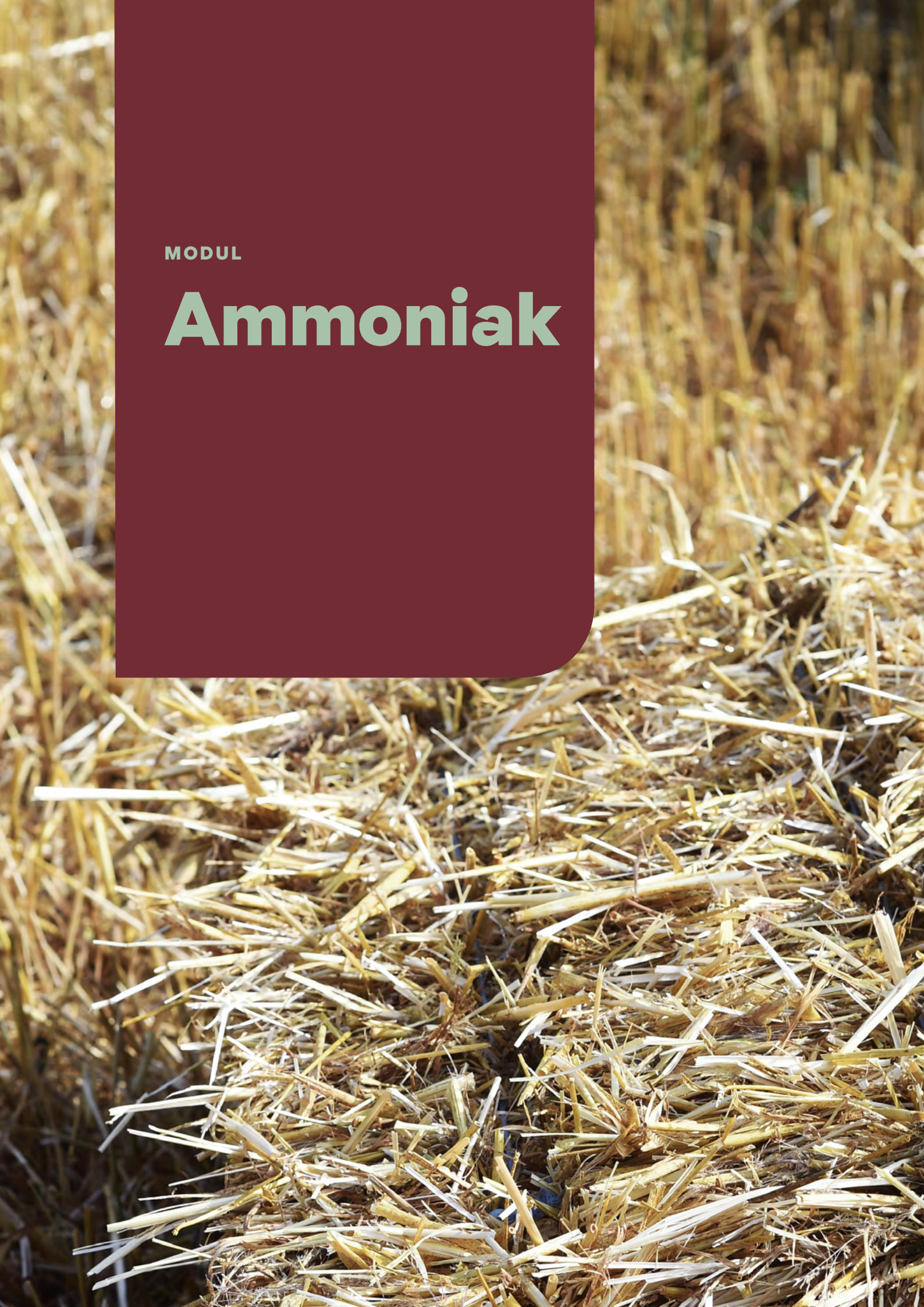
MODUL

Ammoniak



Inhaltsverzeichnis - Ammoniak

1.	Stickstoff – ein wichtiges Element des Lebens	4
2.	Ammoniak-Emissionen müssen deutlich gesenkt werden	4
3.	Zu viel Ammoniak verändert die Ökosysteme	6
4.	So entsteht in der Landwirtschaft Ammoniak	7
5.	So können Ammoniak-Emissionen reduziert werden	8
5.1	Den Tierbestand an die betriebliche Futtergrundlage anpassen	9
5.2	Ammoniak-Emissionen mit technischen Massnahmen senken	9
5.3	Mit Agrammon das Reduktionspotential abschätzen	9
6.	Möglichkeiten des einzelnen Betriebes zur Ammoniakminderung	10
	Abbildungsverzeichnis, Kästchenverzeichnis, Tabellenverzeichnis, Quellenangaben	12

Impressum
Herausgeber: Vision Landwirtschaft
Grafik und Gestaltung: Gabrielle D'Angelo, Vision Landwirtschaft
Zitiervorschlag: Vision Landwirtschaft 2025, Bildungsunterlagen «Zukunft Bauernhof»

© Vision Landwirtschaft 2025. Abdruck mit Quellenangabe gestattet.



Lernziele für das Modul Ammoniak

Sie kennen …

- Massnahmen der Effizienzsteigerung zur Vermeidung von Stickstoffverlusten (spart Kosten).
- wirkungsvolle Massnahmen gegen Stickstoffverluste, wie gezielte Fütterung, sauberen Stall und Laufhof sowie Düngerausbringung zum optimalen Zeitpunkt, wenn die Kulturen Dünger aufnehmen können.
- Strategien zur langfristigen Vermeidung von Stickstoffverlusten, wie optimale Stallkonzepte, abgedeckte Hofdüngerlager und Düngereinarbeitung.

Ammoniak

1. Stickstoff – ein wichtiges Element des Lebens

Stickstoff, das chemische Element mit der Bezeichnung N, ist eines der fünf so genannten «Massenelemente des Lebens». So besteht die Atmosphäre zu fast 80 Prozent aus Stickstoff, fast ausschliesslich in der chemisch sehr stabilen Form als N_2-Gas. Pflanzen und Tiere können Stickstoff in dieser Form in der Regel nicht aufnehmen, sondern nur in aufgespaltener und oxidierter (NO-Formen) oder reduzierter Form (NH-Form) – beispielsweise als Nitrat (NO_3-), Harnstoff (CH_4N_2O) oder Ammoniak (NH_3). Diese drei Stoffgruppen zählen zu den wichtigsten Düngern in der Landwirtschaft.
