

Konferenz der Landwirtschaftsämtler der Schweiz (KOLAS)

Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft

Erarbeitet von der KOLAS-Arbeitsgruppe Ammoniak in
Zusammenarbeit mit den Beratungszentralen AGRIDEA

Am 30. Mai 2006 von der KOLAS-Vollversammlung zur
Kenntnis genommen und am 26. Juni 2006 vom KOLAS-
Vorstand verabschiedet.

Sissach, 28. Juni 2006

Impressum

Herausgeber: Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS)

Redaktion: Beratungszentralen AGRIDEA

Bericht: KOLAS Arbeitsgruppe Ammoniak bestehend aus

Hans Stettler, Landwirtschaftsamt Kanton Thurgau (Vorsitz)

Erich Waldmeier, AGRIDEA Lindau (Moderation)

Josef Blum, Dienststelle Landwirtschaft und Wald Kanton Luzern

François Bouquet, Abteilung Landwirtschaft Kanton Zürich

Michel Fischler, AGRIDEA Lausanne

Edith Gisiger, Bildungszentrum Wallierhof, Riedholz (SO)

Annelies Uebersax, AGRIDEA Lindau

An zwei Sitzungen waren zusätzlich Hans-Jörg Lehmann (Leiter Stabsstelle Ökologie, BLW, Information zum Programm „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“) und Heinz Hänni, Schweizerischer Bauernverband, anwesend.

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	1
2	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	2
3	Zusammenfassung	3
4	Einleitung, Ziele	4
5	Ausgangslage	4
6	Fachliche Grundlagen.....	4
7	Vorgehen in den Kantonen	5
7.1	Ausgangslage (IST-Zustand)	6
7.1.1	IST-Zustand auf nationaler Ebene	7
7.1.2	IST-Zustand auf regionaler Ebene	7
7.1.3	Empfehlungen für das Festlegen des IST-Zustands	7
7.2	SOLL-Zustand	8
7.3	Massnahmepakete	8
7.3.1	Vorgehen beim Festlegen von kantonalen Massnahmen	8
7.3.2	Massnahmenbereiche	9
7.3.3	Kriterien zur Beurteilung der Massnahmen	9
7.3.4	Priorisierung der Massnahmen	10
7.4	Umsetzung von Massnahmen.....	10
7.4.1	Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität.....	10
7.4.2	Massnahmen mit mittlerer Umsetzungspriorität	13
7.4.3	Massnahmen mit geringer Umsetzungspriorität.....	14
8	Empfohlenen Massnahmen nach Umsetzungsart	14
8.1	Beratung, Information, Aus- und Weiterbildung	14
8.2	Anreize	15
8.3	Vorschriften und Auflagen	16
9	Weiteres Vorgehen	16
10	Literatur.....	19
11	Anhang.....	20

2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über vorhandene fachliche Grundlagen	5
Abb. 1: Empfohlenes Vorgehen bei der Festlegung von Massnahmen zur Minderung von NH ₃ -Verluste in den Kantonen	6
Tabelle 2: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der Hofdünger-Ausbringung	11
Tabelle 3: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der Fütterung	12
Tabelle 4: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität in Stall und Laufhof	12
Tabelle 5: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der Hofdünger-Lagerung	13
Tabelle 6: Andere zur kurzfristigen Umsetzung empfohlene Massnahmen	13
Tabelle 7: Massnahmen mit mittlerer Umsetzungspriorität	14
Tabelle 8: Handlungsbedarf und Zuständigkeiten	17

3 Zusammenfassung

Zusammenfassung	Bericht
Aus verschiedenen Gründen (Gesetze, internationale Verpflichtungen, ökologische und agronomische Gründe, Image der Landwirtschaft) müssen die Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft reduziert werden. Die KOLAS hat eine Arbeitsgruppe mit folgenden Zielen eingesetzt:	Kapitel 5 Anhang 1
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufzeigen von Möglichkeiten zur Erhebung der Ist-Situation sowie des Handlungsbedarfs bez. Ammoniakverluste auf nationaler und regionaler Ebene. 2. Zusammenstellen aller bekannten Massnahmen im Sinne eines transparenten und ausführlichen Argumentariums für jede einzelne Massnahme, ungeachtet ihrer Wirkung und Realisierbarkeit. 3. Beurteilung der Massnahmen bez. Umsetzung. Erarbeiten einheitlicher Empfehlungen für die Umsetzung von Massnahmen zu Handen der Kantone. 4. Zusammenstellen von Grundlagen für die Information und Kommunikation der Kantone mit dem Ziel eines einheitlichen Auftretens der KOLAS-VertreterInnen in der Öffentlichkeit. 	Kapitel 4
Die KOLAS-Arbeitsgruppe Ammoniak hat eine Liste mit in der Schweizer Fachliteratur beschriebenen Massnahmen zusammengestellt. Sie hat die Massnahmen nach ihrer Effizienz, den Kosten, Zielkonflikten und der möglichen Umsetzungsart (Beratung/Bildung, Anreize, Vorschriften und Auflagen) beurteilt und daraus für jede Massnahme eine Umsetzungspriorität (hoch, mittel, tief) festgelegt.	Anhang 4 Kap. 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4
Die Arbeitsgruppe empfiehlt folgendes Vorgehen zur Umsetzung von Massnahmen in den Kantonen:	
1. Die Ausgangssituation bez. Ammoniakemissionen in allen Kantonen durch die kantonalen Umweltschutzämter in Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftsämtern bestimmen. Fachliche Grundlagen dazu bilden die Tierbestände gemäss Betriebsstrukturerhebung und die vom BLW zur Verfügung gestellten Emissionsfaktoren pro Tierkategorie.	Kap.7.1 Anhang 2
2. Bestimmen des SOLL-Zustandes durch die kantonalen Umweltschutz- und Landwirtschaftsämter	Kap. 7.2
3. Festlegen von Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Kantone / Regionen mit weniger als 38 kg NH₃-Emissionen / ha LN setzen das folgende Standardmassnahmenpaket um: „Organisatorische Massnahmen bei der Hofdünger-Ausbringung“ (Berücksichtigung der Witterung, des Boden- und Vegetationszustandes, saisonale Planung), „Einsatz von Schleppschlauchverteilern“, und „Gülleverdünnung“ und „Abdeckung neuer Güllegruben“. Das Standardpaket wird v.a. über Beratung / Information / Bildung und Anreize umgesetzt. • Kantone / Regionen mit mehr als 38 kg NH₃-Emissionen / ha LN führen eine detailliertere Abschätzung der Ammoniakverluste mit dem Modell DYNAMO durch. Sie setzen weitergehende, an die regionalen Verhältnisse hinsichtlich Standort, Produktion, Bauten usw. angepasste Massnahmen. Die Massnahmen werden mittels Beratung / Information / Bildung, Anreize und im Rahmen von Vorschriften und Auflagen umgesetzt. 	Abb. 1 Kap. 7.3.1
4. Die Kantone stellen die Finanzierung sicher (z. B. im Rahmen eines Ressourcenprogramms zur Steigerung der N-Effizienz des BLW) und sorgen dafür, dass die nötigen Rechtsgrundlagen geschaffen werden.	
5. Die Kantone setzen die Massnahmen um. Sie sorgen für ein angemessenes Monitoring von Emissionen und Umweltwirkung.	Kap. 7.4
Als weiteres Vorgehen empfiehlt die KOLAS-AG Ammoniak folgende Schritte:	Kapitel 9
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diskussion des Berichts der KOLAS mit KVU, BLW, BAFU; Unterbreitung des Berichts an LDK und BPUK. ➤ Überprüfen der empfohlenen Vorgehensweise in einem kantonalen oder regionalen Pilotprojekt, z. B. im Rahmen des neuen Ressourcenprogramms des Bundes. 	
Zusätzlich hat die Arbeitsgruppe den weiteren Handlungsbedarf und die Zuständigkeiten seitens der Bundes- und kantonalen Behörden, der Forschungsanstalten, AGRIDEA und dem SBV zusammen gestellt, um die Umsetzung in den Kantonen zu unterstützen.	Tabelle 8

4 Einleitung, Ziele

Die Landwirtschaft ist gefordert, die Ammoniakemissionen zu reduzieren. Die Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS) hat die Arbeitsgruppe „Ammoniak“ eingesetzt, um folgende Ziele zu erreichen:

1. Aufzeigen von Möglichkeiten zur Erhebung der Ist-Situation sowie des Handlungsbedarfs bzgl. Ammoniakverluste auf nationaler und regionaler Ebene (vgl. Kap. 5).
2. Zusammenstellen aller bekannten Massnahmen im Sinne eines transparenten und ausführlichen Argumentariums für jede einzelne Massnahme, ungeachtet ihrer Wirkung und Realisierbarkeit (vgl. Anhang 4).
3. Beurteilung der Massnahmen bzgl. Umsetzung. Erarbeiten einheitlicher Empfehlungen für die Umsetzung von Massnahmen zu Handen der Kantone (vgl. Kap. 5, 6, 7).
4. Zusammenstellen von Grundlagen für die Information und Kommunikation der Kantone mit dem Ziel eines einheitliches Auftreten der KOLAS in der Öffentlichkeit.

5 Ausgangslage

90 % der Ammoniakemissionen in der Schweiz oder ca. 45 kt Ammoniak-Stickstoff pro Jahr (Reidy und Menzi 2005 a) stammen aus der Landwirtschaft. Damit verlieren die Betriebe einerseits wertvollen Stickstoff. Andererseits wird der verlorene Ammoniak verfrachtet und führt bei der Deposition in empfindliche Ökosysteme wie Wälder, Riedflächen oder extensive Wiesen zur Überdüngung und damit zur Überschreitung der von der UN/ECE international festgelegten „Critical loads“ (BUWAL 2002; vgl. Anhang 1). Ammoniak trägt zudem zur Versauerung der Böden bei und fördert die Bildung von PM10-Partikeln in der Luft.

Soll die Landwirtschaft noch ökologischer produzieren und damit einen weiteren Beitrag leisten, dass die Critical Loads nicht überschritten werden, müssen die Emissionen gegenüber 1990 durchschnittlich um rund die Hälfte auf 20 – 30 kt NH₃-N pro Jahr reduziert werden (BUWAL 2005; vgl. auch Anhang 1). Um dieses Ziel zu erreichen, werden Regionen mit hoher Tierdichte entsprechend ihrem Anteil an den Emissionen mehr, viehschwache Gegenden weniger reduzieren müssen. Vollständig können die Ammoniakemissionen nie beseitigt werden, da – solange Landwirtschaft betrieben und Tiere gehalten werden - gewisse Emissionen unvermeidbar sind. Rund die Hälfte der heutigen Emissionen (20 – 30 kt NH₃-N pro Jahr) wird als ökologisch vertretbar erachtet (BUWAL 1996).

Die Luftreinhalteverordnung verpflichtet die Kantone, bei Nichteinhalten der Critical Loads Massnahmepläne zur Luftreinhaltung zu erarbeiten¹. Verschiedene Kantone (z.B. AR, SH, ZH) haben solche erarbeitet und vom Bund genehmigen lassen.

