

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

Emissions d'ammoniac en Suisse de 1990 à 2010 et prévisions d'ici à 2020

Ammonia emissions for Switzerland 1990 to 2010 and previsions until 2020

Bericht auf Deutsch mit Zusammenfassung auf Französisch und Englisch
Rapport en allemand avec résumé en français
Report in German with summary in English

**Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
Bonjour Engineering GmbH
METEOTEST
Oetiker+Partner AG**

**Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU),
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität, 3003 Bern**

Mai 2013

Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien
Beauftragte:	Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften Bonjour Engineering GmbH METEOTEST Oetiker+Partner AG
Finanzierung:	Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Autoren und Institutionen:	Thomas Kupper Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, 3052 Zollikofen Cyrill Bonjour Bonjour Engineering GmbH, 4654 Lostorf Beat Achermann Bundesamt für Umwelt, Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität, 3003 Bern Beat Rihm METEOTEST, 3012 Bern Fritz Zaucker Oetiker+Partner AG, 4600 Olten Harald Menzi Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, 3052 Zollikofen

Inhalt

Zusammenfassung	6
Résumé.....	7
Summary.....	8
1 Einleitung und Zielsetzung	9
2 Material und Methoden.....	10
2.1 Landwirtschaftliche Emissionen: Modell und Berechnungsmethoden	10
2.1.1 Einführung	10
2.1.2 Modellgrundlagen	10
2.1.3 Modell Agrammon zur Berechnung der Emissionen.....	12
2.1.4 Tierzahlen	17
2.1.5 Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik.....	17
2.1.6 Einzelbetriebliche Berechnung.....	22
2.1.7 Berechnung von mittleren Emissionsfaktoren (Betriebs- und Tierkategorien).....	22
2.1.8 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz.....	22
2.1.9 Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS	23
2.2 Eingabedaten.....	24
2.2.1 Tierzahlen	24
2.2.2 Landwirtschaftsflächen	25
2.2.3 Milchleistung.....	25
2.2.4 Produktionssysteme und –techniken.....	26
2.2.5 Mineralische Stickstoffdünger.....	28
2.2.6 Recyclingdünger.....	28
2.3 Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen.....	29
2.4 Ammoniakemissionen aus natürlichen Quellen in der Schweiz	29
2.5 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020.....	30
3 Resultate.....	32
3.1 Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen 2010	32
3.1.1 Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen	32
3.1.2 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen.....	33
3.1.3 Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen	34
3.1.4 Ammoniakemissionen aus natürlichen Quellen in der Schweiz.....	34
3.1.5 Räumliche Verteilung der Emissionen in der Schweiz.....	34

3.2	Entwicklung der Ammoniakemissionen 1990-2010.....	36
3.2.1	Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen	36
3.2.2	Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen.....	36
3.2.3	Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen	39
3.3	Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020.....	40
3.4	Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS.....	42
3.4.1	Einleitung.....	42
3.4.2	Weide.....	42
3.4.3	Aufstallungssysteme und Laufhof.....	42
3.4.4	Gütlelager, Ausbringung von Mist und Gülle	44
3.4.5	Resultate der Emissionsrechnung mittels Agrammon Regionalmodell.....	44
4	Diskussion und Schlussfolgerungen	46
4.1	Entwicklung von Produktionstechnik, N-Flüssen, Emissionsfaktoren und Emissionen	46
4.1.1	Allgemeines	46
4.1.2	Milchkühe.....	46
4.1.3	Mastschweine	48
4.1.4	Mastpoulets	50
4.2	Zeitreihe der Emissionen im Vergleich zur Zeitreihe der Immissionen	51
4.3	Unsicherheiten und deren Auswirkungen	53
4.3.1	Eingabeparameter	53
4.3.2	Technische Parameter	54
4.4	Schlussfolgerungen	54
5	Verdankungen	55
6	Literatur.....	56
7	Anhang	59
7.1	Umfrage 2010: Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge.....	59
7.2	Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2020.....	64
7.3	Einfluss von Modelländerungen auf die Resultate der Hochrechnungen.....	72
7.4	Vergleich der Emissionsfaktoren und TAN Flüsse von 1990 und 2010	73
7.4.1	Einleitung.....	73
7.4.2	Milchkühe.....	73
7.4.3	Übrige Rinderkategorien.....	74
7.4.4	Mastschweine	74
7.4.5	Übrige Tierkategorien	76

7.5 Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS.....	77
7.6 Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2010	82
7.7 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2010.....	103
7.8 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010.....	104
7.9 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007.....	105
7.10 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002.....	106
7.11 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995.....	107
7.12 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990.....	108
7.9 Abkürzungen.....	109
7.10 Glossar.....	110

Zusammenfassung

Die Schweiz ist aufgrund internationaler Abkommen (UNECE) verpflichtet, die Ammoniakemissionen periodisch zu berechnen und über die Resultate Bericht zu erstatten. Das Ziel dieser Abkommen besteht darin, Stickstoffeinträge in naturnahe Ökosysteme sowie die Bildung von sekundären Luftschadstoffen zu vermindern. Die Berechnung der Ammoniakemissionen erfolgte mit Hilfe des Modells Agrammon.