Wenn dieser Stickstoff-Dünger statt zu den Pflanzen zu gelangen, in die Gewässer ausgeschwemmt wird (vor allem als Nitrat-N) oder in die Luft entweicht (als Ammonium-N), fällt dies zum einen auf dem Landwirtschaftsbetrieb als Nährstoffverluste ins Gewicht. Zum anderen richten diese Stickstoffverluste vielschichtige Schäden an:

- Sie können die Grund- und Trinkwasserqualität beeinträchtigen (Nitrat).
- Sie sind für direkte und indirekte Gesundheitsschäden mitverantwortlich (Nitrit und Ammoniak).
- Sie belasten das Klima über das extrem klimawirksame Lachgas (N_2O).
- Sie sind ein zentraler Treiber für die Biodiversitätsverluste in zahlreichen empfindlichen Ökosystemen (Kapitel 3).

2. Ammoniak-Emissionen müssen deutlich gesenkt werden

Dank der Luftreinhalte-Verordnung, die auf Basis des Umweltgesetzes durch Bund und Kantone umgesetzt wird, hat die Schweiz seit den 1980er-Jahre eine gute Luftqualität erreicht. Standen früher die Abgase aus Industrie, Heizungen und Strassenverkehr im Zentrum der Massnahmen, so bleibt heute noch, die zu hohen Stickstoff-Einträge in die Natur zu senken. Denn diese schädigen unsere Biodiversität. Eine zentrale Rolle spielen dabei die Ammoniak-Emissionen.

In der Schweiz liegen die Ammoniak-Emissionen deutlich über dem Umweltziel Landwirtschaft (s. Kästchen 1), das aus gesetzlichen Grundlagen und internationalen Verpflichtungen hergeleitet ist. Die Ammoniak-Emissionen stammen zu 94 Prozent aus der Landwirtschaft, die restlichen 6 Prozent verteilen sich auf Energiegewinnung, Abfall und Landnutzungsänderungen.

