersysteme, allenfalls mit Sprayer, und „Fütterungsbuchten“ entlang der Futterkrippe in Frage. Noch anfangs der 90er Jahre waren rund 95 % der Tiere in Anbindställen untergebracht, die aus der Sicht der Emissionsminderung bereits gewissermassen ein Optimum darstellen, da die verschmutzten Flächen bei einer regelmässigen Reinigung des Stallgangs klein gehalten werden können. In Laufställen ist die verschmutzte und somit emittierende Fläche pro Tier etwa vier- bis siebenmal so gross wie im Anbindstall. Entsprechend sind die Emissionen im Laufstall normalerweise mehr als doppelt so hoch wie im Anbindstall. Auch wenn der Laufstall mit emissionsreduzierenden Einrichtungen versehen ist, bleiben die Ammoniak-Emissionen



höher als im Anbindstall. Aufgrund heutiger Erkenntnisse sind die zur Reinigung eingesetzten Schiebersysteme vor allem von tierhygienischer Bedeutung; sie haben bezüglich Minderung der Ammoniak-Emissionen höchstwahrscheinlich eine geringe Wirkung, da die Harnstoffhydrolyse innerhalb von 1-2 Stunden erfolgt. Da in der Schweiz aus Tierschutzgründen zunehmend auf Freilaufställe umgestellt wird, hat das BUWAL bei der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) ein Projekt in Auftrag gegeben, mit dem die Emissionen von Ammoniak und Staub (PM10) von neuen Stallsystemen untersucht und bewertet sowie Minderungsmassnahmen vorgeschlagen werden sollen, mit denen eine Optimierung der Umweltschutz- und Tierschutzanliegen erreicht werden können. Die FAT prüft im Rahmen dieses Projekts für Laufhöfe eine Möglichkeit zur Emissionsminderung mit perforierten Laufflächen und darunter liegender Güllelagerung, da der Harn so abfliessen kann und die Windgeschwindigkeit direkt an der Gülleoberfläche im Lager im Vergleich zu einer offenen Oberfläche wesentlich geringer ist. Eine weitere Möglichkeit zur Emissionsminderung kann darin bestehen, dass im Sommerhalbjahr, wenn während Schlechtwetterphasen kein Weidegang möglich ist, auf die Nutzung unbefestigter Laufhöfe verzichtet wird.

Bei *Schweinställen* können eine optimierte Buchtengestaltung (Teilspalten, Boden geneigt, Anordnung Fress- und Liegeplatz, optimierte Lüftung), Spül- und Schiebersysteme unter dem Spaltenboden, reduzierte Gülleflächen im Kanal, impulsarme Zuluftführung sowie der Einsatz von Biowäscher/Biofilter zur Emissionsminderung beitragen. Die impulsarme Zuluftführung und der Einsatz von Biowäscher/Biofilter kommen nur bei geschlossenen Stallsystemen mit Zwangslüftung in Frage.

Bei *Legehennenställen* geht es in erster Linie darum, Kotgrubensysteme mit hohen Emissionen durch neuere Systeme mit Kotband zu ersetzen, damit der Kot regelmässig aus dem Stall entfernt werden kann. Eine weitergehende Emissionsreduktion kann durch die sogenannte Kotbandtrocknung erzielt werden. Dabei wird der Kot auf den Kotbändern durch ständige Belüftung rasch auf etwa 70 % Trockensubstanz getrocknet.

Bei *Mastgeflügelställen* werden in den Niederlanden Systeme propagiert, in denen der Mist durch eine Unterflurbelüftung ständig getrocknet wird. Die Emissionen können damit um 70-90 % verringert werden. Der Einsatz solcher Systeme in der Schweiz wird aber wegen tierhygienischer Bedenken und wegen der relativ kleinen Tierbestände als nicht realistisch eingeschätzt. Aus Tierschutzgründen kommen Batteriesysteme mit Kotbandentmischung ebenfalls nicht in Frage. Da alle Massnahmen, welche zu trockenerem Mist führen, die Emissionen verringern, besteht ein gewisses Reduktionspotential auch durch den Einbau von Nippeltränken.

#### *Fazit:*

Durch geeignete bauliche und organisatorische Massnahmen können die Ammoniak-Emissionen von Stallsystemen reduziert werden. Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren für neue Ställe sowie beim Umbau alter Ställe sind die Anliegen der Luftreinhaltung einzubringen und zu berücksichtigen.

#### 4.2.2. Güllelagerung

Die technischen Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen bei der Hofdüngerlagerung wurden von der FAL-IUL evaluiert und bezüglich Emissionsreduktionspotential bewertet (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Sie sind auch im UN/ECE-Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aufgeführt (UN/ECE, 2001).

Die Hauptmassnahme im Bereich der Hofdüngerlagerung ist die Abdeckung der Güllelager. Je dichter die Abdeckung ist, desto effizienter ist auch der emissionsmindernde Effekt. Die

grössten Emissionsminderungen können mit festen Beton- oder Holzabdeckungen erzielt werden (80-95 % Emissionsminderung). Gute Emissionsminderungen (60-80 %) können auch mit dicht angelegten Zeltdachabdeckungen oder Schwimmfolien erzielt werden. Geringere Emissionsreduktionen (35-60%) werden durch eine künstlich aufgebrachte Strohhäcksel-Schwimmschicht sowie durch die Ausbildung einer natürlichen Schwimmschicht erreicht werden. Wegen des in der Regel tiefen Trockensubstanzgehaltes der schweizerischen Güllen dürfte die natürliche Schwimmschichtbildung allerdings meist nicht ausreichen.

Der Anhang 3 enthält detailliertere technische Informationen zur Emissionsminderung bei der Güllelagerung.

Gemäss Analyse der FAL wurden in der Schweiz zu Beginn der 90er Jahre noch rund drei Viertel der Gülle in geschlossenen Behältern gelagert; offene Güllesilos wurden hauptsächlich in den letzten 10-20 Jahren gebaut. In Zukunft ist allerdings gemäss FAL mit einer deutlichen Zunahme des Güllelagervolumens zu rechnen, damit alle Gülle pflanzenbaulich optimal eingesetzt werden kann. Würden diese zusätzlichen Güllegruben offen gebaut und ältere Einrichtungen durch offene Güllegruben ersetzt, könnten die Emissionen gesamtschweizerisch um bis zu 10 % zunehmen.

Ein besonderes Problem stellen die im Zusammenhang mit der Erhöhung der Güllelagerkapazität diskutierten Gülle-Teiche dar, da sie im Verhältnis zum Lagervolumen eine wesentlich grössere emittierende Oberfläche aufweisen. Sie sind aus technischer Sicht auch schwieriger abzudecken als Silos. Gülle-Teiche, insbesondere ohne Abdeckung, sind deshalb aus lufthygienischer Sicht eine schlechte Lösung und werden auch von der UN/ECE Ammoniak-Expertengruppe nicht empfohlen (UN/ECE, 2001; SAEFL, 2001). Der Ersatz von Gülle-Teichen durch abgedeckte Silos wird ausdrücklich als emissionsmindernde Massnahme bezeichnet.

Über die Emissionen bei der Lagerung von Mist liegen sowohl in der Schweiz als auch im Ausland noch kaum Ergebnisse direkter Messungen vor. In diesem Bereich ist klar ein Forschungsbedarf ausgewiesen (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL 1997). Aufgrund der heutigen Kenntnisse wird im UN/ECE Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen empfohlen, den Mist so trocken als möglich zu lagern (z.B. Lagerung unter einem Dach oder Abdeckung mit einer Folie; Wahl einer kegelförmigen Lagerform, damit das Wasser weniger eindringen kann), die Oberfläche des Miststocks so klein als möglich zu halten (z.B. durch Konstruktion von Seitenwänden) und die Mistsafflüsse ins Güllelager abzuleiten.

#### *Fazit:*

Die wirksame Abdeckung von Güllelagern ist Stand der Technik. Der Bau von offenen Gülleanlagen oder gar Teichen verstösst gegen die lufthygienische Vorsorge und ist darum zu verhindern.

Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren für neue Güllelager sowie bei der Sanierung alter Güllelager sind die Anliegen der Luftreinhaltung einzubringen und zu berücksichtigen.

#### 4.2.3. Hofdüngerausbringung

Die technischen Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen bei der Hofdüngerausbringung wurden von der FAL-IUL/FAT evaluiert und bezüglich Emissionsreduktionspotential bewertet (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Sie sind auch im UN/ECE-Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aufgeführt (UN/ECE, 2001). Die FAT hat ausserdem zwei Berichte herausgegeben, die sich speziell mit den Ammoniakverlusten nach der Hofdünger-

anwendung und ihrer Verminderung befassen und Empfehlungen für die Praxis enthalten (FAT, 1996; FAT, 1997).

Die möglichen Massnahmen bei der Hofdüngeranwendung lassen sich wie folgt unterteilen:

- a) Organisatorische Massnahmen, welche durch eine optimale Wahl des Ausbringungszeitpunktes und der Gülleverdünnung die Emissionen verringern.

Diesbezüglich kann auf die BLW/BUWAL-Broschüre „Düngen zur richtigen Zeit“ (BLW/BUWAL, 1996) und auf die vom BUWAL herausgegebenen „Erläuterungen über Düngung und Umwelt, Vorschriften und Empfehlungen des Bundes“ (BUWAL, 1996c) verwiesen werden. Bei den organisatorischen Massnahmen ist von Bedeutung, dass die Witterung, die Jahreszeit, der Bodenzustand, die Bodenbedeckung und die geeignete Bodenbearbeitung beachtet werden.

- b) Einsatz spezieller emissionsarmer Gülleausbringetechniken.

In Frage kommen das Einbringen der Hofdünger in den Boden durch Injektion bzw. rasches Einarbeiten oder die bandförmige Gülleanwendung (Schleppschlauch-, Schleppschuhverteiler) zur Reduktion der emittierenden Oberfläche. Durch den Einsatz solcher Techniken wird nicht nur die Umwelt geschont, sondern es wird auch eine bessere Effizienz des eingesetzten Stickstoffs erreicht (Einsparung von Düngerkosten).

Der Anhang 4 enthält detailliertere technische Informationen zu den emissionsarmen Gülleausbringetechniken und zum Anwendungspotential in der Schweiz.

#### *Fazit:*

Organisatorische Massnahmen zur Gülleausbringung durch eine optimale Wahl des Ausbringzeitpunktes und durch geeignete Verdünnung der Gülle gehören zur guten landwirtschaftlichen Praxis. Emissionsarme Gülleausbringetechniken gehören zum Stand der Technik. Die Wahl der Technik hängt u.a. vom Bodentyp und von der Bodenbedeckung ab. Für schweizerische Verhältnisse kann in vielen Fällen der Einsatz von Schleppschlauchverteilern empfohlen werden.

Die Luftreinhaltefachstellen haben ein grosses Interesse am Einsatz von emissionsarmen Ausbringsystemen, weil das Emissionsreduktionspotential dort besonders hoch ist. Die Anliegen der Luftreinhaltung sind bei den kantonalen Landwirtschaftsdirektionen einzubringen und sollten nach Möglichkeit im Rahmen spezieller Förderprogramme des Bundes und der Kantone umgesetzt werden.