6 Fachliche Grundlagen

Als Basis für die Erarbeitung von Umsetzungsempfehlungen und -hilfen für Massnahmen zur Reduktion der Ammoniakverluste haben die Bundesämter BLW und BAFU (bis 31.12. 2005: BUWAL) bei den landw. Forschungsanstalten und der SHL mehrere Projekte in Auftrag gegeben. Mehrere

¹ Wörtlich: Die Behörde erstellt einen Massnahmenplan, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass trotz vorsorglicher Emissionsbegrenzung übermässige Immissionen verursacht werden. (Art. 31 der LRV, SR 814.318.142.1)

dieser Arbeiten basieren auf dem Modell „DYNAMO“, (Menzi et al. 2003) und konnten nicht abgeschlossen werden, da Fragen zum Modell aufgetaucht sind. DYNAMO wird deshalb gegenwärtig einer grundlegenden Review durch Experten² unterzogen. Nach Abschluss der Review wird über die weiteren Arbeiten an den Projekten entschieden.

Tabelle 1: Übersicht über vorhandene fachliche Grundlagen

Projekt	Auftraggeber	Projektleitung	Projektberichte	Bemerkungen
Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen	BAFU	INFRAS	BUWAL-Schriftenreihe Umwelt Nr. 273, 1996	
Ammoniakemissionen der Schweiz	BLW	FAL	FAL-Schriftenreihe Nr. 26 1997	
Bericht über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone zu Handen des Parlaments	Bundesrat		BBI, 1999	http://www.admin.ch/ch/d/ff/1999/7735.pdf
Agrarberichterstattung	BLW	BLW	Agrarbericht 2003 und 2004	http://www.blw.admin.ch/imperia/md/content/agrar-bricht_2004/d/1_3_oekologie.pdf , Kapitel 1.3 Ökologie
EMIBAU - Vorsorgliche Emissionsminderung bei Bauinvestitionen in der Landwirtschaft	BAFU	FAT	Schlussbericht elektron.: FAT-Bericht 641, 2005	http://www.fat.admin.ch/fat_publi/index.php ;
Emissionsminderung und deren Kosten bei Güllelagerung	-	FAT	FAT-Berichte 631 und 624, 2005	
Ammoniakemissionen einzelbetrieblich und regional	BLW, BAFU	FAL, FAT, LBL	Forschungsarbeiten im Gang, Grundlagen: erste Ergebnisse und Zwischenberichte	Das BAFU hat Nachberechnungen nach der Review von DYNAMO verlangt. Publikation frühestens Herbst 2006
Reduktion der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen	BAFU	SHL	Forschungsarbeiten im Gang, Grundlagen: erste Ergebnisse und Zwischenberichte	Das Modell „DYNAMO“, mit dem die Berechnungen durchgeführt wurden, befindet sich in Review (vgl. Kap. oben).
Neues Emissionsinventar 1990 bis 2000 mit Hochrechnungen bis 2003	BAFU	SHL	Forschungsarbeiten im Gang, Grundlagen: erste Ergebnisse und Zwischenberichte	
EMILA - Emissionsminderung und deren Kosten bei Güllelagerung	BAFU	FAT	Forschungsarbeiten im Gang, Grundlagen: erste Ergebnisse und Zwischenberichte	Das BAFU hat Nachberechnungen nach der Review von DYNAMO verlangt.

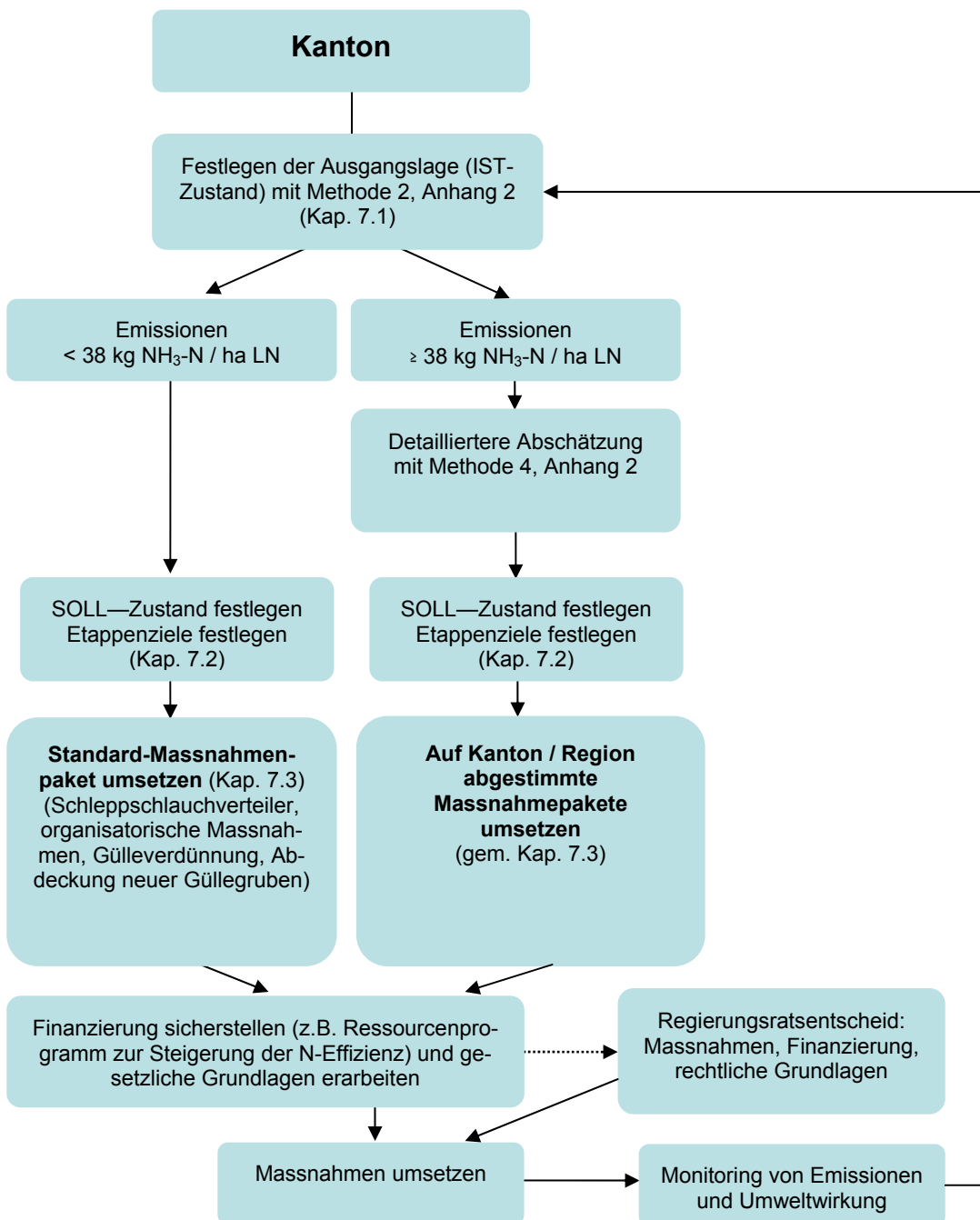
7 Vorgehen in den Kantonen

Zur Reduktion der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft können die Kantone wesentlich beitragen. Das empfohlene Vorgehen wird nachfolgend aufgezeigt. Um die Umsetzung durch die Kantone zu erleichtern, sind zusätzliche Aktivitäten des Bundes sowie der Forschung und der Beratung nötig.

In der folgenden Darstellung wird zusammenfassend der kantonale Ablauf von der Aufnahme der Ist-Situation über die Festlegung von Massnahmen bis hin zum Monitoring, wie ihn die KOLAS AG Ammoniak empfiehlt, aufgezeigt.

² Arbeitsgemeinschaft „Leuenberger Energie- und Umweltprojekte / Bonjour Engineering GmbH / airmess AG“

Abb. 1: Empfohlenes Vorgehen bei der Festlegung von Massnahmen zur Minderung von NH₃-Verlusten in den Kantonen



7.1 Ausgangslage (IST-Zustand)

Die Kenntnis der Ausgangslage bezüglich dem Umweltzustand und den landwirtschaftlichen Produktionsverhältnissen einer Region (Kanton, Teilgebiete eines Kantons) ist die Basis zur Definition kantonaler oder regionaler Massnahmenpakete. Auf dieser Basis kann ein standardisiertes Monitoring von Umweltzustand und Produktionstechnik aufgebaut und zur Erbringung des Wirkungsnachweises von Massnahmen verwendet werden.

Die Beurteilung des **Umweltzustandes** hinsichtlich N-Einträgen stützt sich heute in erster Linie auf das Kriterium „Critical loads“ (vgl. auch Anhang 1). Die Aufschlüsselung der gesamten N-Einträge in die Umwelt nach verschiedenen N-Verbindungen (z.B. N-Oxide, Ammoniak) ist heute quantitativ nicht möglich.

Zwischen der Flechtenvielfalt und dem gesamten Stickstoffeintrag besteht ein signifikanter Zusammenhang (vgl. Anhang 3). Neue Ansätze für einen qualitativen Wirkungsnachweis einzelner N-Verbindungen mittels Interpretation der Flechtenpopulation (säure- resp. basenliebende) werden zurzeit geprüft.

Das Messstellennetz über Ammoniakimmissionen ist zu wenig dicht, um einen stringenten Zusammenhang zu ergriffenen Massnahmen auf kantonaler und regionaler Ebene herzustellen.

Der Wirkungsnachweis auf der Basis des Stands der **Produktionstechnik** ist deshalb methodisch wichtig, weil die Wirkung quantitativ flächendeckend nicht direkt im Umfeld gemessen werden kann und weil die Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen mit Messungen nicht stringent nachgewiesen werden können. Ist die Ausgangslage hinsichtlich Produktionstechnik bekannt, kann aus den Veränderungen der produktionstechnischen Ausgangslage auf eine Veränderung der Emissionen geschlossen werden.

7.1.1 IST-Zustand auf nationaler Ebene

Die Ammoniakemissionen der Schweiz wurden von der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL) im Auftrag des BAFU für die Jahre 1990 und 2000 (mit Hochrechnung bis 2003) unter Berücksichtigung der produktionstechnischen Verhältnisse berechnet (Reidy und Menzi, 2005 a). Im Auftrag des BAFU modelliert die Firma METEOTEST die Ammoniakimmissionen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft) sowie die Stickstoff-Depositionen (kg N/ha/Jahr) in der Schweiz. Entsprechende Karten sind auf http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_luft/luftbelastung/karten/ zu finden.

7.1.2 IST-Zustand auf regionaler Ebene

Es ist Aufgabe der kantonalen Umweltschutzämter, den Ist-Zustand bezüglich Ammoniakemissionen und –immissionen auf regionaler Ebene zu schätzen bzw. zu messen. Nach aktuellem Stand der Kenntnisse kommen dazu vier methodische Ansätze zur Abschätzung in Frage (vgl. Anhang 2).