Aus der Landwirtschaft stammen 93 Prozent der Ammoniak-Emissionen von der Tierhaltung, die restlichen 7 Prozent aus dem Pflanzenbau (BAFU, 2023). Um das Umweltziel Landwirtschaft zu erreichen, sind die Ammoniak-Verluste auf dem Landwirtschaftsbetrieb deutlich zu verringern.

Ammoniak

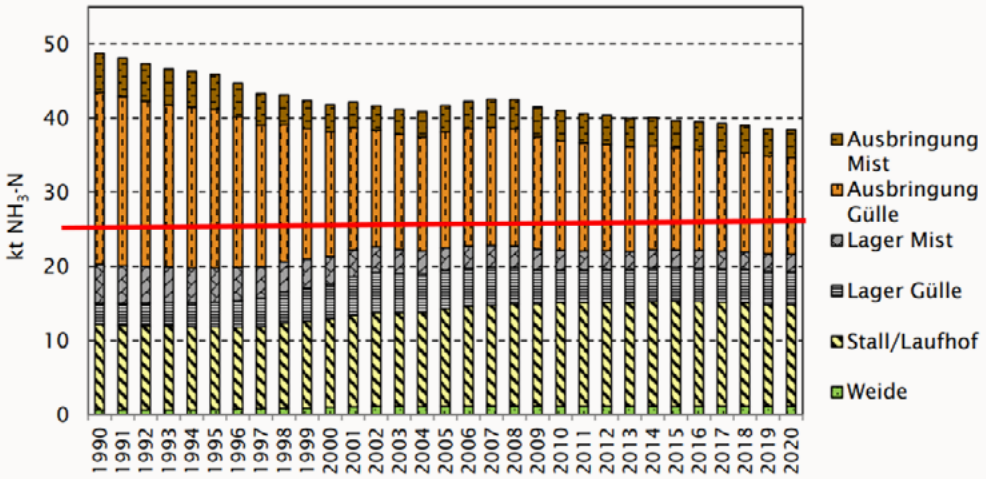


Abb. 1: Entwicklung der Ammoniak-Emissionen aus der Tierproduktion von 1990 bis 2020. Ammoniak-Emissionen aus Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung. Rote Linie = Umweltziel Landwirtschaft (UZL) für Ammoniak (25'000 t NH_3-N). Quelle: (Kupper C. & Häni C., 2022)

Kästchen 1

Umweltziel Ammoniak

Das Umweltziel für die Ammoniak-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft beträgt 25'000 Tonnen pro Jahr (Bundesrat 2016, BAFU und BLW 2016). Die tatsächlichen Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft betrugen im Jahr 2020 insgesamt 42'300 Tonnen NH_3-N. Um das Ziel zu erreichen, müssen die landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen demnach um 41 Prozent reduziert werden.

Auffallend ist, dass die Schweiz deutlich höhere flächenbezogene Ammoniak-Emissionen aufweist als z.B. Dänemark (s. Abb. 3), obschon beide Länder eine ähnlich hohe Nutztierdichte haben (Eurostat 2020c). Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass in Dänemark die verfügbaren technischen Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen auf allen landwirtschaftlichen Betriebsebenen mit verbindlichen Vorgaben seit vielen Jahren stärker umgesetzt werden als in der Schweiz. (Vision Landwirtschaft, 2019)

Zudem wird in Dänemark die Stickstoff-Effizienz des Hofdüngers in der Nährstoffbilanz deutlich höher bewertet und streng überwacht, was die Betriebe zu einem sparsamen Einsatz der Hof- und Mineraldünger veranlasst.