#### 4.2.4. Gülleaufbereitung

Die FAL-IUL/FAT hat sich in ihrer Analyse der Ammoniak-Emissionen Schweiz auch zur Gülleseparierung als Teil der Gülleaufbereitung geäussert (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Die Forschungsanstalten kommen dabei zum Schluss, dass sich durch die Separierung von Gülle in „Dünngülle“ und „Feststoffe“ (ca. 30-40 % Trockensubstanzgehalt) mittels spezieller Separierungsanlagen die Ammoniak-Emissionen unter Umständen verringern lassen, weil die „Dünngülle“ nach der Anwendung besser versickert und weniger an den Pflanzen haften bleibt. Zudem kann die N-Wirkung mit der Dünngülle besser dosiert werden als mit normaler Gülle. Mit neuen Aufbereitungstechniken ist es möglich, den Ammoniak aus der Flüssigphase zu binden und so das Verlustrisiko beim Düngeraustrag zu minimieren.

Die Gülleaufbereitung kann dazu führen, dass selbst in nutztierreichen Regionen weitere Aufstockungen begründet und realisiert werden, was aus der Sicht der Nachhaltigkeit nicht erwünscht ist.

Der Anhang 5 enthält ergänzende Hinweise zur Gülleaufbereitung.

Zur Zeit bildet sich im Kanton Luzern eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretungen des Bauernverbandes, Landwirtschaftsamtes sowie des Amtes für Umweltschutz, die das ganze Spektrum der betriebsinternen und überbetrieblichen Möglichkeiten der Gülleaufbereitung unter dem Kosten/ Nutzen Aspekt und der gesamtökologischen Betrachtung des Stickstoffhaushaltes überprüft. Dabei wird auch abgeklärt, ob ein Einsatz auf der Stufe von Landwirtschaftsbetrieben in Frage kommen könnte oder ob eine zentrale und überbetriebliche Lösung unter kontrollierten industriellen Bedingungen angestrebt werden muss.

*Fazit:*

Die bisherigen Ansätze zur Gülleaufbereitung beanspruchen hohe Investitionen und ergeben entsprechende Betriebskosten, die im Wesentlichen vom Energieverbrauch bestimmt werden. Die Verfahren können eine Zukunft haben, wenn die Wertschöpfung in Form von Erträgen aus Nebenprodukten (Salzen, Kompost, Biogas) besser werden und/oder die Vermeidung von Ammoniak-Emissionen als Entlastungsbeitrag für das Ökosystem finanziell abgegolten werden kann. Die Gülleaufbereitung kann dazu führen, dass selbst in nutztierreichen Regionen weitere Aufstockungen realisiert werden. Im Sinne der Nachhaltigkeit (umweltgerechte Hofdüngernutzung am Entstehungsort, energieoptimierte landwirtschaftliche Produktion, kurze Transportwege) ist darauf zu achten, dass das Problem der regionalen Hofdüngerüberschüsse in erster Linie in den betroffenen Regionen gelöst wird.

### **4.3. Verbesserung der Stickstoff-Nutzung**

#### **4.3.1. Stickstoffoptimierte Fütterung**

Die Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen durch optimierte Fütterung wurden von der FAL-IUL/FAT evaluiert und bezüglich Emissionsreduktionspotential bewertet (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Sie sind auch im UN/ECE-Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aufgeführt (UN/ECE, 2001).

Die Wirkung von Fütterungsmassnahmen auf die Ammoniak-Verluste beruht auf der Verringerung der N-Ausscheidungen pro Tiereinheit und ist somit auch für andere N-Flüsse und N-Verluste von Bedeutung (Nitratauswaschung, Denitrifikation). Weil N-Überschüsse vom Tier hauptsächlich über den Harn ausgeschieden werden, führt eine Verringerung des N-Inputs über die Fütterung hauptsächlich zu einer Verringerung der N-Ausscheidungen über den Harn und damit zu einer überproportionalen Reduktion der N-Verluste.

In Frage kommen Massnahmen wie der Abbau von Überschüssen bei der Proteinversorgung, eine Reduktion des Rohproteingehaltes der Ration durch Optimierung der Aminosäurezufuhr (Steuerung der Aminosäureversorgung durch Zugabe reiner Aminosäuren zum Futter, v.a. bei Schweinen anwendbar) und eine bessere Verwertung des eingesetzten Stickstoffes dank höherer Leistung (abnehmender Anteil des Erhaltungsbedarfs am Gesamtbedarf). Eine Reduktion des Rohproteinanteils im Futter bedeutet eine Erhöhung des Krafftutteranteils an Stelle des Rohfutters.

*Fazit:*

Die Luftreinhaltefachstellen haben ein Interesse an einer Emissionsreduktion durch Optimierung der Fütterung, insbesondere bei der Schweinehaltung. Ihre Einflussmöglichkeiten in diesem Bereich sind allerdings gering. Hervorgehoben werden muss, dass die Emissionsreduktion natürlich nur dann zum Tragen kommt, wenn Fortschritte bei der Fütterungspraxis nicht durch Aufstockungen bei den Tierzahlen kompensiert werden.

#### 4.3.2. Bedarfsgerechte Düngung

Umweltbelastende Stickstoff-Verluste können auch reduziert werden, indem die Düngergaben bezüglich Menge und Zeitpunkt optimal auf den Pflanzenbedarf abgestimmt werden (betreffend Zeitpunkt siehe auch Kapitel 4.2.3.).

Die rechtlichen Voraussetzungen für eine bedarfsgerechte Düngung sind in der Schweiz mit der Stoff-Verordnung (StoV) und mit der Direktzahlungsverordnung (DZV) gegeben. Gemäss Anhang 4.5 Ziffer 31 StoV müssen bei der Düngung die im Boden vorhandenen Nährstoffe und der Nährstoffbedarf der Pflanzen berücksichtigt werden. Dies ist gleichbedeutend mit der Forderung nach einer parzellenscharfen ausgeglichenen Nährstoffbilanz. Zu berücksichtigen sind weiter die Standortverhältnisse (Bodenverhältnisse, Topographie, Pflanzenbestand) und die Witterung. Im Weiteren dürfen nach Anhang 4.5 Ziffer 321 StoV stickstoffhaltige Dünger nur zu Zeiten ausgebracht werden, in denen die Pflanzen den Stickstoff aufnehmen können und wenn der Boden saug- und aufnahmefähig ist. Nach Art. 6 Abs. DZV gehört zur ausgeglichenen Düngerbilanz, dass sich die zulässige Phosphor- und Stickstoffmenge nach dem Pflanzenbedarf und dem betrieblichen Bewirtschaftungspotential zu bemessen hat.

##### *Fazit:*

Die Luftreinhaltefachstellen haben ein Interesse daran, dass die Bestimmungen der StoV und der DZV betreffend ausgeglichene Nährstoff- und Düngerbilanzen konsequent umgesetzt werden, um über diesen Weg die N-Verluste in die Umwelt zu minimieren. Parzellenscharfe Düngungspläne sind insbesondere bei Betrieben mit mehr als zwei DGVE/ha (Düngergrössvieheinheiten pro Hektare düngbare landwirtschaftliche Nutzfläche) einzuführen. Umsetzungsorientierte wissenschaftliche Grundlagen und Erfahrungen dazu sind bei der landwirtschaftlichen Beratung (z. B. beim SRVA Lausanne, Düngungsmodell FURCA) vorhanden und können in der Praxis eingeführt werden. Der nach DZV vorgegebene Begriff „betriebliches Bewirtschaftungspotential“ ist im Sinne der Agrarökologie zu konkretisieren.

#### **4.4. Erfolgskontrolle**

Wichtige Elemente zur Erfolgskontrolle in der Luftreinhaltung sind die Immissionsmessungen sowie der Einsatz von Modellen, welche die Emissionen, die Ausbreitung und die Konzentrationen/Depositionen von Luftschadstoffen umfassen.

Die Immissionsüberwachung bei den Stickstoffkomponenten ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Sie umfasst gasförmige Substanzen wie Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Salpetersäure, Ammoniak, aber auch partikelförmige Nitrat- und Ammonium-haltige Aerosole sowie Nitrat und Ammonium als Regeninhaltsstoffe. Für eine zuverlässige Abschätzung der Stickstoffeinträge (trocken und nass) in empfindliche Ökosysteme müssen sämtliche Komponenten bekannt sein. Gemäss Empfehlungen der UN/ECE genügt es im Hinblick auf eine Erfolgskontrolle bei den reduzierten Stickstoffverbindungen nicht, einzig die räumlich und zeitlich stark variablen Ammoniak-Konzentrationen zu erfassen. Vielmehr sind solche Messungen mit der Erfassung der Ammonium-Aerosole und der Ammonium-Konzentrationen im Regen zu ergänzen (SAEFL, 2001). Für die Abschätzung der Depositionen sowie für eine längerfristige Erfolgskontrolle und Trendanalyse ist es nicht nötig, in jedem Fall Messungen mit stündlicher oder täglicher Auflösung zu haben. Vielmehr genügt es, neben ein paar Referenzstandorten mit zeitlich hoch aufgelösten Messungen Standorte zu betreiben, die Ergebnisse in Form von Wochen- oder Monatsmittelwerten liefern.

Wichtig ist die Ergänzung der Immissionsmessungen mit Modellberechnungen, die den Weg der Luftschadstoffe von der Emission über die Ausbreitung bis zur Deposition beschreiben.

Solche Modelle sind heute verfügbar. Eine Voraussetzung für den Einsatz der Modelle sind u.a. zuverlässige Emissionsinventare mit genügender räumlicher und je nach Bedarf auch zeitlicher Auflösung. Im Falle des Ammoniaks ist es dabei ungenügend, die Emissionen einzig über Tierzahlen und entsprechende Emissionsfaktoren zu ermitteln. Vielmehr müssen produktionstechnische Faktoren wie die Art der Stallsysteme, der Hofdüngerlagerung und der Hofdüngerausbringung berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung der dynamischen Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktionstechnik bedingt eine zuverlässige statistische Erfassung der massgeblichen Faktoren. Diese Erfassung ist heute ungenügend und muss im Hinblick auf eine transparente Darstellung der ökologischen Leistungen der Landwirtschaft verbessert werden.

Ein weiteres Element für die Erfolgskontrolle ist die einzelbetriebliche Emissionsbilanz. Wer eine Anlage betreibt oder errichten will, die Luftverunreinigungen verursacht, muss der Behörde nach Art. 12 Abs. 1 LRV Auskunft erteilen über:

- a. die Art und die Menge der Emissionen;
- b. den Ort, die Höhe und den zeitlichen Verlauf des Ausstosses;
- c. weitere Bedingungen des Ausstosses, die für die Beurteilung der Emissionen nötig sind.

Nach Art. 12 Abs. 2 LRV kann sich die Emissionserklärung auf Messungen oder Materialbilanzen der eingesetzten Stoffe stützen.

## 5. Vollzugsschwerpunkte

Bei den Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft besteht ein grosser Handlungsbedarf zu deren Reduktion. Aufgrund der schweizerischen Rechtslage (USG, LRV, StoV, LwG, DZV) und der internationalen Vorgaben (UN/ECE) gibt es zahlreiche Handlungsmöglichkeiten, die sowohl die vorsorgliche Emissionsbegrenzung als auch die verschärfte Emissionsbegrenzung (inkl. kantonale Massnahmenpläne) und die Schaffung von geeigneten Anreizen zur Umsetzung von Massnahmen umfassen. Der Schutz der Umwelt vor übermässigen Stickstoffdepositionen ist aber nur dann zu erreichen, wenn die reduzierten Ammoniakverluste nicht durch Aufstockung der Tierbestände kompensiert werden.