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) plant im Rahmen des Agrarumwelt-Monitorings eine Erhebung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft im Vierjahresrhythmus. Die dafür notwendigen Daten stammen aus verschiedenen Quellen (Daten aus der Betriebsstrukturerhebung, Daten aus einer repräsentativen Umfrage bei Betrieben zu Produktionstechnik, Stallsystemen usw.). Die Methodik und insbesondere die berechneten Emissionsfaktoren (mittlere Emissionsfaktoren für 24 Nutztierkategorien) sollen den Kantonen ebenfalls zur Verfügung stehen. Die koordinierte Datenerhebung und Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen müssen noch geklärt werden.

7.1.3 Empfehlungen für das Festlegen des IST-Zustands

Die KOLAS AG Ammoniak empfiehlt den Kantonen folgendes Vorgehen beim Festlegen des IST-Zustands bzgl. Ammoniakemissionen:

Alle Kantone: Grobe Abschätzung der Ammoniakemissionen anhand der Tierzahlen und Emissionsfaktoren, welche das BLW zur Verfügung stellt (Methode 2, Anhang 2).

Kantone mit unter 38 kg NH₃-N-Emissionen³ pro ha LN (dieser Wert kann kantonsspezifisch angepasst werden): Keine zusätzlichen Berechnungen nötig. Die Umsetzung / Förderung von Standardmassnahmen wird empfohlen.

Kantone mit über 38 kg NH₃-N-Emissionen pro ha LN (dieser Wert kann kantonsspezifisch angepasst werden): Detailliertere Abschätzung der Emissionen mit der Methode 4 gemäss Anhang 2, sobald diese einsatzbereit ist. Die Umsetzung weitergehender Massnahmen wird empfohlen.

7.2 SOLL-Zustand

Nachdem der IST-Zustand bestimmt ist, sind die kantonalen Ämter für Umwelt und Landwirtschaft aufgerufen, einen SOLL-Zustand zu definieren. Auf der Basis der Differenz zwischen IST- und SOLL-Zustand müssen Landwirtschafts- und Umweltverantwortliche den Handlungsbedarf ableiten und die Umsetzung von Massnahmen aktiv angehen.

Die rechtliche Basis für die Umsetzung bilden die Schutzziele und erforderliche Emissionsreduktionen gemäss Bundesrat (BBI 1999), das Protokoll von Göteborg (UN/ECE 1999) sowie die Verpflichtung der Kantone zu einem Massnahmenplan gemäss Luftreinhalteverordnung bei der Nicht-Einhaltung der Critical loads gemäss (BUWAL 2002). Eine Übersicht über die verschiedenen Ziele und Verpflichtungen ist im Anhang 1 dargestellt.

7.3 Massnahmepakete

Eine vollständige Massnahmenliste im Anhang 4 gibt einen Überblick über möglich Massnahmen ungeachtet ihrer Wirkung, Kosten, Zielkonflikte usw. Für die Festlegung der Umsetzungsprioritäten und –empfehlungen wurden folgende Kriterien berücksichtigt: Wirkung, Kosten (Investitionen und zusätzliche Jahreskosten), Kosten-Effizienz (Kosten pro kg NH₃-N-Reduktion), Zielkonflikte.

Eine Evaluation der schon durchgeführten Massnahmen bezogen auf Akzeptanz und Umsetzungsumfang wurde jedoch nicht vorgenommen.

7.3.1 Vorgehen beim Festlegen von kantonalen Massnahmen

- Liegen die Emissionen **unter 38 kg NH₃-N pro ha LN (resp. unter dem vom Kanton festgelegten Wert)**, sind keine weiteren Emissionsberechnungen nötig. Die KOLAS AG Ammoniak empfiehlt den Kantonen, ein **Paket mit Standardmassnahmen** umzusetzen. Die Standardmassnahmen weisen ein hohes Reduktionspotenzial auf, haben ein gutes Kosten-Nutzen Verhältnis und geniessen zum Teil sowohl in der Landwirtschaft als auch der Bevölkerung hohe Akzeptanz. Es sind dies: **Organisatorische Massnahmen** (Wahl eines geeigneten Tages, einer geeigneten Tageszeit, Berücksichtigung der Witterung, Planung der Düngung usw.), **Einsatz von Schleppschlauchverteilern, Gülleverdünnung, Abdeckung von neuen Güllebehältern**.
- Liegen die Emissionen **über 38 kg NH₃-N pro ha LN (resp. über dem vom Kanton festgelegten Wert)**, empfiehlt die KOLAS, die Emissionen unter Berücksichtigung der kantons- resp. regionsspezifischen standörtlichen, produktionstechnischen und baulichen Voraussetzungen mit der Methode 4, Anhang 2 detailliert abzuschätzen. Anhand der Ziellücke zwischen Ist- und Soll-Zustand muss der Handlungsbedarf definiert und entsprechende (Etappen)Ziele bezüglich NH₃-Emissionen festgelegt werden.

³ 410'000 kt NH₃-N / 1.1 Mio ha LN = 37.7 kg NH₃-N/ha LN (410'000 kt: Reidy und Menzi 2005 a); die Kantone können andere, an ihre spezifischen Situationen angepasste Referenzwerte festlegen.

- Wenn nötig sind über die kantonalen Standardmassnahmen hinausgehende regionsspezifische Massnahmenpakete zu definieren. Die Art der Umsetzung – Beratung/Information/Bildung, finanzielle Anreize oder Vorschriften und Auflagen bei Neubauten (Baubewilligungsverfahren) – ist auf die jeweiligen Massnahmen resp. Massnahmenpakete abgestimmt festzulegen.
- Die Umsetzung der Massnahmen muss geplant werden. Ein realistischer Fahrplan zur Erreichung der (Etappen)Ziele ist festzulegen; ebenso ist die Finanzierung sicherzustellen und die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung sind zu schaffen.
- Ein Monitoring bzgl. Emissionen und Immissionen muss etabliert werden.

7.3.2 Massnahmenbereiche

Die KOLAS-Arbeitsgruppe Ammoniak hat die in Publikationen der Forschungsanstalten (Richner et al. 2004, Van Caenegem et al. 2005, Dux et al. 2005) und der SHL (Reidy und Menzi 2005 a und 2005 b) untersuchten Massnahmen beurteilt (vgl. Anhang 4). Folgende Massnahmebereiche wurden in die Beurteilung einbezogen: **Fütterung** (Rindvieh, Schweine, Geflügel), **Stall, Laufhof und Weide, Hofdüngerlagerung, Hofdüngerausbringung, Hofdüngeraufbereitung, weitere Massnahmen**.

7.3.3 Kriterien zur Beurteilung der Massnahmen

Die Massnahmenliste im Anhang 4 gibt einen Überblick über mögliche Massnahmen. Neben der Massnahmenbeschreibung sind in der Liste folgende hilfreiche Angaben enthalten:

Reduktionspotenzial (nicht in der Liste aufgeführt)

Das Reduktionspotenzial gibt an, welche Reduktion mit der Umsetzung einer Massnahme in der ganzen Schweiz erreicht werden könnte. Die gesamtschweizerischen Werte gelten für einzelne Regionen nur beschränkt. Z.B.: In Regionen, wo die Güllelagerräume noch mehrheitlich gedeckt sind, ist das Reduktionspotenzial der Massnahme „Abdeckung von Güllegruben“ geringer als in Regionen mit einem hohen Anteil offener Gruben.

Kosten der Massnahmen

Sofern Angaben bestanden, wurden Investitionen und Jahreskosten in die Überlegungen einbezogen. Für viele Massnahmen gibt es jedoch keine verlässlichen Angaben.

Kosten/Nutzen-Verhältnis

Neben dem Ausmass der Reduktion und der Kosten der Massnahmen wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis grob beurteilt:

Kosten (Fr. pro kg weniger Ammoniak-N-Verluste)	Kosten-Nutzen-Verhältnis
Weniger als Fr. 5.--	günstig
Fr. 5 bis 15.--	mittel
Über Fr. 15.--	ungünstig

Umsetzungsart

Massnahmen, die kaum kontrollierbar sind, werden von der KOLAS-AG Ammoniak *zur Umsetzung via Beratung, Information, Aus- und Weiterbildung empfohlen*.

Massnahmen, die aufgrund des für Betriebsleiter unattraktiven Kosten-Nutzen-Verhältnisses nicht freiwillig umgesetzt werden, sollen mittels *Anreizen* gefördert werden.

Der Bund plant die Einführung des Anreizprogramms „nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“⁴ u.a. zur Steigerung der Effizienz im Einsatz von Stoffen (z.B. N, P) und Energie in der Landwirtschaft mit der Agrarpolitik 2011. Vorausgesetzt, dass das Programm ab 2008 eingeführt wird, entsteht damit ein geeigneter Rahmen zur Umsetzung regionaler Projekte zur Reduktion der Ammoniakverluste auf der Basis von Anreizen.

7.3.4 Priorisierung der Massnahmen

Die Prioritäten für die Umsetzung der Massnahmen wurden folgendermassen festgelegt:

Eine hohe Umsetzungspriorität (1) besteht für Massnahmen

- deren Wirkung wissenschaftlich genügend erwiesen ist
- die keine oder leicht lösbare Zielkonflikte bergen
- die ein mittleres bis gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen
- zu deren Umsetzung bereits geeignete Instrumente vorhanden sind

Massnahmen mit gleichem Wissensstand aber ungünstigerem Kosten-Nutzen-Verhältnis (Fr. 5 bis max. Fr. 20.- pro kg NH₃-N-Reduktion) werden je nach Grösse der Betriebe (abhängig von der Menge Tiere) und je nachdem, ob Neu- und Umbauten beurteilt werden, differenziert betrachtet.

Eine mittlere Umsetzungspriorität (2) besteht für Massnahmen, die hinreichend bekannt sind, zu deren Umsetzung geeignete Instrumente jedoch noch fehlen resp. noch erarbeitet werden müssen. Diese Massnahmen können deshalb erst mittelfristig (innerhalb von 6-10 Jahren) umgesetzt werden.

Eine geringe Umsetzungspriorität (3) besteht für Massnahmen, deren Umsetzung zum jetzigen Zeitpunkt nicht empfohlen werden kann. Sei es, dass entsprechendes Wissen über deren Wirkung, Kosten oder Zielkonflikte fehlt oder aber bestimmten andere Gründe gegen eine Umsetzung sprechen (Begründungen siehe Massnahmenliste Anhang 4).

7.4 Umsetzung von Massnahmen

Ziel der Umsetzung von Massnahmen ist, den definierten SOLL-Zustand innerhalb eines festgelegten Zeitraums zu erreichen.

7.4.1 Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität

Die im Anhang 4 mit Umsetzungspriorität 1 gekennzeichneten Massnahmen werden zur sofortigen Umsetzung empfohlen.