3. Zu viel Ammoniak verändert die Ökosysteme

Von Natur aus sind pflanzenverfügbare Stickstoff-Formen in den meisten Ökosystemen rar. Oft ist Stickstoff im Vergleich mit den anderen lebenswichtigen Elementen der so genannte «Minimumfaktor» (Gesetz von Liebig, limitierender Faktor). Wird Stickstoff in pflanzenverfügbarer Form gedüngt, verändern sich die Wachstumsbedingungen und die Artenzusammensetzung in kurzer Zeit stark. Oft entstehen allein dadurch aus nährstoffarmen Ökosystemen nährstoffreiche. Vor allem seltene Arten, die meist an nährstoffärmere Bedingungen angepasst sind, verschwinden, und auch die Mikroflora und -fauna wird stark verändert, so dass durch Stickstoffdüngung die meisten artenreichen Ökosysteme rasch aus dem Gleichgewicht geraten und die meisten Arten verschwinden. Zudem führt Ammoniak zur Versauerung der Böden, wodurch sich wichtige Bodenprozesse verändern und nebst Nitrat auch viele andere Nährstoffe ausgewaschen werden oder nicht mehr pflanzenverfügbar sind.

Diejenige Menge an pflanzenverfügbaren Stickstoffverbindungen, die für empfindliche Ökosysteme und die Erhaltung der Artenvielfalt gerade noch tragbar ist, wird als «Critical Load» (CL) bezeichnet. Der CL-Wert gibt die maximale Menge kg N/Jahr an, die nicht überschritten werden darf. Diese Menge variiert je nach Biotop. Bei Trockenwiesen und Flachmooren beträgt sie 10-15 kg N pro Hektare.

In der Schweiz werden die Critical Loads an pflanzenverfügbarem Stickstoff in den meisten landwirtschaftlich geprägten Regionen seit vielen Jahren teilweise um ein Mehrfaches überschritten, vor allem durch Ammoniak-Einträge über die Luft. In Regionen mit hohen Nutztier-Beständen ist das besonders häufig der Fall. Wälder, artenreiche Grünlandgesellschaften und Moorlandschaften werden durch die daraus resultierende Überdüngung und Versauerung teils irreversibel geschädigt.

94 Prozent der Hochmoore, 77 Prozent der Flachmoore, 36 Prozent der Trockenwiesen und 87 Prozent der Wälder leiden unter teilweise stark überhöhten Stickstoff-, insbesondere Ammoniakeinträgen (EKL, 2020) s. Abb. 2.

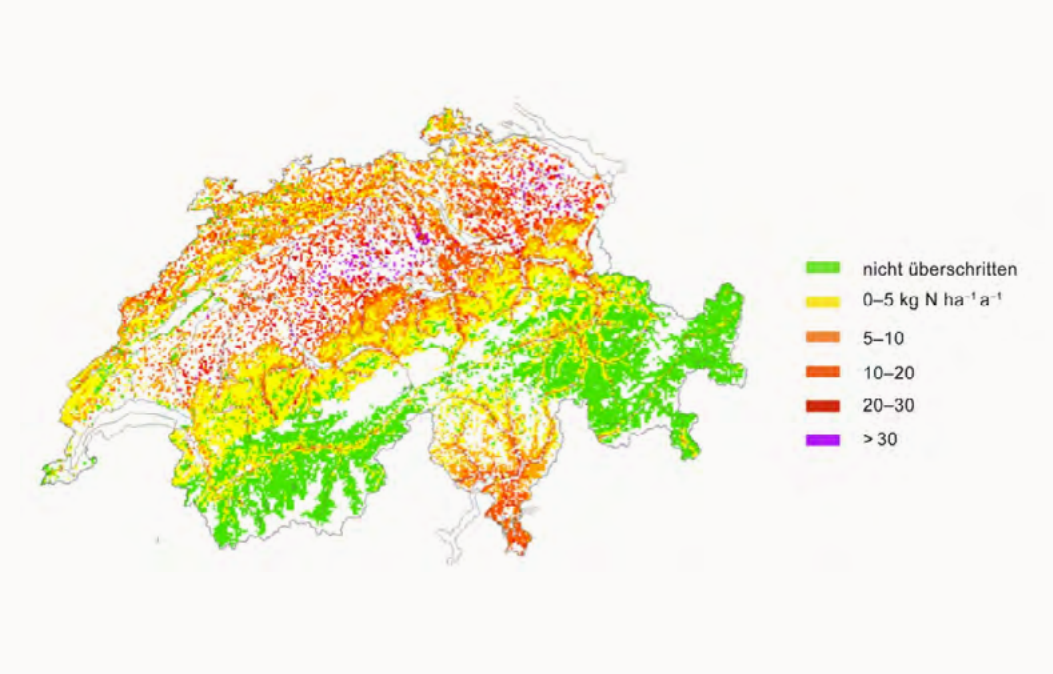


Abb. 2: Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff bei naturnahen Ökosystemen in der Schweiz im Jahr 2015. Auf den gelb, orange, rot und violett markierten Flächen sind die Immissionen übermässig. (BAFU, 2020)