### 5.1. Vorsorgliche Emissionsbegrenzung

Für die vorsorgliche Emissionsbegrenzung sind folgende Punkte von Bedeutung:

#### 5.1.1. Grundsätzliches

- Bei stationären Anlagen der Landwirtschaft, die Ammoniak emittieren und bei denen die Emissionen nicht erfasst, sondern diffus an die Umwelt abgegeben werden, sind die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nach Art. 4 LRV und Anhang 2 Ziff. 51 LRV anzuwenden. Dies betrifft Anlagen wie z.B. offene Laufställe, offene Güllelager und Gülleausbringsysteme.
- Bei stationären Anlagen der Landwirtschaft, die Ammoniak emittieren und bei denen die Emissionen erfasst an die Umwelt abgegeben werden, sind die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nach Art. 3 und Anhang 1 Ziff. 6 sowie Anhang 2 Ziff. 51 LRV anzuwenden. Dies betrifft Anlagen wie z.B. geschlossene Ställe mit mechanischer Lüftung.
- Die vorsorgliche Emissionsbegrenzung gilt für neue und grundsätzlich auch für bestehende Anlagen. Bestehende Anlagen, die den Anforderungen der LRV nicht entsprechen, müssen saniert werden. Die zuständige Behörde legt in den erforderlichen Verfügungen die Sanierungsfrist fest (Art. 8 Abs. 1 und 2 LRV).

#### 5.1.2. Technische Massnahmen

- **Durch geeignete bauliche und organisatorische Massnahmen können die Ammoniak-Emissionen von Stallsystemen reduziert werden.** Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren für neue Ställe sowie beim Umbau alter Ställe sind die Anliegen der Luftreinhaltung einzubringen. Aus lufthygienischer Sicht verschärft die zunehmende Umstellung auf Freilaufställe das Problem der Emissionen. Das BUWAL hat dazu bei der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT Tänikon) ein Projekt in Auftrag gegeben, mit dem die Emissionen von Ammoniak und Staub (PM10) untersucht und bewertet sowie mögliche Minderungsmassnahmen vorgeschlagen werden sollen. Dabei geht es um eine Optimierung der Lufthygiene- und der Tierschutzanliegen.
- Aus der Sicht der Vorsorge entspricht die wirksame **Abdeckung von Güllelagern** dem Stand der Technik. Die Abdeckung entsprach lange Zeit auch der gängigen Praxis. Offene Silos wurden erst in den letzten 10-20 Jahren gebaut. Der Bau von offenen Gülle-Teichen ist aus lufthygienischer Sicht nicht akzeptabel. Er wird auch auf internationaler

Ebene (UN/ECE) nicht empfohlen. Im Rahmen der Baubewilligungsverfahren sind neue Güllelager nur noch mit wirksamer Kapselung zu gestatten. Die Sanierung bestehender Anlagen soll unter Beachtung betrieblicher Minderungsprioritäten nach den Fristen der LRV vorgenommen werden.

- Aus der Sicht der Vorsorge entsprechen **emissionsarme Gülleausbringtechniken** dem Stand der Technik. Die Wahl der Technik hängt u.a. vom Bodentyp und von der Bodenbedeckung ab. Für schweizerische Verhältnisse kann in vielen Fällen der Einsatz von Schleppschauchverteilern empfohlen werden. Im Rahmen der Diskussion um die wirtschaftliche Tragbarkeit ist zu prüfen, inwieweit diese Massnahmen mit speziellen Förderprogrammen wirksam umgesetzt werden können.

### 5.1.3. Verbesserung der Stickstoff-Nutzung

- **Organisatorische Massnahmen zur Gülleausbringung** durch eine optimale Wahl des Ausbringzeitpunktes und durch geeignete Verdünnung der Gülle gehören zur guten landwirtschaftlichen Praxis. Dazu existiert eine BLW/BUWAL-Broschüre „Düngen zur richtigen Zeit“. Die Beratung und die Kontrolle in diesem Bereich sind zu verstärken.
- Eine **stickstoffoptimierte Fütterung** kann die Emissionen vermindern. Es ist ein Anliegen der Luftreinhaltung, dass Fortschritte in der Fütterungspraxis nicht durch Aufstockungen bei den Tierzahlen kompensiert werden.
- Betreffend die **bedarfsgerechte Düngung** sind die rechtlichen Voraussetzungen in der Schweiz mit der StoV und der DZV gegeben. Die Luftreinhaltefachstellen haben ein Interesse daran, dass die Bestimmungen der StoV und der DZV betreffend ausgeglichene Nährstoff- und Düngerbilanzen konsequent umgesetzt werden, um über diesen Weg die N-Verluste in die Umwelt zu minimieren. Parzellenscharfe Düngungspläne sind insbesondere bei Betrieben mit mehr als zwei DGVE/ha (Düngergrössvieheinheiten pro Hektare düngbare landwirtschaftliche Nutzfläche) einzuführen. Umsetzungsorientierte wissenschaftliche Grundlagen und Erfahrungen dazu sind bei der landwirtschaftlichen Beratung vorhanden und können in der Praxis eingeführt werden (z.B. beim SRVA Lausanne, Düngungsmodell FURCA).

## 5.2. **Verschärfte Emissionsbegrenzung**

Aufgrund des grossen Handlungsbedarfs zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen muss davon ausgegangen werden, dass trotz vorsorglicher Emissionsbegrenzung übermässige Immissionen bei den Stickstoffdepositionen vorhanden sein werden. Weil dabei eine Vielzahl von stationären Anlagen beteiligt ist, wird das Instrument des Massnahmenplans nach USG und LRV zwingend (vgl. Kap. 2.2).

Zur Verringerung der Ammoniakemissionen stehen die folgenden zwei Funktionen des Massnahmenplans im Vordergrund: Einerseits trägt der Massnahmenplan zur Wahrnehmung der regionalen Probleme auf politischer Ebene und in der Öffentlichkeit bei. **Andererseits hat der Kanton insbesondere mit den Anträgen an den Bund die Möglichkeit, bei der Schaffung von geeigneten Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug mitzuwirken** (siehe dazu Kap. 5.4). Eine Auswahl von als sinnvoll erachteten Bundesmassnahmen, die Bestandteil solcher Anträge sein können, sind im Anhang 6 zusammengestellt. Ein Massnahmenplan ist in diesem Sinne ein partnerschaftliches Instrument, weil es bei geeigneter Konzipierung sowohl den Bund als auch die Kantone in den Prozess der Problemlösung einbezieht.



### **5.3. Erfolgskontrolle**

Neben der einzelbetrieblichen Emissionsbilanz auf der Basis von Art. 12 Abs. 1 LRV (vgl. Kap. 4.4) sind weitere wichtige Elemente zur Erfolgskontrolle die Immissionsmessungen sowie der Einsatz von Modellen, welche die Emissionen, die Ausbreitung und die Konzentrationen/Depositionen von Luftschadstoffen umfassen. Eine Voraussetzung für den Einsatz der Modelle sind u.a. zuverlässige Emissionsinventare mit genügender räumlicher und je nach Bedarf auch zeitlicher Auflösung.

### **5.4. Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug**

Wie in Kap. 4.1 bereits festgestellt, werden insbesondere die technischen Massnahmen zur Emissionsminderung je nach Betrieb Investitionen und Anpassungen bei den Betriebsstrukturen von unterschiedlichem Ausmass erfordern, sei dies im baulichen Umweltschutz (Stallsysteme, Güllelager) oder zur Anschaffung von Maschinen und Geräten (Hofdüngerausbringung) als Voraussetzung für einen ökologischen Umgang mit Hofdüngern

Zur Erleichterung der Umstellung auf eine emissionsarme Bewirtschaftung sind Förderprogramme der Kantone und des Bundes wirksam. Es gibt Kantone, die für gewisse emissionsarme Techniken (z.B. Schleppschlauchverteiler bei der Gülleausbringung) schon Förderprogramme durchgeführt haben, allerdings zeitlich limitiert und mit beschränkten finanziellen Mitteln. Mit Förderprogrammen des Bundes könnte hier eine wesentlich breitere Wirkung erzielt werden.

Unter dem Titel Strukturverbesserungen kann der Bund nach Art. 87 LwG (Landwirtschaftsgesetz) Beiträge und Investitionskredite gewähren, um zur Verwirklichung ökologischer, tierschützerischer und raumplanerischer Ziele beizutragen. Die ökologischen Ziele bei den Ammoniak-Emissionen sind bekannt und würden die Gewährung entsprechender Beiträge und Investitionskredite rechtfertigen.

Ein Anreiz wäre auch die Schaffung von Voraussetzungen, dass Leistungen zur Emissionsminderung, die mit hohen Kosten verbunden sind, in den ökologischen Leistungsnachweis aufgenommen und zumindest teilweise über das System der Direktzahlungen abgegolten würden. Gemäss Art. 70 Abs. 4 LwG ist die Einhaltung der für die landwirtschaftlichen Produktion massgeblichen Bestimmungen der Gewässerschutz-, der Umweltschutz- und der Tierschutzgesetzgebung Voraussetzung und Auflage für die Ausrichtung von Direktzahlungen. Die Luftreinhaltung ist Teil der Umweltschutzgesetzgebung. Die Luftreinhaltung ist deshalb ebenso wie der Gewässerschutz und der Tierschutz zu fördern.

### **5.5. Zusammenarbeit zwischen betroffenen Fachstellen**

Zur Lösung der Ammoniak-Problematik ist auf nationaler und kantonaler Ebene eine Zusammenarbeit zwischen den Fachstellen für Luftreinhaltung, Klimaschutz, Gewässerschutz, Bodenschutz, Tierschutz und Landwirtschaft erforderlich, da bei den emissionsmindernden Massnahmen teilweise Synergien, aber auch Konflikte bestehen können.

Die heutige Situation zeichnet sich oft noch dadurch aus, dass die Anliegen der Luftreinhaltung bei den Fachstellen für Gewässerschutz, Tierschutz und Landwirtschaft zu wenig bekannt sind und bei der landwirtschaftlichen Beratung deshalb noch mehrheitlich eine untergeordnete Rolle spielen. Die Luftreinhaltfachstellen sind gefordert, ihre Anliegen bei den erwähnten Stellen einzubringen, um bei den Verfahren zur Bewilligung emissionsrelevanter Anlagen und bei der Ausgestaltung geeigneter Rahmenbedingungen zur Förderung emissionsarmer Produktionstechniken mitwirken zu können.



## **6. Anhänge**

- 1 Stellenwert der Critical Loads und Critical Levels in der Luftreinhaltung
- 2 Übersicht zu den technischen Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft
- 3 Technische Informationen zur Güllelagerung
- 4 Technische Informationen zur Hofdüngerausbringung
- 5 Informationen zur Gülleaufbereitung
- 6 Mögliche Massnahmen in der Kompetenz des Bundes zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug

# Stellenwert der Critical Loads und Critical Levels in der Luftreinhaltung

---

## 1. Das Konzept der Critical Loads

Der Begriff „Critical Loads“ wurde erstmals Ende der 70er Jahre zur Unterstützung umweltpolitischer Entscheide der Regierung Kanadas verwendet. Später fand er auf Anregung des Nordischen Ministerrates Eingang in die internationale Zusammenarbeit, insbesondere im Rahmen des UN/ECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung. Das Anliegen bestand darin, eine wirkungsorientierte Ergänzung zum rein technisch orientierten Ansatz der „Best Available Techniques (BAT)“ zu schaffen.