Massnahmen bei der Hofdünger-Ausbringung

Aus folgenden Gründen empfiehlt die KOLAS-AG Ammoniak folgende „End-of-Pipe“-Massnahmen bei der Hofdünger-Ausbringung prioritär:

- Bei der Ausbringung geht am meisten Ammoniak verloren (Ø 58 %, Reidy und Menzi 2005 a).
- Der eingesparte Stickstoff kommt direkt den Kulturen zugute und bringt den Landwirten damit einen Nutzen. Das steigert die Motivation zur Umsetzung dieser Massnahmen.
- Es ist genügend Know-how vorhanden. Die Angaben über Kosten und Nutzen der Massnahmen sind ausreichend bekannt.

⁴ Neuer Artikel 77a LwG: Förderung nachhaltiger Ressourcennutzung, vgl. Botschaft zur Weiterentwicklung der Agrarpolitik 2011 (AP 011).

- Die nötigen Umsetzungsinstrumente sind entweder vorhanden (z.B. Birrer und Uebersax 2005 a und b) oder nicht nötig.
- Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist günstig (bis +5 Fr. pro kg eingesparter NH₃-Stickstoff) bis mittel (5 bis 15 Fr. pro kg eingesparter NH₃-Stickstoff).
- Das geschätzte Reduktionspotenzial ist hoch (Reidy und Menzi 2005 b).

Tabelle 2: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der Hofdünger-Ausbringung

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Organisatorische Massnahmen bei der Hofdünger-Ausbringung (Wahl des Ausbringtages, der Tageszeit und Witterung, saisonale Planung des Gülleaustrags, Berücksichtigung des Bodenzustands und der Vegetation)	Beratung, Information, Aus- und Weiterbildung	Die Sensibilisierung der Landwirte für Fragen rund um den Hofdüngeraustrag ist die Basis für das Verständnis aller Massnahmen. Organisatorische Massnahmen können auf allen Betrieben umgesetzt werden.
Emissionsarme Ausbringtontechnik: Schleppschlauch im Acker- und Futterbau, Güllegrubber im Ackerbau	Anreize z.B. Investitionshilfen (z.B. Kanton BL), Abgeltung pro ha ausgebrachter Fläche (z.B. Kanton SO), pro m ³ ausgebrachter Gülle. Beratung, Information, Bildung	Beide Geräte sind beschränkt hangtauglich. Die Wirkung von Güllegrubbern ist sehr hoch; ihr Einsatz beschränkt sich jedoch auf leichte, skelettarme Böden, für schwere Böden sind sie nicht geeignet. Schleppschuhgeräte: Bringen mit Ausnahme des Güllens in hohe Grasbestände gegenüber dem Schleppschlauch wegen des grösseren Gewichts der Geräte, der geringeren Flächenleistung und den höheren Investitionen nur Nachteile. Ähnliches gilt für Schlitzdrillgeräte , die sich zudem wegen der mit ihrem Einsatz verbundenen Schädigung der Grasnarbe für den Einsatz im Naturfurtherbau der Schweiz schlecht eignen. Für aufbereitete Güllen , deren Ammoniumgehalte i. d. R. höher und die Gefahr von Ammoniakverlusten deshalb höher sind als bei nicht aufbereiteten Güllen sollten emissionsarme Ausbringtontechniken Standard sein.
Verdünnung der Gülle: Rindergülle mind. 1:2, Schweingülle mind. 1:1.	Beratung, Information, Bildung	Massnahme mit hohem Reduktionspotenzial national wie regional (- 4 bis - 5%). Höhere Verdünnungen sind wegen steigenden Transportkosten nur sinnvoll, wenn Verschlauchungen oder Gülleleitungen vorhanden sind. Verdünnungen über 1:4 sind nicht sinnvoll.
Im Ackerbau: Gülle und Mist sofort einarbeiten	Beratung, Information, Bildung	V. a. nach der Ausbringung mit Breitverteiler auf Stopeln oder Brachen.

Massnahmen bei der Fütterung

„Begin-of-Pipe“-Massnahmen bei der Fütterung sind kostengünstig und packen das Problem bei den Wurzeln an: Je weniger N über den Bedarf der Tiere hinaus verfüttert wird, desto weniger wird ausgeschieden und desto weniger Verluste können entstehen. Den eingesparten Stickstoff kann der Betrieb allerdings nicht verwerten, was die Motivation zu Umsetzung der Massnahmen senken kann.

Tabelle 3: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der **Fütterung**

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Optimieren der Fütterung von Rindvieh durch das Berechnen von Fütterungsplänen und eine gezielte Ausgleichsfütterung	Beratung, Information, Bildung	Das realistische Reduktionspotenzial für die ganze Schweiz wird von der SHL als vernachlässigbar eingestuft. Es gilt v. a. den Wissensstandard zu halten, einzelbetrieblich oder regional Verbesserungen zu erreichen und die Sensibilität bzgl. des Zusammenhangs zwischen Fütterung und Emissionen zu erhöhen.
Einsatz von proteinreduziertem Futter (NPr-Futter) bei Schweinen und Geflügel	Beratung, Information, Bildung	Infolge der Suisse-Bilanz nahm der Einsatz von proteinreduziertem Futter stark zu. In Gebieten mit hoher Tierdichte ist das Potenzial mehr oder weniger ausgeschöpft. In andern Regionen und auf Einzelbetrieben besteht noch Potenzial.
Gezielte Auswahl der Fütterungskomponenten und Phasenfütterung bei Schweinen	Beratung, Information, Bildung	

Massnahmen im Stall und Laufhof

Beim Bauen werden langfristige Investitionen getätigt und Weichen für die Produktion für Jahrzehnte gestellt. Die Anforderungen des Tierwohls und der Emissionsreduktion müssen unter einen Hut gebracht werden. Bei baulichen Massnahmen und Untersuchungen sind deshalb immer alle Umwelt- und tierethologischen Fragen zu prüfen, zu diskutieren und in Checklisten abzuhandeln.

Die KOLAS-AG Ammoniak misst Massnahmen in diesem Bereich deshalb sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht (Investitionsschutz!) grosse Bedeutung zu.

Tabelle 4: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität in **Stall und Laufhof**

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Stall- und Laufhofflächen sauber halten: Regelmässige Reinigung, optimierte Entmistungstechnik	Beratung, Information, Bildung	Konkrete Handlungsanweisungen / Beratungsinstrumente / Checklisten z. H. von Behörden und Beratung müssen noch erarbeitet werden.
Fläche pro GVE optimieren: Nicht wesentlich mehr Fläche als vom Tierschutzgesetz, den Etho- und Labelprogrammen verlangt	Beratung, Information, Bildung	Konkrete Handlungsanweisungen / Beratungsinstrumente / Checklisten z. H. von Behörden und Beratung müssen noch erarbeitet werden.
Nichtbenutzen des Laufhofs während der Weideperiode	Beratung, Information, Bildung	Konkrete Handlungsanweisungen / Beratungsinstrumente / Checklisten z. H. der Kantone und der Beratung müssen noch erarbeitet werden. Eine Koordination mit anderen Dokumenten zum Beispiel mit dem stofflichen Umweltschutz wie Wegleitung Gewässerschutz ist anzustreben.
Kotbänder statt Kotgruben, Nippeltränken bei Neubauten	Beratung, Information, Bildung	Nippeltränken auf Bio-Labelbetrieben verboten.

Massnahmen bei der Hofdünger-Lagerung

Bei den Hofdünger-Lagern wird zwischen bestehenden und neu gebauten Lagern differenziert.

Tabelle 5: Massnahmen mit hoher Umsetzungspriorität bei der Hofdünger-Lagerung

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Abdecken <u>neuer</u> Güllegruben und Mistlagerräumen mit Kegel- oder Zeltdach resp. Betondecke (Unterflurbehälter) bei Neubauten	Vorschriften und Auflagen	In vielen Kantonen bereits umgesetzt (z.B. BE, LU, FR, SO, TG)
Abdecken <u>bestehender</u> Güllegruben mit natürlicher oder künstlicher organischer oder anorganischer Schwimmschicht, oder selbstgebaute Holz- oder Kegeldächern	Anreize; Beratung, Information, Bildung	Eigenkonstruktionen sind nur bei Gruben bis ca. 500 m ³ möglich (Dux et al. 2005). Beratungsunterlagen zu Abdeckungen werden von AGRIDEA, Agroscope FAT in Zusammenarbeit mit kant. Bauberatungskräften und der Baubranche in den nächsten 2 Jahren erarbeitet.
Abdecken <u>bestehender</u> Lagerräume für Geflügelmist	Anreize; Beratung, Information, Bildung	
Offene Güllebehälter im Sommer nicht benutzen, Laufstallmist nicht zwischenlagern, Rühren soviel wie nötig, so wenig wie möglich	Beratung, Information, Bildung	Beratungsunterlagen müssen von AGRIDEA, Agroscope FAT und kant. Bauberatungskräften erarbeitet werden.

Andere Massnahmen

Tabelle 6: Andere zur kurzfristigen Umsetzung empfohlene Massnahmen

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Harnstoffeinsatz optimieren	Beratung, Information, Bildung	

7.4.2 Massnahmen mit mittlerer Umsetzungspriorität

Die zur kurzfristigen Umsetzung nötigen Kriterien fehlen ganz oder z.T. Diese Massnahmen können deshalb erst mittelfristig umgesetzt werden (innerhalb der nächsten 6-10 Jahre).

Tabelle 7: Massnahmen mit mittlerer Umsetzungspriorität

Massnahme	Umsetzungsart	Bemerkungen
Steigerung der gesamtbetrieblichen N-Effizienz	Anreize	Umsetzungswissen und –erfahrungen sowie geeignete Umsetzungsinstrumente fehlen. AGRIDEA und BDU sind daran, ein Instrument zu erarbeiten. z. B. Programm „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“; AGRIDEA und BDU sind daran, ein solches Beratungsinstrument zu erarbeiten.
Technische Aufbereitung der Gülle kombiniert mit emissionsarmer Ausbringung	Anreize	Die technische Aufbereitung der Gülle ist nur dann eine Massnahme zur Reduktion der Ammoniakemissionen, wenn die Ausbringung der Endprodukte aus der Gülleaufbereitung gegenüber der Ausbringung der nicht aufbereiteten Hofdünger zu einer Reduktion der N-Emissionen oder einer Ertragssteigerung führt.
Gefälle und Rinnen für Harnabfluss, Loch- & Schlitzböden statt flächige Böden, Windschutz bei Neubauten	Beratung, Information, Bildung, Anreize	Konkrete Handlungsanweisungen / Beratungsinstrumente / Checklisten z. H. der Kantone und der Beratung müssen noch erarbeitet werden.
Einbau von Biowäscher, Biofilter oder impulsarmer Zuluftführung bei zwangsentlüfteten Neubauten von Schweine- und Geflügelställen	Anreize	
Plafonierung des Tierbestandes	Anreize	

7.4.3 Massnahmen mit geringer Umsetzungspriorität

Das zur Verfügung stehende Wissen über die Wirkung, Kosten und Zielkonflikte bzgl. aller in Anhang 4, Spalte „Umsetzungspriorität“ mit „3“ eingestufteten Massnahmen ist noch lückenhaft. In der Schweiz sind z. T. noch keine oder zu wenig Praxiserfahrungen vorhanden (z.B. Kühlung der Gülle, pH-Senkung, Zwischenboden im Güllekeller, Spülen der Roste mit Wasser, Sprühkühlung). Diese Wissens- und Erfahrungslücken müssen von den Forschungsanstalten beseitigt werden, bevor die Massnahmen zur Umsetzung empfohlen werden können.