4. So entsteht in der Landwirtschaft Ammoniak

Ammoniak (NH_3) entsteht, wenn sich Harn und Kot von Nutztieren miteinander vermischen. Dies geschieht primär im Stall und im Laufhof. Bakterien, die im Kot und auf dem verschmutzten Boden leben, produzieren das Enzym Urease, das den Harnstoff aufspaltet in gasförmiges Ammoniak, das in die Luft entweicht.

Ammoniak aus der Tierhaltung entsteht zu:

- 44 Prozent beim Ausbringen von Gülle und Mist
- 36 Prozent in Stall und Laufhof
- 18 Prozent im Düngerlager
- 3 Prozent auf der Weide.

Aufgeteilt nach Tierarten sieht die Emissionsverteilung wie folgt aus:

- 77 Prozent von Rindvieh
- 15 Prozent von Schweinen
- 5 Prozent von Geflügel
- 3 Prozent von übrigen Tieren (Schafe, Ziegen, Pferde etc.).

(BAFU, 2023)

Mit den Ammoniak-Emissionen gehen der Landwirtschaft enorme Mengen an Stickstoff-Dünger verloren. Diese Verluste betragen heute gesamtschweizerisch über 40’000 Tonnen N pro Jahr. Das sind über 40 kg N pro Hektare LN, etwa einem Drittel der Jahresdüngung eines Weizenfeldes.

Im europäischen (und weltweiten) Vergleich der Ammoniak-Emissionen belegt die Schweiz einen Spitzenplatz (s. Abb. 3).

NH_3-Emissionen pro ha LN im Jahr 2016.