Beim Konzept der Critical Loads sollen die Massnahmen zur Reduktion der Schadstoffemissionen auf die Belastbarkeit von empfindlichen Rezeptoren (z.B. Menschen, Pflanzen, Ökosysteme, Materialien) abgestimmt werden. Auf der Grundlage des wissenschaftlichen Kenntnisstandes werden für bedeutende Luftschadstoffe und für wichtige ökologische Rezeptoren spezifische Belastungsgrenzen bestimmt. Belastungsgrenzen gibt es in Form von Luftschadstoff-Depositionen (*Critical Loads*) und in Form von Luftschadstoffkonzentrationen (*Critical Levels*).

Anlässlich verschiedener wissenschaftlicher UN/ECE Workshops wurden die Verfahren zur Formulierung von Critical Loads für Säure- und Stickstoffeinträge entwickelt. Bei den Critical Levels sind Beurteilungswerte für Ozon, Schwefeldioxid, Stickoxide und Ammoniak festgelegt worden. Die Methoden und Beurteilungswerte sind im UN/ECE Handbuch zur Kartierung der Critical Levels/Loads sowie deren Überschreitungen zusammengestellt (UN/ECE, 1996).

Mittlerweile ist das Konzept der Critical Loads zu einem festen Bestandteil des UN/ECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung geworden. Schadstoffprotokolle der neueren Generation, die im Rahmen des Übereinkommens ausgehandelt wurden, enthalten Critical Loads und Critical Levels als wirkungsorientierte Zielsetzung. Dazu gehören das zweite Schwefelprotokoll von Oslo (UN/ECE, 1994) mit den Critical Loads für versauernde Schwefeleinträge und das Protokoll von Göteborg zur Bekämpfung der Versauerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons (UN/ECE, 1999a) mit den Critical Loads für Säure- und Stickstoffeinträge und mit den Critical Levels für Ozon.

Die UN/ECE Critical Levels und Loads sind heute auch Bestandteil der revidierten WHO Air Quality Guidelines for Europe (WHO, 2000) und wurden bei der Entwicklung der EU Direktive betreffend nationale Emissionsobergrenzen (National Emission Ceilings Directive) verwendet.

## 2. Immissionsgrenzwerte der LRV und Critical Loads/Levels

Die *Immissionsgrenzwerte* für Luftverunreinigungen der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) müssen nach den Kriterien des Umweltschutzgesetzes (Art. 8, Art. 13 und Art. 14 USG) festgelegt werden.

Nach Art. 14 USG sind sie so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte

- a. Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume nicht gefährden;
- b. Die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören;
- c. Bauwerke nicht beschädigen;
- d. Die Fruchtbarkeit des Bodens, die Vegetation und die Gewässer nicht beeinträchtigen.

Die Einwirkungen sind dabei sowohl einzeln als auch gesamthaft und nach ihrem Zusammenwirkungen zu beurteilen (Art. 8 USG). Im Weiteren sollen bei der Festlegung auch die Wirkungen der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere berücksichtigt werden (Art. 13 USG).

Es handelt sich bei den Immissionsgrenzwerten also um wirkungsorientierte Schutzwerte, die als Messlatte herangezogen werden können zur Beurteilung, ob Immissionen übermässig sind oder nicht.

Die *Critical Loads* und *Critical Levels* sind wie folgt definiert (UN/ECE, 1996):

### **Critical Loads**

A quantitative estimate of an exposure to one or more pollutants below which significant harmful effects on specified sensitive elements of the environment do not occur according to present knowledge (exposure means deposition experienced on an area basis, e.g. kg/ha\*yr).

[Eine quantitative Abschätzung einer Exposition gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unterhalb der signifikante schädliche Auswirkungen auf empfindliche Elemente der Umwelt nach dem Stand des Wissens nicht vorkommen (Exposition bedeutet eine Deposition pro Flächeneinheit, z.B. kg/ha\*Jahr)].

### **Critical Levels**

Concentrations of pollutants in the atmosphere above which direct adverse effects on receptors, such as human beings, plants, ecosystems or materials, may occur according to present knowledge (concentrations include high or low concentrations of air pollutants which may occur over short periods of time (< 24 h) or continuously over longer periods (> 24 h)).

[Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Atmosphäre, oberhalb derer nach dem Stand des Wissens direkte schädliche Auswirkungen auf Rezeptoren, wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme oder Materialien, zu erwarten sind (Konzentrationen umfassen hohe oder tiefe Konzentrationen, die während kurzen Zeitperioden (< 24 h) oder anhaltend über längere Zeitperioden (> 24h) auftreten können)].

Die Critical Loads und Critical Levels haben demnach den Stellenwert von wirkungsorientierten Belastungsgrenzen für Schadstoffdepositionen und -konzentrationen, bei deren Überschreitung mit Schäden an empfindlichen Rezeptoren der Umwelt gerechnet werden muss.

In diesem Sinne sind die Critical Loads und Critical Levels von der Bedeutung her gleichwertig mit den wirkungsorientierten Immissionsgrenzwerten der LRV. Critical Loads und Critical Levels können deshalb nach Art. 2 Abs. 5 LRV herangezogen werden zur Beurteilung, ob Immissionen übermässig sind oder nicht, falls für die Beurteilung kein Immissionsgrenzwert nach Anhang 7 der LRV vorliegt.

# Übersicht zu den technischen Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft

### Hintergründe

Aus Tierhaltungsbetrieben werden grosse Mengen von Stickstoff an die Umgebungsluft abgegeben. Etwa ein Drittel des von Tieren ausgeschiedenen Stickstoffs wird in Ställen, auf Weideflächen, über Güllelagern und vornehmlich unmittelbar nach der Ausbringung als Ammoniak<sup>3</sup> freigesetzt. Je länger die Kontaktzeit und je grösser die Austauschfläche mit der Atmosphäre, umso grösser sind die NH<sub>3</sub>-Emissionen.

Die Ammoniak-Emissionen der Tierhaltung wurden in zahlreichen Studien ermittelt. Die durchschnittlichen Emissionen liegen bei 40 kg Ammoniak pro GVE und Jahr; dies entspricht 33 kg N. Für die Milchviehhaltung sind die in Tabelle 1 aufgeführten NH<sub>3</sub>-Emissionen zu erwarten.

Tab. 2.1 Durchschnittliche Ammoniak-Emissionen Schweiz

Rindviehhaltung Milchkühe mit Vollgülle (Bezugsjahr 1990)	Ausscheidung kg N pro Platz und Jahr	Emissionen kg N pro Platz und Jahr	NH <sub>3</sub> -Emissionen in % der gesamten Emissionen
Stall (Anbindstall)	97	7.4	22
Weide	8	0.4	1
Hofdüngerlager (20 % offen)		3.6	11
Hofdüngerausstrag (63 kg N pro Platz und Jahr)		21.5	65
Gesamt	105	33	

(Quelle: FAL-Bericht Nr 26, Anhänge<sup>4</sup>)

Im Stallbereich werden rund 25 %, bei der Hofdüngerlagerung etwa 10 % und der Hofdüngerausbringung rund 60 % der NH<sub>3</sub>-Emissionen festgestellt. Je nach betrieblichen Randbedingungen können diese Werte z.T. stark abweichen.

Die Ammoniak-Emissionen der Nutztierhaltung sind sehr hoch. Zu den Auswirkungen von hohen Ammoniak-Belastungen in der Umwelt zählen beispielsweise:

- Atemwegserkrankungen und Wachstumsstörungen bei Tieren durch belastete Stallluft
- Vegetationsschäden durch Ammoniakvergiftung in der Umgebung intensiver Quellen
- Extremes Algenwachstum und Vergrasung von naturnahen Flächen
- Überdüngung und Versauerung von Waldökosystemen und Gewässern durch hohe N-Einträge aus der Luft
- Beschleunigte Biokorrosion von Oberflächen durch luftgetragenen Stickstoff.

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Landwirtschaft sind hohe Ammoniak-Verluste wirtschaftlich zu vermeiden und ökologisch zu verhindern. Mit einer konsequenten Anwendung erprobter Minderungsmassnahmen, können die NH<sub>3</sub>-Verluste erheblich gesenkt werden. Auf IP- und Biobetrieben mit N- und P-Kontingenten bedeutet jedes verlorene kg N einen Minderertrag, da der verlorene Stickstoff nicht durch Mineraldünger ersetzt werden

<sup>3</sup> Ammoniak wird als Folge des biologischen Abbaus neben CO<sub>2</sub> bei der enzymatischen Spaltung von Harnstoff freigesetzt. In saurer bis neutraler wässriger Umgebung ist Ammoniak hydratisiert und liegt vorwiegend als Ammonium-Ion vor. Ammonium kann von Pflanzenwurzeln direkt oder nach der Nitrifikation als Nitrat aufgenommen werden. Im alkalischen Bereich bei pH-Werten über 7.5 verschiebt sich das Ammonium-/Ammoniakverhältnisses zugunsten von Ammoniak.

<sup>4</sup> 'Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials'. Schriftenreihe der FAL 26, 1997

kann. Landwirte und Beratungsfachleute müssen deshalb daran interessiert sein, den Stickstoff aus dem Hofdünger möglichst produktiv zu verwerten.

## **Prioritäten**

Rund 70 - 80 % der Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung stammen in der Schweiz von Kühen und Rindern. Entsprechend gross ist das Emissionsminderungspotential in diesem Bereich. Besonders davon betroffen sind die Gebiete mit intensiver Mast- und Milchwirtschaft (z. B. Ostschweiz, Innerschweiz). Ein Vergleich der Emissionsbeiträge der verschiedenen Tiergattungen kann der Tab. 2.2 entnommen werden.

Tab. 2.2 Jährliche Ammoniak-Emissionen Schweiz gemäss FAL <sup>6</sup>

Bezugsjahr 1996	Tiere Anzahl in 1000	Stickstoffanfall kt N	Ammoniak Emissionen kt N	%
Milchkühe (5120 kg Milch/Tier und Jahr)	764	81.2	26	58
Übriges Rindvieh	983	32.4	8	18
Schweine	911	16.5	7.6	17
Geflügel	6425	3.4	1.7	3.8
Andere Nutztiere	292	6.4	1.5	3.2
Total Nutztiere		139.9	44.8	100
Mineraldünger		64.6	3.9	

Basierend auf den Rechtsgrundlagen von USG und LRV stehen technische und betriebliche Massnahmen zur Emissionsminderung im Vordergrund. Diese sind am einfachsten zu realisieren, wenn die Emissionsquellen lokalisierbar sind, z.B. im Stallbereich durch bauliche und betriebliche Anpassungen, bei der Lagerhaltung durch Abdeckung oder beim Gülleaustrag durch planerisch/organisatorische Optimierung und emissionsarme Techniken. Eine beschränkte Wirksamkeit von solchen Massnahmen ist bei grossflächigen Quellen wie unbefestigten Freilaufflächen zu erwarten. Der Weidegang fällt für die Emissionen kaum ins Gewicht; vermehrter Weidegang gilt gemäss FAL als emissionsmindernde Massnahme (FAL-IUL/FAT, 1996).

Bei der Rindviehhaltung dominiert die freie (natürliche) Lüftung. Die Minderungsstrategie bei der Rindviehhaltung setzt zweckmässigerweise bei der Reduktion der Kontaktflächen und Kontaktzeiten von Hofdünger mit der Umgebungsluft an. Als Folge der Verbreitung neuer Haltungsformen mit Laufställen und Laufhöfen ist mit einer Zunahme der NH<sub>3</sub>-Verluste zu rechnen, sofern keine flankierenden Massnahmen getroffen werden.