8 Empfohlenen Massnahmen nach Umsetzungsart

Die in Kapitel 7 empfohlenen Massnahmen sind in diesem Kapitel nochmals aufgelistet, hier aber nach der Umsetzungsart geordnet. Ein kantonales Massnahmenpaket soll sinnvollerweise einen Massnahmenmix umfassen. Dieser Massnahmenmix kann nicht für alle Kantone bzw. Regionen identisch sein. Er muss abgestimmt auf die aktuellen Emissionen, die Emissionsquellen, die Produktions- und Klimaverhältnissen, die ökonomische Situation der Betriebe, die Finanzlage sowie den politischen Willen in den Kantonen zusammengestellt werden.

8.1 Beratung, Information, Aus- und Weiterbildung

Folgende Massnahmen weisen ein mittleres bis günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis auf oder haben ein hohes Reduktionspotenzial. Sie sind jedoch kaum kontrollierbar und werden von der KOLAS-AG Ammoniak deshalb *zur Umsetzung via Beratung, Information, Aus- und Weiterbildung empfohlen*.

Förderung einer Fütterung, die zu weniger Stickstoffausscheidungen führt

- Optimierte Fütterung von Rindvieh durch gezielte Ausgleichsfütterung oder Fütterungsplanung.
- Optimierung der Fütterung von Schweinen und Geflügel mit dem Einsatz von NPr-Futter.

- Gezielte Auswahl der Fütterungskomponenten und Phasenfütterung bei Schweinen.

Förderung emissionsarmer Hofdünger-Ausbringung

- Organisatorische Massnahmen bei der Gülleausbringung: Wahl des geeigneten Tages, der geeigneten Tageszeit, Berücksichtigung der Witterung, der Vegetation und des Bodenzustandes.
- Optimierte Gülleverdünnung: Mind. 1:1 bei Schweinegülle, mind. 1:2 bei Rindergülle.
- Hofdünger nach der Ausbringung auf Stoppeln oder Brachen sofort einarbeiten.

Baulich-organisatorische Massnahmen im Stall und bei der Lagerung

- Abdeckung bestehender Güllegruben mit natürlicher oder künstlicher organischer oder anorganischer Schwimmschicht oder selbst gebauten Holz- oder Kegeldachabdeckungen. Unfallgefahr und statische Erfordernisse müssen berücksichtigt werden.
- Kotbänder statt Kotgruben und Nippeltränken bei Neubauten von Geflügelställen.
- Nicht benutzen des Laufhofs während der Weideperiode.
- Sauber halten der Stall- und Laufhöfflächen, regelmässige Reinigung, optimierte Entmistungstechnik, perforierte Laufhöfflächen.
- Fläche pro Tier (GVE) optimieren.
- Laufstallmist nicht zwischenlagern.
- Offene Güllebehälter im Sommer wenn möglich nicht benutzen.
- Optimiertes Rühren der Gülle (so wenig wie möglich, soviel wie nötig).

Einsatz der Mineraldünger

- Harnstoffeinsatz optimieren.

Voraussetzungen, damit diese Massnahmen von den kantonalen Beratungsdiensten durchgeführt werden können

- Konsens im Kanton, dass diese Aktivitäten der beauftragten Beratungsdienste im öffentlichen Interesse stehen (Teil des Pflichtenheftes, Leistungsvereinbarung etc.) und dass dafür die nötigen Mittel zur Verfügung stehen.
- Viele fachliche Grundlagen sind vorhanden, um an diesen Themen zu arbeiten; die AGRIDEA kann die Beratungsdienste über Kurse und Dokumente vorbereiten; Voraussetzungen, die jedoch noch fehlen: Ein akzeptiertes Modell für die Abschätzung der Ammoniakemissionen im gesamtbetrieblichen Kontext (DYNAMO); Abschluss und Publikation der Projekte „Ammoniak regional“ und „EMIBAU“.
- Allfällige finanzielle Mittel, um die Information über Kampagnen zu fokussieren.

8.2 Anreize

Massnahmen mit hohem Reduktionspotenzial, die aufgrund des für Betriebsleiter unattraktiven Kosten-Nutzen-Verhältnisses nicht freiwillig umgesetzt werden, sollen mittels Anreizen gefördert werden (z.B. mittels Ressourcenprogramm des Bundes).

Reihenfolge nach Kosten-Nutzenverhältnis ohne Investitionshilfen (unterste Massnahme am wenigsten attraktiv):

- Einsatz emissionsarmer Ausbringtechnik (Schleppschlauch im Acker- und Futterbau, Güllegrubber im Ackerbau). Abgeltung pro ha Fläche oder pro m³ ausgebrachte Gülle oder durch Gewähren von Investitionshilfen.
- Förderung der Abdeckung bestehender Güllegruben durch Investitionshilfen

- Förderung der Abdeckung von Lagerräumen für Geflügelmist
- Steigerung der gesamtbetrieblichen resp. regionalen N-Effizienz
- Technische Aufbereitung der Hofdünger (z.B. durch Umkehrosmose, Ultrafiltration, Ammoniakstripping usw.), gekoppelt an eine Ausbringung der aufbereiteten Hofdünger, die gegenüber der Ausbringung nicht aufbereiteter Hofdünger Ammoniakemissionen zu reduzieren vermag.
- Plafonierung des Tierbestandes im Rahmen von Sanierungsprogrammen.
- Förderung von Biowäschern, Biofiltern oder Lüftungen mit impulsarmer Zuluftführung durch Investitionshilfen

Zu diesen Anreizmassnahmen bestehen schon Beispiele in einzelnen Kantonen.

Mit dem Programm „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ führt der Bund mit der AP 2011 voraussichtlich ein geeignetes Anreiz-Programm ein⁵.

8.3 Vorschriften und Auflagen

- Abdecken neuer Güllegruben und Lagerräume für Geflügelmist mit Kegel- oder Zeltdach resp. Betondecke (Unterflurbehälter perforiert bei Laufhöfen oder Mistplätzen) bei Neubauten. Dazu besteht eine Fachinformation der FAT (Van Caenegem et al. 2005).

Bezüglich weitergehenden Massnahmen für Betriebe mit UVP-pflichtigen Bauvorhaben (z. B. Pflicht zum Einbau von Biofiltern, -wäschern oder Porendecken für die zugluftfreie Zuluftführung, Nachweis der Erhöhung der N-Effizienz des Gesamtbetriebes mit dem Bauvorhaben, Auflagen bezüglich emissionsarmer Ausbringtechniken) konnte in der Arbeitsgruppe noch keine Einigkeit erzielt werden.

9 Weiteres Vorgehen

Nächste Schritte

Um das in diesem Bericht empfohlene Vorgehen (vgl. Abb. 1) in den Kantonen realisieren und ab 2008 ev. von der Möglichkeit des Programms nachhaltige Ressourcennutzung Gebrauch machen zu können, sind als nächstes folgende Schritte notwendig:

- Diskussion des Berichts der KOLAS mit KVU, BLW, BAFU; Unterbreitung des Berichts an LDK und BPUK
- Überprüfen der empfohlenen Vorgehensweise in einem kantonalen oder regionalen Pilotprojekt, z. B. im Rahmen des neuen Ressourcenprogramms des Bundes.

Überblick über weiteren Handlungsbedarf und Zuständigkeiten

Tabelle 8 zeigt auf, wo Handlungsbedarf besteht und wer für die nächsten Schritte zuständig ist.

⁵ Alles, was im Kapitel „Vorschriften und Auflagen“ als Massnahmen ausgeführt und verlangt wird (Baubewilligungen, Auflagen im ÖLN) kann nicht über Anreizprogramme des Bundes wie 62a GschG oder das neu geplante Programm „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ finanziert werden.

Tabelle 8: Handlungsbedarf und Zuständigkeiten

Wer?	Mit wem?	Was?	Bis wann?
Umsetzung kantonaler Massnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen ermöglichen			
BLW	BAFU	Mittlere Emissionsfaktoren für Nutztierkategorien berechnen und den Kantonen zur Verfügung stellen, damit diese den Ist-Zustand bzgl. Ammoniakemissionen festlegen können	2006
BAFU	SHL	Schlussbericht Emissionsinventar definitiv herausgeben	2006
	Agroscope ART, AGRIDEA	Schlussbericht „Ammoniak regional“ herausgeben	2006
	Arbeitsgemeinschaft Leuenberger / Bonjour / airmess	Review von DYNAMO begleiten und abschliessen; akzeptiertes Modell und Emissionsfaktoren definitiv herausgeben	2006
		Verbindliche Ansprechperson am BAFU für Ammoniakfragen bestimmen	2006
Agroscope ART		Detaillierte Berechnung der Kosten für Massnahmen (Bauten, Techniken, Geräte usw.) (FAT)	2006-2008
	BAFU	Schlussbericht EMILA (FAT) herausgeben	2006
Kant. AfL	AGRIDEA	Steuerungsgruppe Ammoniak einsetzen mit Auftrag Umsetzung des Berichtes zu begleiten	2006
AGRIDEA	Agroscope ART, BDU	EDV-Instrument zur Berechnung der N-Effizienz erarbeiten FAL.	2006
SHL	BAFU	Modell DYNAMO weiterentwickeln (nach Abschluss der Review) und für die Anwendung in den Kantonen zugänglich machen	2006
Kantonale Massnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen umsetzen			
Kant. AfU	Kant. Landwirtschaftsämter	Ist- und Soll-Zustand festlegen Bei Bedarf (bei Emissionen von über 38 kg NH ₃ -N / ha LN oder anderem kantonalen Richtwert): <ul style="list-style-type: none"> • Detaillierte Berechnungen durchführen • Etappenziele formulieren • Geeignete Massnahmen festlegen • Zeitplan erstellen • Rechtliche Voraussetzungen schaffen für die Umsetzung und Finanzierung der Massnahmen 	
Kant. AfL	Andere Ämter	Regelung der Finanzierung der Massnahmen	
Nationales und kantonales Monitoring			
BLW	BAFU	Inventar und Monitoring der gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen: Zuständigkeiten und Zusammenarbeit mit dem BAFU klären	2006
Kant. AfU	BLW	Unterstützen des BLW bzgl. Datenbeschaffung für Monitoring der Ammoniakemissionen im Vierjahresrhythmus	Ab 2006
Kant. AfL	BLW	Unterstützen des BLW bzgl. Datenbeschaffung für Monitoring der Ammoniakemissionen im Vierjahresrhythmus.	2006
SHL	BLW	Unterstützung des BLW beim Monitoring insbesondere beim Zusammenstellen der Daten	
Kant. AfU	BAFU, BFU	Monitoring der Ammoniakemissionen und –immissionen auf kantonaler Ebene weiterführen, resp. ausbauen	Ab sofort
Wer?	Mit wem?	Was?	Bis wann?
Weitere Aufgaben			
BAFU	BLW	Empfehlungen zu Ammoniak und Bauten in „Wegleitung Gewässerschutz“ einbauen, daraus eine „Wegleitung stofflicher Umweltschutz“ erarbeiten	
BAFU	AGRIDEA, BDU	„Code of good agricultural practice“ bzgl. Ammoniak erarbeiten	