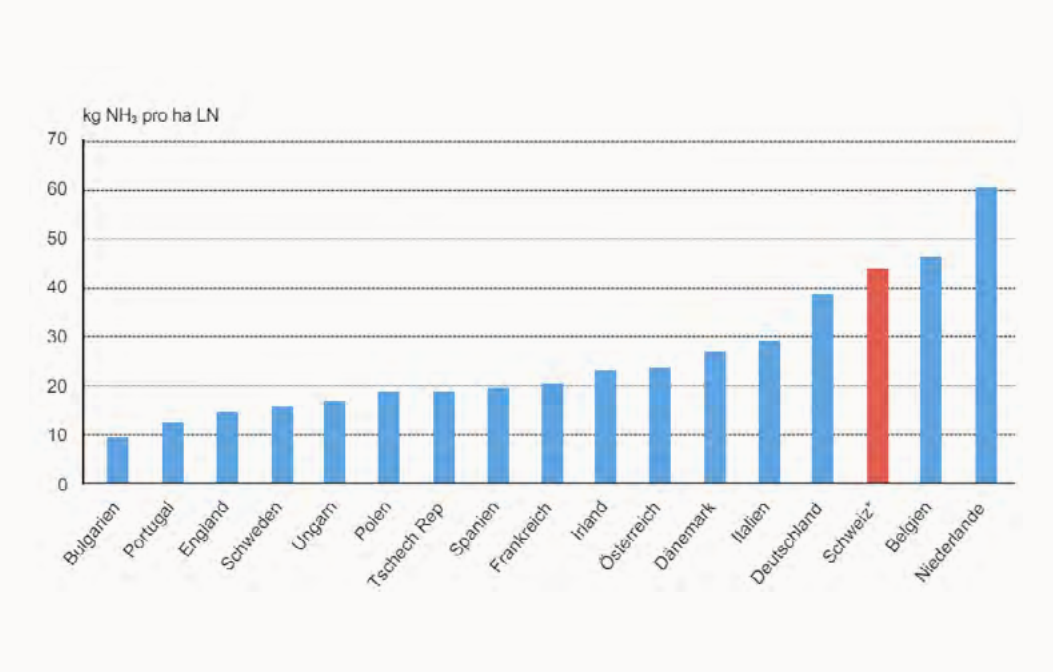


Abb. 3: NH_3-Emissionen pro ha LN im Jahr 2016. Internationaler Vergleich der Ammoniak-Emissionen pro Hektare landwirtschaftlich genutzter Fläche (LN) im Jahr 2016. Für die Schweiz wurden 25 Prozent der Sömmerungsweideflächen als LN berücksichtigt (EKL 2020).

5. So können Ammoniak-Emissionen reduziert werden

Die Ammoniak-Emissionen können auf ein umweltverträgliches Niveau reduziert werden:

- Die Tierbestände an die verfügbare betriebliche Futtergrundlage und den Nährstoffbedarf der angebauten Kulturen anpassen und so den Nährstoffkreislauf möglichst zu schliessen.
- Die wirtschaftlich tragbaren agronomischen und technischen Emissionsminderungen voll ausnutzen.

Um das Umweltziel Ammoniak zu erreichen, müssen gemäss Eidgenössischer Kommission für Lufthygiene beide Strategien verfolgt werden. Sie könnten je ungefähr die Hälfte zur notwendigen Reduktion beitragen.

Ammoniak

5.1 Den Tierbestand an die betriebliche Futtergrundlage anpassen

Werden folgende zwei Regeln umgesetzt, trägt der Betrieb viel bei zu einem umweltgemässen Umgang mit Ammoniak.

1. Regel: Standortangepasster Tierbestand

In Bezug auf den Nährstoffkreislauf und die Belastbarkeit der Ökosysteme ist der Tierbestand standortangepasst, wenn die Nährstoffbilanz bei N in keinem Jahr über 100 Prozent des Bedarfs liegt. Im Optimalfall liegt sie unter 80 Prozent, v.a. bei grünlandbetonten Betrieben.

2. Regel: «feed no food»

Die Nährstoffkreisläufe werden auch geschlossen und die Ammoniak-Emissionen auf ein vertretbares Mass reduziert, wenn der Grundsatz «feed no food» (keine Lebensmittel verfüttern) umgesetzt wird. Das heisst, keine Produkte aus Ackerkulturen an Tiere verfüttern, welche die menschliche Ernährung konkurrenzieren, also auf Kulturen wie Futtergetreide, Soja oder Futtermais verzichten. Kunstwiesen im Rahmen einer bodenschonenden Fruchtfolge sind von dieser Regel ausgenommen ebenso wie die Verfütterung von Nebenprodukten aus der Nahrungsmittelproduktion wie Rapskuchen oder Zuckerrübenschnitzel.

5.2 Ammoniak-Emissionen mit technischen Massnahmen senken

Technische Massnahmen sind eine wichtige Ergänzung zu standortangepassten Tierbeständen. Die wichtigsten Massnahmen sind:

- Tiere so oft wie möglich weiden;
- Güllelager abdecken;
- Gülle emissionsarm ausbringen: wo möglich nicht nur Schleppschlauch, sondern Schleppschuh oder Gülleinjektion verwenden, welche die Emissionen nochmals stark verringern;
- Schweine (3-Phasen) und Hühner (Nred) N-optimiert füttern; stallbauliche Massnahmen (BAFU, BLW, 2011).

5.3 Mit Agrammon das Reduktionspotential abschätzen

Um abzuschätzen, wie stark technische Massnahmen die Ammoniak-Emissionen auf einem Betrieb reduzieren, lohnt es sich, das Online-Tool Agrammon von Ammoniak.ch (Agrammon) zu verwenden. Dieses ist frei verfügbar. Die Verwendung von Agrammon bedarf einer Einführung oder kann von einem ausgebildeten Berater eingesetzt werden.

So werden die vorhandenen Potentiale auf dem Betrieb sichtbar. Das ist eine ausgezeichnete Basis, um zu entscheiden, welche Massnahmen sich lohnen oder prioritär umgesetzt werden könnten. Im Idealfall sind einige Massnahmen sogar wirtschaftlich vorteilhaft, beispielsweise indem der Düngerzukauf reduziert werden kann oder das Wachstum der Kulturen profitiert.