Schweine werden vorwiegend in Ställen mit Zwangslüftung gehalten. Die Minderungsstrategie sollte entsprechend auch auf die optimale Luftführung ausgerichtet werden, mit maximaler Frischluftversorgung für die Tiere und minimaler Lufterneuerung im Kotbereich. Bei Bedarf sind zudem Abluftreinigungstechniken wie Biofilter oder Biowäscher einzusetzen.

Eine Reihe von wirksamen Minderungsmaßnahmen lassen sich nicht direkt auf USG/LRV abstützen, vielmehr sind diese durch Umsetzung von Tierhaltungs-, Gewässerschutz- und Energievorschriften zu realisieren (Anpassung der Tierbestände, proteinreduzierte Fütterung, Hofdüngeraufbereitung). Die Bemühungen in diesem Bereich sind durch konstruktive Zusammenarbeit und falls nötig entsprechende Anträge zu unterstützen.

<sup>6</sup> Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft (Kap. 9.6 - 9.8). Schriftenreihe der FAL 33, 2000

## Umsetzung

Die Reduktion der NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft sind im Vollzug Luftreinhaltung in erster Linie auf diejenigen Massnahmen auszurichten, die einen grossen Entlastungsbeitrag versprechen und ein günstiges Nutzen- / Kosten-Verhältnis aufweisen. Bei der Umsetzung ist darauf zu achten, dass eine Optimierung zwischen Luftreinhaltung, Bodenschutz, Gewässerschutz und Tierschutzanliegen resultiert.

Bei der Rindviehhaltung versprechen die Abdeckung von offenen Lageranlagen (Kapselung) und der Einsatz der Schleppschlauchtechnik eine wirksame Reduktion der Ammoniak-Emissionen zu vertretbaren Kosten. Beide Massnahmen unterstützen auch die Interessen von Gewässer- und Bodenschutz.

Die wesentlichsten Möglichkeiten zur Reduktion landwirtschaftlicher Ammoniak-Emissionen sind in landwirtschaftlichen Grundlegendokumenten detailliert beschrieben<sup>7 8</sup>. Die zu erwartende Entlastungswirkung und die spezifischen Kosten können anhand der Zusammenstellung in Tab. 2.3 grob abgeschätzt werden. Die Zahlen für die Entlastungswirkung beziehen sich auf Durchschnittswerte für die Referenzjahre 1990 und 2000. Dabei wird angenommen, dass die gesamtschweizerischen Emissionen in beiden Jahren gleich hoch sind. Unterschiede ergeben sich durch vermehrte Freilaufhaltung und einen höheren Anteil an offenen Güllelageranlagen im Jahre 2000. Die Zahlen können nicht einfach auf den Einzelfall übertragen werden.

Tab. 2.3 Entlastungswirkung von Massnahmen zur Minderung NH<sub>3</sub>-Emissionen sowie ungefähre Minderungskosten (Annahme: Gesamtemissionen Schweiz 1990 und 2000 identisch).

Rindviehhaltung Annahmen für 2000 (1990)	Emissionen NH <sub>3</sub> in % Gesamt- emissionen 2000 (1990)	Massnahme	Minderungspotential Einzelquelle %	Minderungspotential kollektiv %	Entlastung in % Gesamt- emissionen 2000 (1990)	Minderungskosten Fr. pro kgN**
Stall, Freilauf 50% (10%)	30 (22)	Reinigung Kotflächen	6	3 (< 1)	1 (0)	1 - 10
Weide	1 (1)	-				-
Hofdüngerlager offen: 40 % (20%), gedeckte Anlagen diagonal entlüftet	16 (12)	Kapselung offene Anlagen	80	41 (27)*	7 (3)	5 - 15
Hofdüngeraustrag Annahme: Technik 1990 und 2000 identisch	54 (65)	Schleppschlauch (auf 80 % der Flächen anwendbar) Verdünnung	30	24 (24)	13 (16)	10 - 15
Summe	100 (100)				21 (19)	
Fütterung Tierbestand		N-Optimierung 20 % Reduktion		10 20	13 12	20 75

Quelle 1990: FAL-Bericht Nr 26, 1997

\* Emissionsfaktoren

offen = 2\* Emissionen geschlossen; diagonal gelüftet = 1.25\* Emissionen geschlossen  
2000 => 0.4\*2 + 0.6\*1.25 = 1.55 => 100%;

Minderung durch Kapselung offener Anlagen: 0.8 \* 0.4\*2= 0.64;

Minderungspotential kollektiv = 0.64/1.55 = 0.41 => 41%

1990 => 0.2\*2 + 0.8 = 1.2 = 100%:

Minderung durch Kapselung offener Anlagen: 0.8 \* 0.2\*2= 0.32;

Minderungspotential kollektiv = 0.32/1.2 = 0.27 => 27%

\*\* Quelle: FAT-Bericht Nr. 496, 1996

<sup>7</sup> 'Ammoniak-Emissionen Schweiz – Stand, Entwicklung, technisch und betriebswirtschaftliche Möglichkeiten zur Reduktion, Empfehlungen'. Herausgegeben von der FAL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Liebefeld) und der FAT (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon), 1996

<sup>8</sup> 'Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials'. Schriftenreihe der FAL 26, 1997



Bei der Schweinehaltung kann neben der emissionsarmen Lagerung und Ausbringung auch eine optimale Luftführung, in Verbindung mit Abluftreinigung massgeblich zur Minderung der Ammoniak-Emissionen beitragen.

Die proteinarme Fütterung und die Reduktion des Tierbestands sind Massnahmen mit wirtschaftlichen und sozialen Folgen. Bei der proteinarmen Fütterung beruht dies darauf, dass vermehrt Krafffutter statt Rauhfutter eingesetzt werden muss. Die mit der proteinarmen Fütterung und mit der Reduktion des Tierbestandes verbundenen spezifischen Kosten für die Minderung der Ammoniak-Emissionen werden als deutlich höher geschätzt als diejenigen für technische Massnahmen im Sinne der LRV.

Auf die Umsetzung von lufthygienisch begründeten Massnahmen wird in den Anhängen 3-5 näher eingegangen. Kurz beschrieben werden darin die Möglichkeiten zur Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen:

- bei Hofdüngerlagerung
- bei Hofdüngeraustrag
- durch Gülleaufbereitung

## **Fazit**

Die übermässige Stickstoffbelastung empfindlicher Ökosysteme, kann nicht mit einzelnen Massnahmen allein behoben werden. Das mit technischen Massnahmen effektiv realisierbare Potential zur Reduktion der NH<sub>3</sub>-Verluste wird ohne Tierabbau auf 20 – 30 % geschätzt. Aufgrund der Entlastungswirkung und Kosteneffizienz stehen die Kapselung von Lageranlagen, die optimale Luftführung sowie die emissionsarme Gülleverteilerung im Vordergrund.

Die einzelnen Massnahmen sind bezüglich Entlastungswirkung voneinander abhängig. Die Minderungswirkung von Massnahmenkombinationen ist niedriger als die Summe der möglichen Entlastungsbeiträge von einzelnen Massnahmen. Ammoniak-Verluste im vorgelagerten Bereich, z.B. bei der Tierhaltung oder bei der Hofdüngerlagerung können durch nachgelagerte Anstrengungen mit Schleppschlauchaustrag nicht kompensiert werden. Umgekehrt kann bei Verzicht auf emissionsarmen Austrag die Wirkung von vorgelagerten Massnahmen teilweise wieder verloren gehen. Die zum Schutz der Umwelt notwendige Entlastung bei den Ammoniak-Emissionen verlangt eine Kombination aller betriebs- und produktionstechnisch vertretbaren Massnahmen.

Bei der Umsetzung von technischen Massnahmen zur Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen sind die betrieblichen Rahmenbedingungen zu beachten: z.B.

- Grösse des Tierbestands (Verhältnismässigkeit);
- unterschiedliche Flächen-Nutzung (z.B. Ackerland, Grünland);
- Bodenverhältnisse (z. B. Moor, Sand, Ton, Steinanteil) sowie
- Topografie (z.B. Hanglage).

Neben der Reinigung der befestigten Laufhöfe (FAT-Bericht 497) sind auch bauliche Anforderungen für die emissionsarme Tierhaltung unter Freilaufbedingungen festzulegen und anzuwenden.

Die Möglichkeiten der Reduktion der N-Ausscheidung durch angepasste Fütterung sind durch landwirtschaftliche Fachstellen zu prüfen und im Rahmen der ökologisch vertretbaren Möglichkeiten umzusetzen.

Die Anpassung der Tierbestände an die nachhaltig nutzbaren Grundlagen darf nicht weiter tabuisiert werden. Die Kostenfolgen solcher Eingriffe sind u.a. auch unter dem Gesichtspunkt der Güterabwägung gegenüber dem langfristigen Schutz naturnaher empfindlicher Ökosysteme (z.B. Wälder) zu betrachten.

# Technische Informationen zur Güllelagerung

---

## Güllelager

### Allgemeines

Die Ammoniak-Emissionen aus Lagereinrichtungen steigen mit der Grösse der Austauschoberfläche, der Ammoniakkonzentration in der Flüssigphase (Güllezustand, pH, Temperatur) und dem Konzentrationsgefälle gegenüber der umgebenden Gasphase. Das Konzentrationsgefälle ist ausschlaggebend für die Emissionsfrachten und ist direkt abhängig von der Lüftererneuerung. Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen sind als Produkt aus  $\text{NH}_3$ -Konzentration und Luftwechsel-Volumenstrom anzusehen.

Bei der Lagerung von Hofdünger entweichen rund 10 bis 20 % der Stickstoffmengen die bei der Tierhaltung heute insgesamt verloren gehen. Durch Abdeckungen von Flüssigmistlagern<sup>9</sup> lassen sich diese Emissionen mit angemessenem Kostenaufwand deutlich reduzieren.

In der Schweiz dominierten bisher geschlossene Güllebehälter. Seit einigen Jahren wurden vor allem aus technischen und wirtschaftlichen Überlegungen offene Güllebehälter bevorzugt.

### Abdeckung

Durch Abdeckung oder Kapselung von Anlagen in denen Flüssigdünger transportiert oder gelagert wird kann die Lüftererneuerung und damit der Austritt von flüchtigen Stoffen wie Ammoniak oder geruchsaktiven Begleitkomponenten wirksam reduziert werden. Die Abdeckung von Lageranlagen kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Gute Wirkungen zeigen feste Abdeckungen, Zeltdächer oder fixierte Schwimmfolien, die am Behälterranda nahezu luftdicht abschliessen. Nach einschlägigen Studien liegt das Minderungspotential von solchen Abdeckungen im Bereich von 60-95 % (Tab. 3, UN/ECE Kodex<sup>10</sup> und UBA-Bericht<sup>11</sup>). Bei einer nahezu geschlossenen Abdeckungen beträgt die Minderung der Ammoniakverluste rund 95 %. Flexible Abdeckungen wie Zelte, Schwimmfolien oder feinmaschige Windbarrieren sind weniger wirksam, eignen sich dafür zur Nachrüstung offener Güllesilos und sind relativ preiswert.

Mit einer Abdeckung wird in der Regel auch eine Minderung der Geruchsemissionen erreicht und die Lagerkapazität durch Fernhalten des Regenwassers um etwa 10-15 % erhöht.