Wer?	Mit wem?	Was?	Bis wann?
Agroscope ART		Bestehende Grundlagen und Dokumente überprüfen: Ist Ammoniak genügend berücksichtigt?	
	BAFU, BLW	Zusammenhang zwischen Emissionen und Immissionen klären; Methoden für Wirkungsnachweis von Reduktionen der Ammoniakverlusten erarbeiten	
		Wissenslücken schliessen (vgl. Massnahmenliste)	
	BAFU, AGRIDEA, Bauberatung, Stallbauunternehmen	Handlungsanleitung / Instrument / Checkliste Stall, Laufhof, Lagerung z. H. der für Vorschriften und Auflagen zuständigen Behörden erarbeiten	
SBV		Unterstützung der Sensibilisierung der Landwirtschaft (politisch und fachlich)	Ab sofort
		Unterstützung der Kantone beim Monitoring im Bereich Ammoniak insbesondere beim Zusammenstellen der Daten	
Dauernde Aufgaben			
BLW		Evaluation der Agrarpolitik im Hinblick auf Ammoniak	
	SHL	Bericht Emissionsinventar alle 4 Jahre aktualisieren	
AGRIDEA	Agroscope ART, BDU	Informationen, Sensibilisierungsinstrumente, umfassenden Überblick (nicht nur Teilaspekte, sondern ein das Thema „Stickstoff“ umfassendes Instrument) erarbeiten	laufend

10 Literatur

- BBI (1999): Bericht des Bundesrates über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone zu Händen des Parlaments vom 23. Juni 1999, BBI 1999, 7735. <http://www.admin.ch/ch/d/ff/1999/7735.pdf>.
- BLW (2004): Agrarbericht 2004. Bezugsquelle: BBL, CH-3003 Bern, http://www.blw.admin.ch/imperia/md/content/agrarbericht_2004/d/1_3_oekologie.pdf.
- BLW (2005): Vernehmlassungsunterlagen zur Agrarpolitik 2011. http://www.blw.admin.ch/imperia/md/content/ap_2011/ap_2011_d.pdf.
- BUWAL (2002): Ammoniakminderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung: Mitteilungen zur Luftreinhalte-Verordnung (LRV) Nr. 13., Bern. <http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/shop/files/pdf/phpwuayt0.pdf>.
- Dux D., Van Caenegem L., Steiner B., Kaufmann R. (2005): Kosteneffizienz von Güllebehälter-Abdeckungen. FAT-Bericht Nr. 642. <http://www.fat.admin.ch/d/index.html>.
- Künzler P. (2005): Weiterentwicklung des Luftreinhaltekonzepts, BUWAL-Schriftenreihe Nr. 379.
- Peter K. und Urech M. (2004): In Umwelt Fokus, Aug. 04, S. 38ff.
- Peter K. und Urech M. (2006): www.evaluationen.ch; schriftliche Mitteilung
- Reidy B. und Menzi H. (2005 a): Neues Emissionsinventar 1990 bis 2000 mit Hochrechnungen bis 2003; technischer Schlussbericht, Stand Okt. 2005, unveröffentlicht.
- Reidy R. und Menzi H. (2005 b): Reduktion der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen; Zusammenfassender Schlussbericht, Stand Oktober 2005, unveröffentlicht.
- Menzi H., Ruettimann L., Reidy B. (2003): A new calculation Model for dynamic emission inventories for ammonia. Proc. internat. Symposium "Gaseous and odour emissions from animal production facilities", Horsens, Denmark, June 1-4 2003.
- Richner W., Riegel M., Wittmann P., Strotmann K., Dux D., Pfefferli S., Uebersax A. (2004): Projekt „Ammoniak regional“, Schlussbericht, Stand 2004, unveröffentlicht.
- UN/ECE (1999): The Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone, http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.htm.
- Van Caenegem L., Dux D., Steiner B. (2005): Abdeckungen für Güllesilos, FAT-Bericht Nr. 631, ISSN 1018-502X. <http://www.fat.admin.ch/d/index.html>
- Zaehner M., Keck M. und Hilty R. (2005): Ammoniak-Emissionen von Rindviehställen. Minderung beim Bau und Management. FAT-Bericht 641. <http://www.fat.admin.ch/d/index.html>.

11 Anhang

Anhang 1: Reduktionsziele und –verpflichtungen für NH ₃ -N-Emissionen – Critical Loads.....	20
Anhang 2: Methodische Ansätze zur Erhebung des IST-Zustandes bzgl. Ammoniakemissionen auf regionaler Eben	21
Anhang 3: Flechtenuntersuchungen zur Indikation der Stickstoffeinträge.....	22
Anhang 4: Massnahmenliste	23

Anhang 1: Reduktionsziele und –verpflichtungen für NH₃-N-Emissionen – Critical Loads

Quelle	Basis-jahr	Zieljahr	Red.ziel kt NH ₃ -N/J
BUWAL-Schriftenreihe Nr. 273: Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen, 1996	1994	Langfristig	25-30 (45-55 %)
Bericht über die Lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kant., 1999	1995	Langfristig	40-50%
UN/ECE-Protokoll von Göteborg 1999	1990	2010	13 %
Agrarökologisches Ziel AP 2011	1990	2009	23 %
BUWAL-Schriftenreihe Nr. 379, 2005: Weiterentwicklung Luftreinhaltekonzept	2000	2020	45 %

Critical Loads, häufige Werte (vgl. Agrarbericht 2004)

Ökosystem	Critical Load
Waldökosysteme	10-20 kg N pro ha und Jahr
Hochmoore	5-10 kg N pro ha und Jahr
Artenreiche Trockenwiesen	10-25 kg N pro ha und Jahr

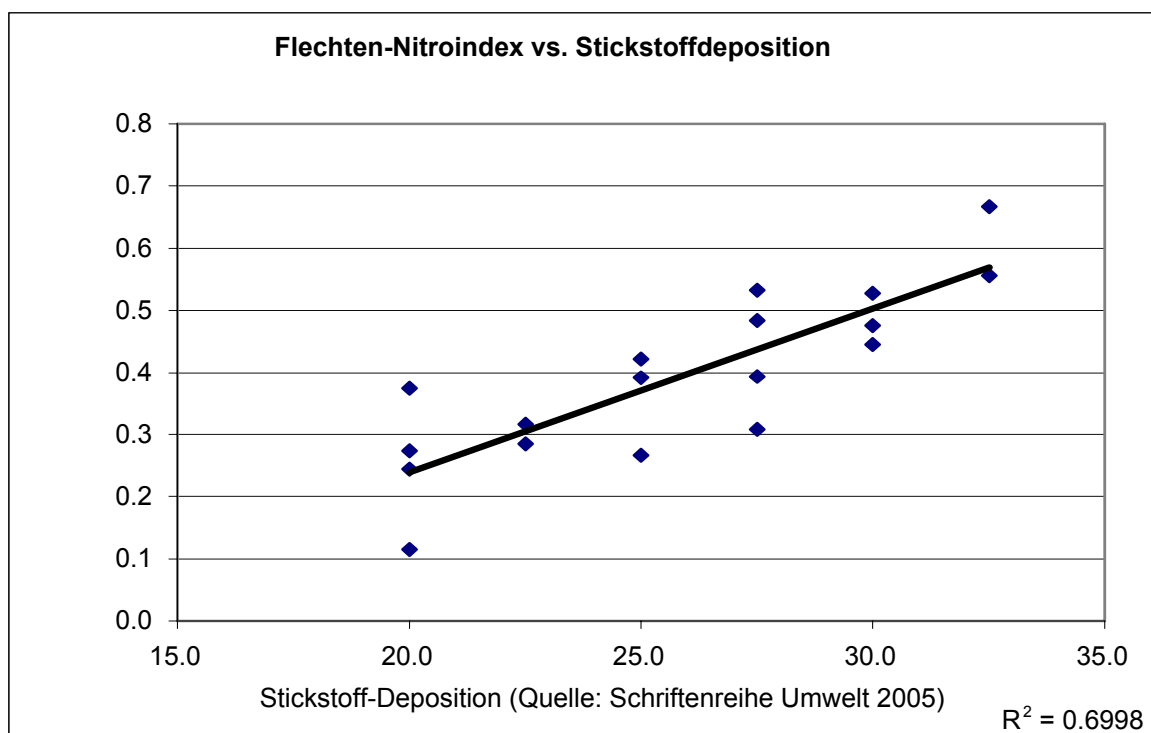
Anhang 2: Methodische Ansätze zur Erhebung des IST-Zustandes bzgl. Ammoniakemissionen auf regionaler Eben