6. Möglichkeiten des einzelnen Betriebes zur Ammoniakminderung

Der einzelne Betrieb hat verschiedene Möglichkeiten, seine Ammoniakemissionen zu reduzieren. Mit dem Tool Agrammon (Agrammon, 2022) kann das Potential ermittelt werden. Dabei gibt es direkt umsetzbare Massnahmen, die unter Umständen eine Anpassung der Betriebsabläufe erfordern. Eine der effektivsten Massnahmen für die Ammoniak-Minderung eines Betriebes ist die Weidehaltung, weil dabei praktisch keine Vermischung von Kot und Urin erfolgt und zudem der Urin sehr schnell in den Boden versickert.

Weitere Massnahmen (b), die mit Aufwand und Investitionen verbunden sind, können in die mittelfristige Betriebsplanung einbezogen werden. Eine längerfristige Investitionsplanung machen Massnahmen unter (c) nötig.

Tabelle 1: Massnahmen zur Ammoniakminderung
Quelle: (Maly P., 2020).
(a): direkt umsetzbare Massnahmen, (b): Massnahmen mit Aufwand und Investitionen, (c): bauliche Massnahmen mit Investitionen.

(a) Direkt umsetzbare Massnahmen	Empfehlung
N- und P-optimierte Fütterung	Gute Landwirtschaftspraxis
Weidehaltung	Für Rauhfuttertiere eine effektive Massnahme zur Ammoniak-Minderung in der Schweiz
Hohe Anzahl Laktationen	
Laufhof:	– Nutzung nur wenn sinnvoll (nicht beides: Weide und Laufhof) – Häufige Reinigung
Zeitpunkt der Düngerausbringung	– Verbot auf gefrorenen Boden – Düngerausbringung auf die Vegetationszeit abstimmen – Witterung: kühle, windstille und feuchte Witterung vermindert die NH_3-Emissionen

(b) Massnahmen mit Aufwand und Investitionen	Empfehlung
Festmistlager	– Feste Abdeckung mit Kunststofffolie oder -Vlies. – Oberfläche des Mistlagers kleinhalten – Dung trocken halten

Ammoniak

Tiefstreustall	Optimierte Strohmenge
Gülleausbringung muss grundsätzlich mit Schleppschlauch erfolgen (ab 2022) oder besserer Ausbringtechnik (z.B. Schleppschuh, Gülledrill oder Gülleinjektion)	– Gülleausbringung mit Prallteller nur in unwegsamem Gebiet – Im Ackerland Gülle einarbeiten
Mistausbringung	– Misteinarbeitung – Vor der Aussaat Mist innerhalb 4 Stunden einarbeiten

(c) Bauliche Massnahmen / Investitionen	Empfehlung
Stallkonzept - Stallorganisation: Saubere Funktionsbereiche	– trockene abgegrenzte Futter- und Ruheplätze mit kleinen Verschmutzungsflächen – 3 % Quergefälle zur Ableitung von Urin kombiniert mit – häufiger Entmistung, z.B. 12mal täglich (Schieber, Roboter (Steiner B., 2017)
Stallkonzept - optimale Lüftung: Einströmen kühler Luft, geringe Luftgeschwindigkeit am Boden, Beschattung	– Aussenklima, offene, verschliessbare Längsseiten – Ganzjährige Licht- und Lüftungsöffnungen – genügend trockene und leicht zu reinigende Laufflächen im Stall
Stallkonzept - Laufhof: Dimension	– Angepasste Fläche für Tierbestand (so klein wie nötig) – Schutz vor Sonneneinstrahlung und Hitze
Stallkonzept - Güllemanagement im Stall	– Güllekanäle in gedeckte Güllelager optimieren – keine flächig perforierte Böden
Geschlossener Stall: Abluftreinigung	– Chemiewäscher (Cercl'Air-Empfehlung Nr. 21-D (Cercl'Air, 2011)
Abdeckung Güllelager	– Grundsätzliche Vorschrift ab 2022
Grösse Güllelager	– Ausreichende Güllekapazität für das Ausbringen zum bestmöglichen Zeitpunkt für den Stickstoffbedarf der Pflanzen.