Auch natürlich ausgebildete Schwimmdecken können die Verluste mindern. Die Emissionsminderung von solchen Schwimmdecken ist aber nicht so hoch und vor allem nicht dauerhaft. Die Rückhaltewirkung wird beeinflusst durch den Festkörpergehalt (Stroh-, Spülwasseranteil), die Grösse der Austauschoberfläche sowie die Häufigkeit der Durchmischung und Niederschläge<sup>12</sup>. Die Schweizer Rindvieh-Gülle mit einem durchschnittlichen Feststoffgehalt von 3-4% ist relativ dünn, was die Bildung einer Schwimmdecke erschwert.

---

<sup>9</sup> Flüssigmist umfasst Gülle und Jauche. Gülle besteht aus den festen und flüssigen Ausscheidungen der Haustiere vermischt mit Einstreuresten sowie Reinigungswasser. Als Jauche wird der Harnanteil sowie der Sickersaft von Festmist bezeichnet.

<sup>10</sup> UN/ECE, 2000: Framework Advisory Code of Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Ammonia Expert Group, September 2000. In: SAEFL (2001).

<sup>11</sup> „Ermittlung des Standes der Technik der Ammoniak-Emissionsminderung insbesondere bei der Rinderhaltung“ in Texte Umweltbundesamt 13/94

<sup>12</sup> Der Aufbau einer emissionswirksamen natürlichen Schwimmdecke ist erst nach 4 bis 6 Wochen wieder erreicht. Beim Homogenisieren des Flüssigmistes oder nach starken Niederschlägen werden die Schwimmdecken zerstört. Die durchschnittliche  $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung für intakte, geschlossene, natürliche Schwimmdecken liegt deshalb nur bei ca.

## Betrieb

Infolge des Abbaus der organischen Substanzen werden bei der Lagerung tierischer Exkrememente neben Ammoniak auch Methan, Kohlendioxid und andere Gase freigesetzt. Methan entsteht ausschliesslich unter anaeroben Bedingungen. Lachgas entsteht unter anaeroben Bedingungen in Gegenwart von Oxidationsmitteln wie Nitrit. Offene Güllelager mit Schwimmdecken begünstigen die Umwandlung von reduziertem Stickstoff in das klimarelevante Lachgas.

Der Umgang mit dem Lagergut kann die Emissionen stark beeinflussen. Gülle wird, je nach Ausbringturnus bzw. Lagerungssystem häufig umgerührt (im Winter etwa einmal monatlich und im Sommer je nach Bedarf mehrmals wöchentlich für rund 15 Min bis eine Stunde). Dabei kann die Ammoniak-Freisetzung um ein Vielfaches höher sein als bei unbewegter Oberfläche.

Bei offener Lagerhaltung und einer wöchentlichen Durchmischung während 15 Min verdoppeln sich die Emissionsraten<sup>13</sup>. Aus einem offenen Lagertank mit einem Fassungsvermögen von 500 m<sup>3</sup> Gülle und einer freien Oberfläche von 125 m<sup>2</sup> (Füllhöhe 4m) werden mit obiger Mischpraxis pro Stunde im Durchschnitt 600 g NH<sub>3</sub> verflüchtigt<sup>14</sup>. Diese Fracht liegt deutlich über der Bagatelleschwelle von Anhang 1 Ziffer 6 LRV und führt unter der Annahme einer natürlichen Lüfterneuerung zu einer Emissionskonzentration über 100 mg/m<sup>3</sup> über der Lageroberfläche. Diese Konzentration liegt über dem Emissionsgrenzwert der LRV für Quellen mit gefassten Emissionen.

Neben der Abdeckung sind in der Vergangenheit zahlreiche Alternativen zur Emissionsminderung erprobt worden. Diese sind oft nur teilweise wirksam und verursachen in der Regel mehr Begleitaufwand und höhere Betriebskosten. Eine Behandlung mit Chemikalien ist hinsichtlich Wirkungen und Nebenwirkungen in der Regel nicht abgesichert. Das Ansäuern von Flüssigmist verbessert die NH<sub>3</sub>-Bindung und die Geruchscharakteristik, jedoch nicht die Geruchskonzentration. Mit einer Anhebung des pH-Wertes (Steinmehl-, Kalk- oder Aschegaben) ist eine verstärkte Freisetzung von Ammoniak verbunden. Nachteilig ist auch eine unregelmäßige Belüftung mit grösseren Luftmengen. Sie bringt zwar eine Geruchsminde- rung, erhöht aber die Ammoniakverluste und Energiekosten. Mit einem gezielt dosierten Lufteintrag lassen sich Qualitäts- und Geruchsverbesserungen ohne Ammoniakverluste erzielen. Eine solche aerobe Stabilisierung ersetzt die Abdeckung aber nicht.

## Festmist

Bei der Mistlagerung<sup>15</sup> sind die Möglichkeiten zur Emissionsminderung begrenzt. Eine Abdeckung wäre wünschenswert, ist aber in der Regel nicht praktikabel. Ansonsten sollte der Miststapel dreiseitig umwandet sein, um die Ammoniak-Verflüchtigung durch Abschirmung und eine saubere Sickerwasser-Fassung mit kurzer Ableitungsstrecke zu reduzieren.

## Fazit

Durch bauliche und betriebliche Massnahmen kann die Ammoniak-Freisetzung während der Lagerung von Gülle und Mist wirksam reduziert werden. Im Sinne der Vorsorge (Art. 4 und Art. 6 LRV) und einer guten landwirtschaftlichen Praxis müssen Lagereinrichtungen für flüssigen Hofdünger darum so konstruiert und betrieben werden, dass Ammoniak- und Geruchs-Emissionen möglichst vermieden werden (Abb. 3.1). Offene Güllebehälter oder Gülleteiche erfüllen diese Anforderungen nicht und sind deshalb nicht vorsorgekonform.

---

35 %. Auch künstliche Schwimmdecken, z.B. mit gehäckseltem Stroh (4-8 kg/m<sup>2</sup> Oberfläche) müssen entsprechend periodisch erneuert werden. Die volle Ammoniak mindernde Wirkung wird danach erst nach ca. 1 Woche erreicht.

<sup>13</sup> Sven Sommer et al. (1993): Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover. Journal of Agricultural Science, 121, 63-71.

<sup>14</sup> Emissionsrate 0.5 g NH<sub>3</sub>-N/m<sup>2</sup>/h \* 125 m<sup>2</sup> \* 17 g NH<sub>3</sub>/Mol / 14 g N/Mol

<sup>15</sup> Mist oder Festmist ist ein Gemisch aus Kot und Harn mit Einstreu.

Durch die Abdeckung werden neben den Emissionen von Ammoniak auch diejenigen von Geruchsstoffen und von Lachgas vermindert bzw. verhindert.

Die technischen Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen bei der Hofdüngerlagerung wurden von der FAL-IUL evaluiert und bezüglich Emissionsreduktionspotential bewertet (FAL-IUL/FAT, 1996; FAL, 1997). Sie sind auch im UN/ECE-Kodex betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen aufgeführt (UN/ECE, 2001).

Für Lageranlagen von Hofdünger sind neben den baulichen und betrieblichen Anforderungen nach Gewässerschutzgesetz auch diejenigen des Umweltschutzgesetzes, insbesondere der Luftreinhaltung, zu berücksichtigen. Die Kapselung bzw. Abdeckung von Kanälen und Güllelagern ist Stand der Technik und somit gestützt auf Artikel 4 LRV für Neuanlagen generell zu fordern (Abb. 3.2). Zum Schutz vor Vergiftungen und Explosionsgefahr ist dabei eine gefahrlose Ableitung der Gärgase sicherzustellen.

- Gülle- und Jauchebehälter und die zugehörigen Sammelkanäle sind mit einer festen Abdeckung zu versehen; andere Abdeckungsmaßnahmen sind zulässig, wenn sie bezogen auf Ammoniak einen Emissionsminderungsgrad von mindestens 80 % erreichen.
- Bei Hochbehältern mit fester Abdeckung und solchen mit Zeltdächern kann der Zuschlag für das anfallende Niederschlagswasser bei der Berechnung der minimalen Lagerkapazität entfallen.
- Restemissionen sind so abzuleiten, dass keine übermässigen Immissionen entstehen (Ammoniak-Emissionsgrenzwert Anhang 1 Ziffer 6 LRV; Ableitungsgrundsatz Artikel 6 Absatz 1 LRV) und eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann (Merkblatt Gasgefahren der Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL) sowie FAT-Bericht 385 (1990)).
- Bestehende Anlagen sind entsprechend Art. 7, 8 und 10 LRV anzupassen. Sanierungsbedarf und Fristen sind möglichst nach Rücksprache mit den landwirtschaftlichen Beratern einzelbetrieblich abzustimmen.

### Hofdüngerlager abgedeckt

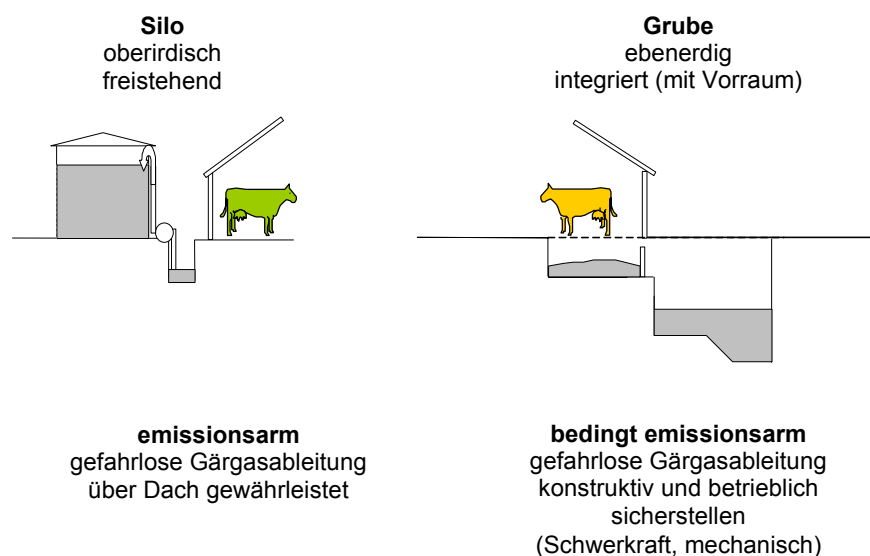


Abb. 3.1 Lagerung von flüssigem Hofdünger: Umsetzbarkeit von lufthygienischen und sicherheitstechnischen Anforderungen bei typischen Anlageformen.