Me- thode Nr.	Basisdaten, -dokumente	Abschätzung der NH ₃ - Emissionen	Vor- (+) und Nachteile (-), Bemerkungen	Empfehlung KOLAS
1	Bericht „Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neues Emissionsinventar 1990 bis 2000 mit Hochrechnungen bis 2003“ (Reidy und Menzi 2005a).	Ablesen der NH ₃ -Emissionen auf der Ebene „Bezirk“ oder „ha landwirtschaftliche Nutzfläche“ ab einer Emissionskarte	+ : einfach; sofort ohne weiteren Aufwand realisierbar - : grob, da auf der Basis gesamtschweizerischer Emissionsfaktoren berechnet	Nur für Regionen mit geringen Emissionen (z.B. VS, TI, GR, JU) empfohlen
2	Tierbestand gemäss BFS und mittleren Emissionsfaktoren für die ganze Schweiz (BLW)	Abschätzung der NH ₃ -Emissionen anhand der Tierzahlen und der durchschnittlichen Emissionsfaktoren pro Tierart.	+ Grober Überblick + : Genauer als Methode 1 + : Sofort ohne weiteren Aufwand berechenbar - : Emissionsfaktoren. Keine Berücksichtigung regionaler Spezifitäten - : Emissionsfaktoren im Stall/beim Laufhof werden nicht berücksichtigt Methode 2 wurde im Kanton Luzern eingesetzt	Von der KOLAS empfohlen; für alle Kantone
3	Tierbestand gem. BFS, detaillierte, nach regionsspezifischen Angaben zur Produktionstechnik differenzierten Emissionsfaktoren	Abschätzung der NH ₃ -Emissionen anhand der Tierzahlen und der regions- und höhenlagenspezifischen Emissionsfaktoren pro Tierart.	+ : Die Schweiz ist in 3 Regionen (West/Süd, Mittelland, Ost) und 3 Höhenstufen aufgeteilt, was gegenüber Methode 2 für einzelne Regionen genauere Angaben ermöglicht. - : Etwas aufwändiger als Methoden 1-2 - : effektive kantons- resp. regionsspezifische Angaben zur Produktionstechnik werden nicht berücksichtigt	
4	Excel-Modell DYNAMO zur Abschätzung der betrieblichen oder regionalen Ammoniakemissionen (Menzi et al. 2003)	Abschätzung der NH ₃ -Emissionen anhand regionsspezifischer Daten mit der Software DYNAMO.	+ : Berücksichtigung regionsspezifischer Angaben zu Tierbestand, Fütterungspraxis, Stallhaltungssystemen, Weidegang, Güllelagerung, Gülleausbringtechnik und Ausbringorganisation + : Die wichtigsten Angaben ausser zur Gülleausbringtechnik und Ausbringorganisation sind ab Suisse-Bilanz (Weide, Laufhof, NPr-Futter), Betriebsstrukturerhebung (Tierzahlen, Anteil Acker- und Futterfläche) und Gewässerschutztechnischer Beurteilung (kant. Vollzugs) vorhanden + : Modellierung verschiedener Szenarien möglich - : Massnahmen im Stall / Laufhof (bauliche und andere) können nicht berücksichtigt werden - : Aufwändiger als Methoden 1-3 - : Emissionsfaktoren im Stall/beim Laufhof werden nicht berücksichtigt - : Methode zurzeit in Review, Aussagekraft noch unklar Methode 4 wurde im Kt. SO eingesetzt	Von der KOLAS provisorisch zur detaillierteren Berechnung empfohlen für Kantone / Regionen mit über ca. 38 kg NH ₃ -N / ha LN. Eine definitive Empfehlung erfolgt erst nach Abschluss der Review;

Anhang 3: Flechtenuntersuchungen zur Indikation der Stickstoffeinträge

Die Flechtenvielfalt an Bäumen ist in sauberer Luft am grössten. Flechten gehen effizient mit verfügbarer Energie um und sind daher auf magere Bedingungen spezialisiert. Die Reaktion auf überschüssige Nahrung ist die gleiche wie auf zuviel Schadstoffe: Je stärker die Luft mit Nährstoffen angefüllt ist, desto weniger Flechtenarten sind zu beobachten. Flechten sind direkt von der Luftqualität abhängig – bereits bei geringen Verschlechterungen verschwinden die empfindlichen. Einzelne Flechtenarten verkümmern und andere wiederum vermehren sich. Diese Eigenschaften machen Flechten zu hochpräzisen und kostengünstigen Bioindikatoren der Luftgüte.

Seit über 20 Jahren führen Umweltämter regelmässig, zur Ergänzung ihrer Luftmessungen, mit der schweizerisch standardisierten Flechtenmethode Erhebungen durch, beispielsweise für flächendeckende Aussagen und als Screening von unerwarteten Luftverschmutzungen. In den letzten Jahren lassen sich dabei dramatische Veränderungen beobachten: Stickstofftolerierende Flechten nehmen auf Kosten von seltenen Arten überhand (Peter und Urech in Umwelt Fokus Aug 04, S. 38ff).



Die Abbildung zeigt den signifikanten Zusammenhang zwischen Flechtenvielfalt und Stickstoffeintrag. Der stickstoffspezifische Flechtenwert (Flechten-Nitroindex) zeigt mit hoher Zuverlässigkeit die Stickstoffbelastung eines Gebietes an. Flechtenerhebungen sind nicht nur zur punktuellen Erfassung der Düngewirkung aus der Luft geeignet, sondern auch zur flächendeckenden Darstellung von räumlichen Belastungsmustern mit Hilfe von Flechtenkarten.

Anhang 4: Massnahmenliste

Massnahme	Effizienz (Kosten pro kg NH ₃ -N- Reduktion)	Kosten I: Investitionen JK: Zusätzli- che jährli. Kosten	Bemerkungen	Zielkonflikte *: klein (leicht lösbar); **: mittel (lösbar mit vernünftigem Aufwand); ***: schwer (lösbar nur mit grossem Aufwand)	Umse- tzungs- art: BIB ⁶ , VA ⁶ , Anreize	Umsetz- ungs- priorität ²
Fütterung			„Begin-of-Pipe“ Massn. Wirkung garantiert.			
Rindvieh						
Gezielte Ausgleichsfütterung (v.a. in Grünfuttersaison)	Hoch ³	I & JK: Gering	Das Ausgleichen der Rationen mit Kraftfutter führt zu höheren Nährstoffimporten in die Schweiz resp. in die Betriebe. Da Kraftfutter immer billiger wird, geht die Tendenz in diese Richtung. Das ist bzgl. Ammoniak günstig, bzgl. gesamtem N-Kreislauf in der Landwirtschaft nicht.	Kann zu höherem Kraftfutteranteil in den Rationen führen und damit zu höheren Nährstoffimporten auf die Betriebe (**). Tendenz zu mehr Weide aus betriebswirtschaftlichen Gründen (*) steht in Konkurrenz dazu.	BIB	1
Proteinüberschüsse vermeiden (F-Planung)	Hoch ³	I & JK: Gering			BIB	1
Futterzusätze (z.B. Bentonit, Zeolith, andere)		Mittel ⁴	Wirkung wissensch. ungenügend erwiesen			3
Steigerung der Milchleistung			Reduktion der NH ₃ -Verluste ist nicht ausschlaggebend für die Entwicklung der Leistung in der Milchviehzucht; ist ein Nebenprodukt.	Tiergesundheit (*)		3
Schweine						
Phasenfütterung	Hoch	I & JK: Gering	Potenzial national +/- ausgeschöpft, regional besteht noch Spielraum auf Betrieben, die noch nicht N-reduziertes Futter einsetzen.	Physiologie der Tiere (*)	BIB	1
N-reduziertes Futter	Hoch ³	I & JK: Gering	Potenzial national +/- ausgeschöpft, da mit dem ÖLN bereits umgesetzt; regional besteht noch Spielraum auf Betrieben, die noch nicht N-reduziertes Futter einsetzen. Bio-Betriebe sind eingeschränkt (Verbot von Phytase aus GVO)	Physiologie der Tiere (*)	BIB	1
Gezielte Wahl der Komponenten	Hoch	I & JK: Gering	Nebenprodukte-Verwerter und Bio-Betriebe sind in Komponentenwahl eingeschränkt	Physiologie der Tiere (*)	BIB	1
spez. Fütterung Galtsauen/säugende Sauen		I & JK: Gering	Wenig fachliche Grundlagen vorhanden		BIB	3
Geschlechtsspezifische Fütterung			Wenig fachliche Grundlagen vorhanden		BIB	3
Futterzusätze (z. B. Säuren)		I & JK: Gering	Wirkung wissenschaftlich ungenügend erwiesen	Physiologie der Tiere (*)	BIB	3
Geflügel						
N-reduziertes Futter	Hoch ³	I & JK: Gering	Mast & Junghennenaufzucht: Potenzial national +/- ausgeschöpft, da mit dem ÖLN bereits umgesetzt; regional noch Spielraum auf Betrieben, die noch nicht N-reduziertes Futter einsetzen	Physiologie der Tiere (*)	BIB	1
Futterzusätze		I & JK: Gering	Wirkung wissenschaftlich ungenügend erwiesen			3

Massnahme	Effizienz (Kosten pro kg NH ₃ -N- Reduktion)	Kosten I: Investitionen JK: Zusätzli- che jährli. Kosten	Bemerkungen	Zielkonflikte *: klein (leicht lösbar); **: mittel (lösbar mit vernünftigem Aufwand); ***: schwer (lösbar nur mit grossem Aufwand)	Umset- zungs- art: BIB ⁶ , VA ⁶ , Anreize	Umsetz- ungs- priorität ²
Stall, Laufhof						
Rindvieh- und Schweineställe						
Flüssigmistbehandlung		Hoch	Massnahmen wirken sowohl im Stall als auch bei der Lagerung. In der Schweiz wenig erprobt; keine Praxiserfahrungen.			
Spülen der Spalte, Roste, Laufflächen mit Wasser		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. Günstiger. Keine Praxiserfahrungen in der Schweiz	Grösseres Güllelager-Volumen nötig (**)	BIB, Anreize	3
Spülen der Spalte, Roste, Laufflächen mit angesäuerter Gülle		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. Günstiger. Keine Praxiserfahrungen in der Schweiz	Import von Schadstoffen (**), ev. mehr Lachgas & Methan (***), grosse Aufwandmengen (z.B. Milchsäure 5 Volumen-%) (***).	BIB, Anreize	3
Zugabe Urease-Inhibitoren (Formaldehyd, PPDA, CHPT usw.)			Ziel: Gülle-pH senken (saurerer Bereich). Bei Zusatz von Milchsäure: Es entsteht weniger Methan Wirkung wissenschaftlich umstritten		BIB	3
Zugabe von Mineralien, Pilzen, Mikroorganismen, Salpetersäure (HNO ₃), Milchsäure oder andere Säuren zur Gülle					BIB	3
Andere Massnahmen			Keine Angaben zum Reduktionspotenzial einzelner Massnahmen			
Reinigungsfrequenz Stall- & Laufhofflächen		Mittel ⁵			BIB	1
Windschutz bei Ställen und Laufhöfen		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	2
Sprühkühlung		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	3
Gefälle, Rinnen für Harnablauf		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB	2
Schlitz- & Lochböden statt flächige Böden			Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger	Tierschutzverordnung (**)	BIB, Anreize	1
V-förmige Güllekanäle		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	3
Kühlung der Gülle in Kanälen		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger; keine Praxiserfahrungen in der CH		BIB, Anreize	3
regelm. Leeren der Kanäle unter Spaltenböden (Vakuumssysteme, Spülung)		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	3
Zwischenboden im Güllekeller		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	3
Rindviehställe						
Fütterungsbuchten		Hoch ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB	3