Ammoniak

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Entwicklung der Ammoniak-Emissionen aus der Tierproduktion von 1990 bis 2020.	5
Abb. 2:	Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff bei naturnahen Ökosystemen in der Schweiz im Jahr 2015	7
Abb. 3:	NH_3-Emissionen pro ha LN im Jahr 2016.	8

Kästchenverzeichnis

Kästchen 1:	Umweltziel Ammoniak	5

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Massnahmen zur Ammoniakminderung	10

Quellenangaben

Links überprüft 17.02.2025

Ammoniak.ch: https://agrammon.ch

Baur P., Krayer P. 2021: Schweizer Futtermittelimporte – Entwicklung, Hintergründe, Folgen. ZHAW. DOI 10.21256/zhaw-2400: https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstreams/9425bfd3-455c-4fd8-bf7e-5e2169e799bb/download

BAFU, BLW 2011: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft - Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe 2023. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/baulicher-umweltschutz-landwirtschaft.html

BAFU, BLW 2016: Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/umweltziele-landwirtschaft-statusbericht-2016.html

BAFU 2023: Landwirtschaft als Luftschadstoffquelle (admin.ch)

BAFU (Hrsg.) 2020: Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen und Ammoniak-Immissionen. Bewertung anhand von Critical Loads und Critical Levels insbesondere im Hinblick auf einen kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2003: 23 S. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/publikationen/uebermaessigkeit-von-stickstoff-eintraegen-und-ammoniak-immissionen.html

BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) 2020: Agrarbericht. Informationen zu Ammoniak unter https://2020.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/ammoniakemissionen

Ammoniak

Cercl'Air, 2011: Minderung von Emissionen aus der Landwirtschaft: Abluftreinigung bei Tierhaltungsanlagen. Schweizerische Gesellschaft der Luftfachleute. Cercl'Air-Empfehlung Nr. 21. https://cerclair.ch/assets/pdf/21D_2011-05-19_D_Abluftreinigung_bei_Tierhaltungs-anlagen.pdf

EKL 2020 (Eidgenössische Kommission für Lufthygiene): Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Situation mit Bezug zur Landwirtschaft im Zeitraum 2000–2018. Bern. 23 S. https://www.ekl.admin.ch/inhalte/ekl-dateien/dokumentation EKL-Stickstoffhaltige-Luftschadstoffe -in-der-Schweiz-200826-2_de.pdf

Guntern J. et al. 2020: Übermässige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. Swiss Academies Factsheet 15 (8). https://scnat.ch/de/uuid/i/15e01d00-e147-50a4-8e1b-870663bcfbf1-Zu_viel_Stickstoff_und_Phosphor_Schweizer_Lebensr%C3%A4ume_sind_stark_belastet#:~:text=%C3%9Cberm%C3%A4ssige%20Stickstoff%2D%20und%20Phosphoreintr%C3%A4ge%20in,Schweiz%20in%20einem%20neuen%20Faktenblatt

Kupper T., Häni C. 2022: Ammoniakemissionen der Schweizer Landwirtschaft 1990 bis 2020. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften Oetiker+Partner AG. https://www.agrarforschungschweiz.ch/2022/11 ammoniakemissionen-der-schweizer-landwirtschaft-1990-bis-2020/

Maly P. 2020: Evaluation von Massnahmen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft mit Erfahrungen aus der dänischen Landwirtschaft. 3V Ammoniakminderung. www.visionlandwirtschaft.ch/_visionlandwirtschaft_prod/uploads/pdf/20200721_BE_3V_BAFU_final.pdf

Steiner B. 2017: Wie sieht eine optimierte Stallbodengestaltung aus? Agroscope. https://arenenberg.tg.ch/public/upload/assets/78129/LSS2017_COO.2103.100.3.pdf

Vision Landwirtschaft 2019: NEWSLETTER 9.10.2019 Agrarpolitik: Vorbild Dänemark? https://www.visionlandwirtschaft.ch/de/themen/agrarpolitik-und-direktzahlungen/newsletter_oktober_19/