## Emissionsarme Güllelagerung Kapselung - Ablufführung und Abluftableitung

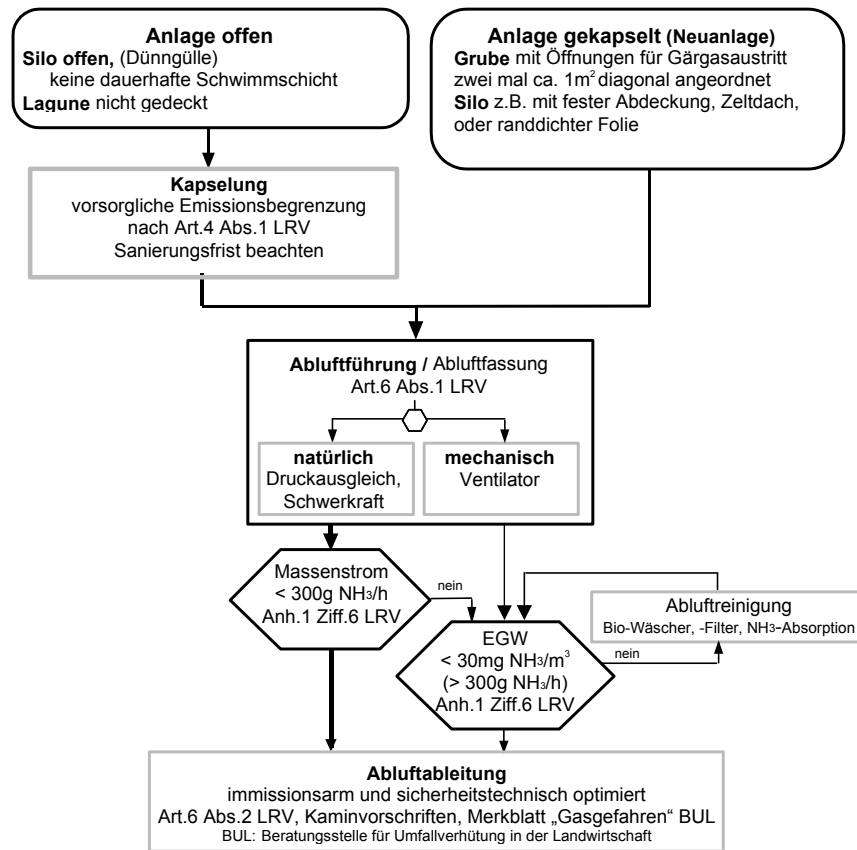


Abb. 3.2 Lufthygienische und sicherheitstechnische Anforderungen an die Kapselung von Lageranlagen.

Tab. 3.1:  $\text{NH}_3$ -Emissionsminderung und Kosten verschiedener Behälterabdeckungen (Orientierungswerte)<sup>1,2,3</sup>.

Rindviehhaltung	Emissionsminderung im Vergleich zu nicht abgedeckten Behältern*		Kosten	Bemerkungen
	%	kg N pro GVE u. Jahr (gerundet)		
natürliche Schwimmdecke	30 – 40 %	1.4 kg N/(GVE*J)		> 5 - 7% Festkörperanteil, nicht für häufigen Austrag
Strohhäckseldecke	40 - 70 %	2.5 kg N/(GVE*J)	ca. Fr. 22.--	Erhöhte Lachgas und Methan-Emissionen
Zeltdach bzw. Schwimmfolie (randdicht)	80 %	3.2 kg N/(GVE*J)	ca. Fr. 40.--	statisch limitiert, bei Zeltdach, kein Niederschlagswasser
feste Abdeckung	70 – 95 %	4.6 kg N/(GVE*J)	Fr. 60 - 80.--	Bei Silos kein Niederschlagswasser

\* Werte gelten für Betriebe ohne Weidehaltung

\*\* Bei der Kostenberechnung wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

Nutzungsdauer 0,5 Jahr Strohhäcksel,  
15 Jahre schwimmende Folie und Zeltdach  
20 Jahre feste Abdeckung

Zinsanspruch = 8 % der halben Investitionskosten

Flüssigmistanfall 10 m<sup>3</sup> in 6 Monaten

Behälterhöhe = 4 m, Behälteroberfläche je GV = 2,5 m<sup>2</sup>

Ermittlung des Standes der Technik der Ammoniak-Emissionsminderung insbesondere bei der Rinderhaltung.

1) Umweltbundesamt Berlin, UBA Texte 13/94

2) SAEFL (2001)

3) FAL-IUL/FAT (1996)

# Technische Informationen zur Hofdüngerausbringung

---

## **Allgemeines**

Das Ziel spezieller Techniken für die emissionsarme Gülleausbringung ist es, die Kontaktfläche zwischen Gülle und Luft sowie die Verweilzeit der Gülle auf dem Boden zu reduzieren. Neben der herkömmlichen Austragstechnik mit Druckfass und Prallteller werden auf dem Markt andere Techniken angeboten, die wesentlich weniger Emissionen verursachen.

### **Technische Möglichkeiten**

Emissionsärmere Ausbringtechniken für Gülle sind bereits erprobt (FAT-Bericht Nr 496): Verteilung mittels Schleppschläuchen, Schleppschuhen, Schlitzdrill- und Tiefeninjektions-systemen. Deren Einsatzmöglichkeiten sind jedoch teilweise eingeschränkt. Schlepp-schlauchverteiler sind unter den heute angebotenen Techniken zurzeit die viel-versprechendste Lösung für schweizerische Verhältnisse. Sie zeigen eine gute Wirkung und keine bedeutenden Nachteile, welche die Anwendung stark einschränken würden.

Abklärungen bei einzelnen Lieferanten haben ergeben, dass nach diversen Feldversuchen in der Schweiz praktisch nur das System mit Schleppschläuchen praxistauglich ist. Einzelne Systeme weisen Grenzen bei der Anwendung in Hanglagen oder unebenen und kleinen Parzellen auf.

Die Akzeptanz in der Praxis ist recht gross. Die ersten Geräte sind bereits seit 12 Jahren im Einsatz. Die durchschnittliche Breite der Schleppschlauchverteiler, beträgt neun Meter. „Lohnverschlaucher“ wenden Geräte mit Breiten von 12 – 15 Meter an. Anfänglich wurden breitere Systeme eingesetzt. Wegen der höheren Kosten (rund zweimal höher als Druckfass/Prallteller) werden diese Geräte meistens gemeinsam von mehreren Landwirten beschafft.

Im Gegensatz zur Gülle bieten sich für die emissionsarme Ausbringung von Mist bis heute keine Alternativen zur herkömmlichen Technik an. Wichtig ist aber insbesondere bei Ackerflächen die schnelle Einarbeitung nach dem Ausbringen.

## **Fazit**

Der Austrag von flüssigem Hofdünger mit Schleppschlauchverteiler ist auch in der Graswirtschaft möglich. Bezüglich Ammoniak-Emissionen kann eine Reduktionswirkung von 30 – 60 % gegenüber Austrag mit Prallteller erwartet werden. Die Massnahme ist punktuell bereits umgesetzt. Mit diesem System kann der Landwirt besser dosieren und gewinnt mehr Spielraum bei der Wahl des Zeitpunkts für den Austrag. Durch Senkung der Geruchs-emissionen verbessert sich zudem die Akzeptanz in der Umgebung.

Der verbesserte Stickstoffeintrag in den Boden erfordert aber eine sorgfältigere Nährstoff-bilanzierung sonst kann es zu unerwünschten Verlusten ins Grund- und Quellwasser kommen.

Tab. 4.1 Ausbringsysteme (Quelle: FAT Berichte Nr. 496)

System	Ausbring-Menge [m <sup>3</sup> /ha]	Vorteile	Nachteile
<b>Breitverteiler</b> (Prallteller) Kosten mit Druckfass rund Fr. 8000.-	20	Für Ackerbau u. Wieseland Gefahr der Narbenschäden gering, auch in schwierigem Gelände nutzbar	Hohe Verluste Bodenpressung
<b>Schleppschauch</b> (Ausbringung mit hängenden Schläuchen)  Kosten: rund Fr. 16'500.- (ohne Pumpe und Verschlauchung)	20 - 30	Emissionsreduktion 30 –60 % Für Ackerbau u. Wieseland. Hohe Verteilpräzision. Anwendung bei schlechten Bedingungen möglich. Keine Narbenverschmutzung	Verstopfungsprobleme Mixer u. Abschneider nötig Eingeschränkte Hangtauglichkeit Austrag auf unförmige Parzellen schwierig
<b>Schleppschuh</b> (Ausbringung wie oben, am Schlauchende befindet sich eine schuhähnliche Verstärkung, die den Boden leicht aufritz) Kosten: Fr. 25'000 – 30'000.-	20 – 30	40-70 % Emissionsreduktion Für Ackerbau u. Wieseland. Hohe Verteilpräzision Anwendung bei schlechten Bedingungen möglich. Anschluss an Druckgefäss möglich	Schwerer als Schleppschauch Verstopfungsprobleme Eingeschränkte. Hangtauglichkeit Abschwemmgefahr in durchlässige Böden Teurer als Schleppschauch Kaum Vorteile gegenüber Schleppschauch; Bodenpressung

Tab. 4.2 Organisatorische Massnahmen zur Vermeidung hoher Ammoniakverluste  
(Auszug Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001)

Kriterium	Risiko für hohe NH <sub>3</sub> -Verluste			GLP gute landwirtschaftliche Praxis beim Ausbringen von Flüssigdünger
	hoch	mittel	gering	
<b>Witterung</b>	heiss, trocken, windig	kühl, feucht windstill	leichter Niederschlag	Kühl feuchte Witterung, später Nachmittag oder Abend, kurz vor oder während leichtem Regen
<b>Verdünnung</b>	unverdünnt	1:1 verdünnt	über 1:2 verdünnt	Rindviehvollgülle mindestens 1:1, besser 1:2 verdünnen, kotarme Gülle (Schweine) mindestens 1:2 oder mehr verdünnen
<b>Boden- zustand</b>	wassergesättigte, ausgetrocknete, verdichtete oder verschlammte Böden; verkrustete Oberflächen	Feuchter, aufnahmefähiger Boden	Wenig feuchter, aufnahmefähig er Boden	Gülle nur auf aufnahmefähigem Boden ausbringen

# Informationen zur GÜlleaufbereitung

## Allgemeines

Die GÜlleaufbereitung wird derzeit im In- und Ausland in Pilotprojekten mit hohem Forschungs- und Entwicklungsaufwand untersucht und erprobt.

Zielsetzung einer GÜlleaufbereitung sind:

- Steigerung der Umweltverträglichkeit (Vermeidung der Stickstoff- und Phosphorverluste)
- Verbesserung der technologischen Eigenschaften der Endprodukte
- Reduktion des Geruchs während der Lagerung und Ausbringung
- Erhöhung des Düngerwertes durch Konzentrieren der Wertsustanzen
- Hygienisch einwandfreie Endprodukte
- Reduktion des Volumens
- Wassereinsparung

## Technische Massnahmen

Die bisherigen Ansätze zur GÜlleaufbereitung beanspruchen aufwendige technische Investitionen und ergeben hohe Betriebskosten, die im Wesentlichen vom Energieverbrauch bestimmt werden. Die verschiedenen technischen Stufen einer möglichen Variante zur GÜlleaufbereitung sind in Abb. 5.1 schematisch dargestellt. Der Einsatz solcher Techniken ist kaum dezentral möglich. Die Verfahren sind voraussichtlich erst dann wirtschaftlich, wenn die Wertschöpfung in Form von Erträgen aus Nebenprodukten (Salzen, Kompost, Biogas) deutlich über dem heutigen Niveau liegt und/oder die Minderung der Ammoniak-Verluste als ökologische Leistung finanziell abgegolten werden kann.