Massnahme	Effizienz (Kosten pro kg NH ₃ -N- Reduktion)	Kosten I: Investitionen JK: Zusätzli- che jährli. Kosten	Bemerkungen	Zielkonflikte *: klein (leicht lösbar); **: mittel (lösbar mit vernünftigem Aufwand); ***: schwer (lösbar nur mit grossem Aufwand)	Umset- zungs- art: BIB ⁶ , VA ⁶ , Anreize	Umsetz- ungs- priorität ²
Nichtbenutzung Laufhof während Weideperiode		Tief ⁵	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger; bei Altbauten je nach Konzeption nicht möglich	RAUS- & BTS-Verordnung (**)	BIB	1
Gestaffelte Nutzung des Laufhofes		Tief ⁵		RAUS- & BTS-Verordnung (**)	BIB	1
Kein Laufhof bei gut gelüfteten Laufställen		Tief ⁵		RAUS- & BTS Verordnung (**)	BIB	3
Kleiner Anteil ungedeckter Laufhoffläche		Tief ⁵		RAUS- & BTS Verordnung (**)	BIB	3
Offene Ställe mit isolierter Decke		Tief ⁵	Bei Neubauten techn. einfacher & finanz. günstiger		BIB, Anreize	3
Vermehrt Weiden	Hoch ³	I und JK: Gering	Verlusteinsparung nützt dem Betrieb nicht direkt. N-Effizienz des Gesamtsystems nimmt nicht (oder nicht bedeutend) zu.	Gefahr von mehr Lachgas- und Nitratemissionen (**)	BIB	3
Schweineställe⁶			Zunehmende Auslaufhaltung nach Ablauf von Übergangsfristen Tierschutzgesetz ab 2007			
Abluftreinigung (Biowäscher, Biofilter)		Hoch ³	Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger. Nur bei Zwangsentlüftung möglich		BIB, Anreize	2
Impulsarme Zuluftführung			Bei Neubauten: techn. einfacher & finanz. günstiger.			2
Geflügelställe			Potenzial national +/- ausgeschöpft, regional noch Spielraum auf Betrieben, die noch nicht N-reduziertes Futter einsetzen.			
Kotband statt Kotgrube			Kotbandsysteme auf den meisten Betrieben schon vorhanden		BIB	1
Nippeltränken			Nippeltränken meist. vorhanden	Bio-Label: Nippeltränken verboten (**)	BIB	1
Abluftreinigung (Biowäscher, Biofilter)		Hoch ³	nur bei Zwangsentlüftung, Bei Neubauten techn. einfacher & finanz. günstiger.		Anreize BIB	2
Impulsarme Zuluftführung		Hoch ³	nur bei Zwangsentlüftung, Bei Neubauten techn. einfacher & finanz. günstiger.		Anreize BIB	2
Hofdünger-Lagerung						
Gedekte Güllelager³			<i>Die Abdeckung neuer Güllegruben ist in vielen Kantonen bereits Pflicht.</i>	<i>Arbeitssicherheit (*)</i>		1
schwimmender Holzdeckel oder Kegeldach und Gitterfolie (Selbstbau)	Mittel ⁴	I: Mittel JK: Gering ⁴	Selbstbau: Nur Silos bis ca. 500 m ³ möglich. I: ca. +13 %; JK: ca. Fr. 1000.-		VA, BIB	
Organische oder anorganische Schwimmschichten (z. B.	Mittel ⁴	I und JK: Gering ⁴	Nur für bestehende Güllelager. Wenig Praxiserfahrungen mit anorganischen Schwimmschichten		BIB	

Massnahme	Effizienz (Kosten pro kg NH ₃ -N- Reduktion)	Kosten I: Investitionen JK: Zusätzli- che jährli. Kosten	Bemerkungen	Zielkonflikte *: klein (leicht lösbar); **: mittel (lösbar mit vernünftigem Aufwand); ***: schwer (lösbar nur mit grossem Aufwand)	Umset- zungs- art: BIB ⁶ , VA ⁶ , Anreize	Umsetz- ungs- priorität ²
Strohhäcksel, Holzschnitzel, Masistängel, Blähtonkugeln)			I: ca. + 5 %; JK: ca. Fr. 500 – 1000			
Schwimmfolie	Mittel ⁴	I & JK: Hoch ⁴	Rühren weniger kontrollierbar I: ca. + 20 %; JK: ca. Fr. 1500 – 2000		BIB, Anreize	
Zeltdach	Mittel-Tief ⁴	I und JK: Hoch ⁴	Investitionen: ca. +30 % JK: ca. Fr. 2000 – 2700	Geringere Gülleverdünnung – höheres Emissionspotenzial (**)	VA, Anreize	
Geschlossene Unterflurbehälter	Mittel-Tief	I: Sehr hoch JK: Mittel ⁴	Unterflurbehälter: Vorteil der anderer Nutzungsmöglichkeit nicht in Kostenberechnungen einbezogen I: ca. + 45-60 %; JK: ca. Fr. 1000- 2500	Geringere Gülleverdünnung – höheres Emissionspotenzial (**)	VA, Anreize	
Laufstallmist nicht zwischenlagern	Hoch ³	I und JK gering ³			BIB	1
Rühren soviel wie nötig, so wenig wie möglich	Hoch	I und JK gering			BIB	1
Geflügelmist: Lagerung in geschlossenen oder abgedeckten Behältern			Bei Neubauten techn. einfacher & finanz. günstiger		VA, Anreize	1
Offene Güllebehälter im Sommer nicht benutzen	Hoch	Tief	Sofern mehrere Behälter verfügbar sind		BIB	1
Natürliche Schwimmschicht	Hoch ³	Tief ^{3,4}	für bestehende Gruben: Schicht nicht zerstören; für neue Gruben: Massnahme nicht zulässig.		BIB	1
Hofdünger-Ausbringung			Verlusteinsparung kommt dem Betrieb direkt zugute			1
Organisatorische Massnahmen						1
Geeigneter Tag	Hoch ³	Tief ³			BIB	1
Tageszeit berücksichtigen	Hoch ³	Tief ³	Bedürfnisse der Familie & der Anwohner; Konflikte mit der Melkzeit		BIB	1
Vor / während leichtem Regen (Gülle / Mist)	Hoch ³	Tief ³		Vorsicht: Abschwemmungsgefahr (*).	BIB	1
Saisonale Planung	Hoch ³	Tief ³			BIB	1
Boden und Vegetation berücksichtigen	Hoch ³	Tief ³			BIB	1
Gülle verdünnen ⁴	Hoch ³	Tief ³ (sofern kein zusätz- licher Gülle- lagerraum nötig wird)	Verdünnungen mind. 1:1 (Schweinegülle) resp. 1:2 (Rindergülle); grössere Verdünnung nur sinnvoll bei vorhandener Verschlauchung / Gülleleitung Lager- Feld	- Bestehendes Güllelagervolumen (**) - ohne Verschlauchung: Geringere Energieeffizienz (**)	BIB	1
Ausbringtechnik						
Schleppschauchverteiler	Hoch ³	I: Hoch	Mehr Flexibilität im Güllemaagement - güllen in höhere Bestände möglich		Anreize, BIB	1
Schleppschuh		I: Hoch	schwer, geringe Arbeitsbreite		Anreize, BIB	2-3

Massnahme	Effizienz (Kosten pro kg NH ₃ -N- Reduktion)	Kosten I: Investitionen JK: Zusätzli- che jährli- che Kosten	Bemerkungen	Zielkonflikte *: klein (leicht lösbar); **: mittel (lösbar mit vernünftigem Aufwand); ***: schwer (lösbar nur mit grossem Aufwand)	Umset- zungs- art: BIB ⁶ , VA ⁶ , Anreize	Umsetz- ungs- priorität ²
Schlitzdrill (flache Injektion)		I: Hoch	Anwendungspotenzial gering, Reduktion sehr hoch (60% vgl. mit Prallteller).		Anreize, BIB	1
Güllegrubber (tiefe Injektion)		I: Hoch	Anwendungspotenzial gering, Reduktion sehr hoch (90 % vgl. mit Prallteller)		Anreize, BIB	1
Gülle und Mist sofort einarbeiten	Hoch ³	I und JK: Tief	- 2.5 % der Ausbringverluste; es müssen 2 Personen gleichzeitig arbeiten können	Arbeitsorganisation (*); Bodenverdichtung	BIB	1
Hofdünger-Aufbereitung kombiniert mit emissionsarmer Ausbringtechnik						
Gülleseparierung mit anschliessender verlustarmer Ausbringung der Dünngülle mit Schleppschlauch	Mittel ³	I und JK hoch	Hoher Ammoniumgehalt in Dünngülle kann zu mehr Ausbringverlusten führen.		Anreize	2
Technische Aufbereitung der Gülle (z.B. Ammoniak-Stripping, Umkehrosmose) mit anschliessender verlustarmer Ausbringung (Grünland: Schleppschlauch; Ackerland: Gölledrill, CULTAN-Verfahren) Hofdüngertrocknung	Tief ³	I und JK hoch	Grosse Güllmengen resp. überbetriebliche Zusammenarbeit nötig. In Kombination mit Biogasanlagen vermehrt ein Thema. Kaum praxiserprobt.		Anreize	2
Andere Massnahmen						
Harnstoffeinsatz optimieren	Hoch ³	I und JK tief	Wird der Harnstoff sofort eingearbeitet oder in bestehende Bestände ausgebracht, entstehen weniger Emissionen		BIB	1
Plafonierung des Tierbestandes	Hoch	Hoch	Für Sanierungsprojekte		Anreize	2
Steigerung der gesamten N-Effizienz auf dem Landwirtschaftsbetrieb	Mittel bis hoch	Tief	Anreize: Programm „Effiziente Ressourcennutzung“ (AP 2011); Instrumente fehlen noch: z. B. für Berechnung der betrieblichen N-Effizienz; z. B. DYNAMO		Anreize	2

¹ Hoch: - Weniger als Fr. + 5 / kg eingespartem NH₃-N; Mittel: Fr. 5 - 15 / kg eingesparter NH₃-N; Tief: > Fr. 15 / kg eingesparter NH₃-N

² 1 = Hoch, Massnahmen sind sofort umsetzbar, nötiges Wissen und Instrumente sind vorhanden; 2 = Hoch, für die Umsetzung müssen aber noch Grundlagen zusammengestellt und / oder Instrumente erarbeitet werden; 3 = Tief, Gründe: Fehlende fachliche Grundlagen, kurz- und mittelfristig unüberwindbare Zielkonflikte oder allzu ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis.

³ Richner W., Riegel M., Wittmann P., Strotmann K., Dux D., Pfefferli S., Uebersax A. (2004): Projekt „Ammoniak regional“, Schlussbericht, Stand 2004, unveröffentlicht.

⁴ Dux D., Van Caenegem L., Steiner B. und Kaufmann R. (2005): Kosteneffizienz von Güllebehälter-Abdeckungen, FAT Bericht Nr. 642, ISSN 1018-502X

⁵ Zähler M., Keck M., Hilty R. (2005): Ammoniak-Emissionen von Rindviehställen. FAT-Bericht Nr. 641, ISSN1018-502X

⁶ BIB = Beratung, Information, Bildung; VA = Vorschriften und Auflagen

Anmerkung: Die SHL schätzt das Ammoniak-Reduktionspotenzial für die ganze Schweiz auf ca. 20 % (Reidy und Menzi 2005 a). Dabei haben der Einsatz des Schleppschlauchverteilers (ca. - 5 % bis - 6 %), die Güllerverdünnung (ca. - 4 bis - 5 %) sowie vermehrtes Weiden (ca. - 8 %) das grösste Potenzial. Die übrigen Massnahmen haben gesamtschweizerisch geringere Potenziale, können jedoch regional oder einzelbetrieblich bedeutende Beiträge zur Senkung der Ammoniakverluste leisten.