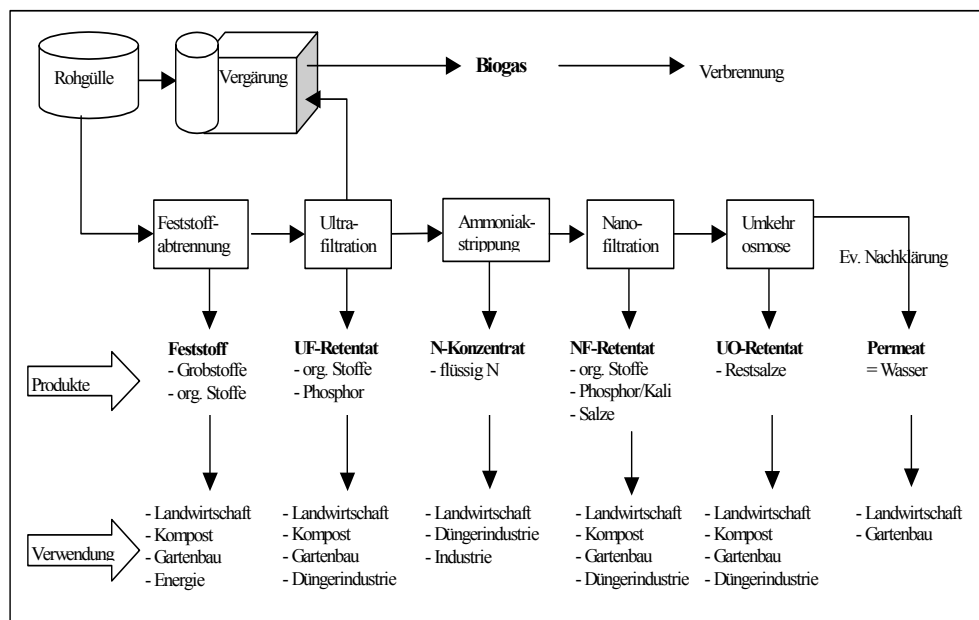


Abb. 5.1: „Mögliche Variante zur GÜlle-Aufbereitung“ Auszug Projektstudie AfU LU, Mai 2001

Die in der GÜlle enthaltenen Nährstoffe werden in verschiedene Komponenten getrennt bzw. aufkonzentriert. Die dabei anfallenden Komponenten werden so aufbereitet, dass diese gezielt als Dünger in der Pflanzenproduktion eingesetzt werden können. Das dabei



anfallende Abwasser kann als Prozesswasser wieder verwendet oder muss separat entsorgt werden.

Die Prozess-Schritte der Gülleaufbereitung sind so zu abzustimmen, dass der Stickstoff gebunden bleibt und Ammoniak-Verluste somit vermieden werden. Die Produkte der Aufbereitung können als hochwertige Flüssigdünger verwendet werden. In dieser Form sind sie gut dosierbar und bieten im Vergleich zu unbehandelter Gülle mehr Flexibilität im Hinblick auf Nährstoffbedarf und Ausbringzeitpunkt.

Für Betriebe, bei denen mit dem Hofdünger mehr Nährstoffe anfallen, als zur bedarfsgerechten Düngung ihrer unmittelbar umliegenden Flächen nötig sind, ergeben sich unter Umständen positive Ansätze für die Aufbereitung.

### **Fazit**

Die Gülleaufbereitung muss in erster Linie dem Ziel der Reduktion der Ammoniak-Verluste dienen. Die gleichzeitige Reduktion der Phosphorüberschüsse muss als positiver Nebeneffekt betrachtet werden.

Im Interesse einer (umweltgerechten Hofdüngernutzung am Entstehungsort, einer energieoptimierten landwirtschaftlichen Produktion und kurzen Transportwegen ist darauf zu achten, dass das Problem der Hofdüngerüberschüsse in erster Linie in den betroffenen Regionen gelöst wird. Eine betriebsfremde Verwertung der aufbereiteten Nährstoffe muss mit entsprechenden Rahmenbedingungen verhindert werden, damit eine „heimliche“ Aufstockung vermieden werden kann.

## Anhang 6

# Mögliche Massnahmen in der Kompetenz des Bundes zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für einen wirksamen Vollzug

Ziele/Forderungen	Instrumente	Rechtsbasis	FF*	P*
<sup>1</sup> Aufnahme lufthygienischer Kriterien in den ökologischen Leistungsnachweis (Anreizstrategie) und entsprechende Anpassung der DZV	Erweiterter ökologischer Leistungsnachweis	Art. 70, Abs. 2 LwG, DZV	BLW	1
<sup>2</sup> Bezüglich Lufthygiene abgestimmte Auszahlungskriterien für Ökobeiträge und einheitliches Sanktionsschema	lufthygienisch abgestimmte Auszahlungskriterien	Art. 70 Abs. 4 LwG; Art. 3 - 11 LRV	BLW	2
<sup>3</sup> Abstufung von DZ nach betrieblichen Intensitäten und N-Verlusten	Ergänzung in DZV	Art. 6 DZV	BLW	2
<sup>4</sup> Streichung der Toleranzwerte und Beibehaltung des pflanzenverfügbaren N-Anteils	Streichung Toleranzwerte	Ziff.2 Abs 3 Anhang DZV und StoV	BLW	2
<sup>5</sup> Massnahmen zur Sicherung der Nachhaltigkeit beim N-Kreislauf evaluieren	Katalog und Anleitung für Erfolgskontrolle	Verordnung über Nachhaltigkeit <sup>16</sup>	BLW	2
<sup>6</sup> Ökologische Verwertung der Hofdünger fördern (Verstärkung der Beratung)	Nation. und Kant. Förderprogramme	Art. 87, 89, LwG; Agrarpolitik 2002 und 2007	BLW	2
<sup>7</sup> Anforderungen für emissionsarmen Hofdüngeraustrag formulieren	Richtlinien	GSchG; Art. 4 LRV	BLW BUWAL	1
<sup>8</sup> Praxisanleitungen zur einzelbetrieblichen Reduktion der NH <sub>3</sub> -Verluste erarbeiten	Praxisanleitungen Emissionserklärung	Art. 3 - 11 LRV, DZV	BLW BUWAL	2
<sup>9</sup> Wegleitung Gewässerschutz in der Landwirtschaft überarbeiten	Überarbeitung Wegleitung	Wegleitung GSch BUWAL/BLW	BUWAL BLW	2
<sup>10</sup> Empfehlungen für emissionsarme Stallsysteme bzw. Verwaltungsanleitung für emissionsarme Tierhaltungsformen erarbeiten	Ergänzung FAT-Empfehlung	Art. 70 Abs. 2 LwG sowie FAT Empfehlung	BLW BUWAL	1
<sup>11</sup> Mindestabstandsrichtlinie mit Kriterien für Freilaufsysteme ergänzen	Ergänzung FAT-Richtlinie	Anh. 2 Ziff.51 LRV FAT-Richtlinie 476	BUWAL BLW	2
<sup>12</sup> Lufthygienische Anforderung (Stand der Technik) für Hofdüngerlager und emissionsarmen Austrag festhalten	Mitteilung zur LRV	Art. 3 - 11 LRV	BUWAL	1
<sup>13</sup> Mitteilungen zum baulichen Gewässerschutz mit lufthygienischen Anforderungen ergänzen	Ergänzung der Mitteilung	Mitteilung BUWAL Nr. 12 (1993) Art. 3 - 11 LRV	BUWAL	1
<sup>14</sup> Rechtslage der LRV sowie Gleichwertigkeit von Critical Loads und Immissionsgrenzwerten nach Anhang 7 LRV in Mitteilung zur LRV festhalten	Mitteilung zur LRV	LRV	BUWAL	1
<sup>15</sup> Vorsorgliche Emissionsbegrenzungen für Anlagen der Tierhaltung (LRV-Revision) prüfen	Ergänzung Anhang 2 Ziff. 51 LRV	Art. 3 - 11 LRV	BUWAL	2

\* FF = Federführung

P = Prioritäten (Relevanz, Realisierbarkeit, Dringlichkeit)

1 = sehr hoch, 2 hoch

<sup>16</sup> Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft (SR 919.118)

## 7. Literatur

- Amann, M., Bertok, I., Cofala, J., Gyarmas, F., Heyes, Ch., Klimont, Z., Schöpp, W., 1999: Inetgrated Assessment Modelling for the Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone in Europe. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Department for Air and Energy, The Hague, The Netherlands. Report Lucht & Energie nr. 132 (November 1999), 65 pp.
- BBI, 1999: Bericht über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone vom 23. Juni 1999 (Bericht des Bundesrates ans Parlament). BBI 1999, 7735.
- BLW/BUWAL, 1996: Düngen zur richtigen Zeit. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern (1996)
- BUWAL, 1996a: Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Federal Office of Environment, Forests and Landscape. Environmental Series No. 275 (1996), 82 pp.
- BUWAL, 1996b: Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Schriftenreihe Umwelt Nr. 273 (1996), 142 pp.
- BUWAL, 1996c: Erläuterungen über Düngung und Umwelt, Vorschriften und Empfehlungen des Bundes. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Vollzug Umwelt (August 1996), 75 pp.
- EMEP, 1999: Transboundary Acid Deposition in Europe. EMEP Summary Report 1999. Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transboundary Air Pollutants in Europe. Report 1/99 (July 1999), 246 pp.
- FAL-IUL/FAT, 1996: Ammoniak-Emissionen Schweiz. Stand, Entwicklung, technische und betriebswirtschaftliche Möglichkeiten zur Reduktion, Empfehlungen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) des Eidg. Volkswirtschaftsdepartementes (EVD) im Rahmen der Bundesratsbeschlüsse zu den kantonalen Massnahmenplänen Luftreinhaltung. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) – Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL) Liebefeld, 3003 Bern, und Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), 8356 Tänikon (Oktober 1996), 61 pp.
- FAL, 1997: Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz - Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern. Schriftenreihe der FAL 26 (1997), 107 pp.
- FAT, 1996: Ammoniakverluste nach der Hofdüngeranwendung. FAT-Bericht Nr. 486 (1996), 12 pp.
- FAT, 1997: Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern? FAT-Bericht Nr. 496 (1997), 12 pp.
- LDK/BLW, 1995: Bericht über die Harmonisierung des Vollzugs im Gewässerschutz zuhanden der kantonalen Vollzugsbehörden. Kantonale Landwirtschaftsdirektoren-Konferenz, Bundesamt für Landwirtschaft, Ende Juni 1995.
- Meteotest, 1999: Deposition von Stickstoffverbindungen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Lufthygieneamt beider Basel, Liestal / Meteotest, Bern (1999), 42 pp.
- Rihm, B., 2001: Exceedance of critical loads of nitrogen in Switzerland for different ammonia emission reduction scenarios. In: UN/ECE Ammonia Expert Group, Berne, 18-20 September 2000, Proceedings. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Environmental Documentation No. 133, Berne (2001).
- SAEFL, 2001: UN/ECE Ammonia Expert Group, Berne, 18-20 September 2000, Proceedings. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Environmental Documentation No. 133, Bern (2001), 157 pp.
- UN/ECE, 1994: United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution on Further Reduction of Sulphur Emissions, done at Oslo, Norway, on 14 June 1994 ([www.unece.org/env/lrtap](http://www.unece.org/env/lrtap)).
- UN/ECE, 1996: United Nations Economic Commission for Europe. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Manual on methodologies and criteria for mapping Critical Levels/Loads and geographical areas where they are exceeded. Federal Environmental Agency (Ed.), UBA-Texte 71/96, Berlin (September 1996), 215 pp.
- UN/ECE, 1999a: United Nations Economic Commission for Europe. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone, done at Göteborg, Sweden, on 1 December 1999 ([www.unece.org/env/lrtap](http://www.unece.org/env/lrtap)).

UN/ECE, 1999b: United Nations Economic Commission for Europe. Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Decision 1999/1 on the Guidance Documents for the Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. ECE/EB.AIR/68, 27 December 1999 ([www.unece.org/env/lrtap](http://www.unece.org/env/lrtap)).

UN/ECE, 2001: Framework Advisory Code of Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Ammonia Expert Group, EB.AIR/WG.5/2001/7.

WHO, 2000: Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. WHO Regional Publications, European Series, No. 91 (2000), 273 pp.