Die Berechnung der gesamtschweizerischen landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen erfolgte für die Jahre 1990, 1995, 2002, 2007 und 2010. Für die Rechnungen 2002, 2007 und 2010 wurden die relevanten produktionstechnischen Parameter mittels Umfragen ermittelt. Die verwendete repräsentative Stichprobe der Betriebe war in 32 Klassen aufgeteilt (3 Regionen, 4 Höhenstufen, 5 Betriebsarten). Insgesamt wurden die Daten von 1950 Betrieben (2002), 3133 Betrieben (2007) und 2957 Betrieben (2010) ausgewertet. Für jeden Betrieb der Stichprobe wurden die Ammoniakemissionen mit dem Modell Agrammon berechnet. Die resultierenden mittleren Emissionsfaktoren (Stickstoffmenge pro Nutztier, die in Form von Ammoniak, NH_3 , emittiert wird) für 24 Nutztierkategorien jeder Betriebsklasse wurden mit den Gesamtanzahlen der Schweiz hochgerechnet. Zusätzlich erfolgte die Berechnung der Emissionen aus dem Pflanzenbau, aus nicht-landwirtschaftlichen sowie aus natürlichen Quellen. Die produktionstechnischen Parameter der Emissionsrechnungen für 1990 und 1995 basieren auf Angaben aus der Literatur und Expertenannahmen.

Im Jahr 2010 wurden aus der Landwirtschaft 48.3 kt Stickstoff ($\text{NH}_3\text{-N}$) als Ammoniak emittiert. Mit einem Anteil von 92 % war sie Hauptverursacherin der gesamten Ammoniakemissionen (52.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). Innerhalb der Landwirtschaft trug die Tierproduktion mit 90 % (43.5 kt $\text{NH}_3\text{-N}$; Anteil Rindvieh: 70 %; Anteil Schweine 13 %) am stärksten zu den Emissionen bei. Die Verluste aus dem Pflanzenbau lagen bei 4.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Gesamtschweizerisch waren die Hofdüngerausbringung sowie Stall/Laufhof (46 % bzw. 34 % der Emissionen der Tierproduktion) die wichtigsten Emissionsstufen. Rund 3.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ bzw. 7 % der Gesamtemissionen stammten aus nicht-landwirtschaftlichen Quellen (Industrie/Gewerbe, Verkehr, Haushalte, Abfallbewirtschaftung). Die natürlichen Emissionen betragen 0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ bzw. 1 % der Gesamtemissionen.

Die gesamten anthropogenen Emissionen nahmen zwischen 1990 und 2010 um 13 % und die landwirtschaftlichen Emissionen um 16 % ab. Die Abnahme der Emissionen des Rindviehs betrug 12 % und derjenigen der Schweine 29 %. Die Emissionen von Geflügel lagen 2010 um 6 %, diejenigen von Pferden und übrigen Equiden sowie von Kleinwiederkäuern um 97 % bzw. 21 % über dem Stand von 1990. Die Weideemissionen nahmen zwischen 1990 und 2010 um 81 % und die Emissionen aus Stall/Laufhof um 36 % zu. Die Anteile der Hofdüngerlager- und Hofdüngerausbringungsemissionen gingen um 18 % bzw. 32 % zurück. Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) betragen im Jahr 1990 40 % und im Jahr 2010 51 % der Emissionen aus der Tierproduktion.

Der Verlauf der Emissionen aus der Tierproduktion lässt sich weitgehend mit der Entwicklung der Tierbestände und den Veränderungen der Produktionstechnik erklären, die vor allem auf die neue Agrarpolitik und die darin enthaltenen Massnahmen zugunsten des Tierwohls zurückzuführen sind. Der zeitliche Verlauf der seit dem Jahr 2000 durchgeführten Immissionsmessungen stimmt gut mit der Entwicklung der modellierten Emissionen ab 2002 überein. Auch künftig sollen die zeitlichen Verläufe der Ammoniakemissionen und -immissionen sowie die jeweiligen Anteile der verschiedenen Quellen an den Belastungen vertieft analysiert werden.

Résumé

En accord avec ses engagements internationaux (CEE-ONU), la Suisse est tenue de calculer périodiquement les émissions d'ammoniac et d'en rapporter les résultats. Ces accords visent à diminuer l'apport en azote dans les écosystèmes naturels ainsi que la formation de polluants gazeux secondaires. Le calcul des émissions d'ammoniac se fait en Suisse au moyen du modèle Agrammon.

Les émissions d'ammoniac totales provenant de l'agriculture suisse ont été déterminées pour les années 1990, 1995, 2002, 2007 et 2010. Pour 2002, 2007 et 2010, les paramètres importants liés aux techniques de production ont été répertoriés à l'aide d'enquêtes. L'échantillon représentatif des exploitations est divisé en 32 classes (3 régions, 4 zones d'altitude, 5 types d'exploitation). Au total, les données de 1950 exploitations en 2002, de 3133 exploitations en 2007 et de 2957 exploitations en 2010 ont été récoltées. Pour chaque exploitation de l'échantillon, les émissions ont été calculées avec le modèle Agrammon. Les facteurs d'émissions moyens qui en ont résulté (soit la quantité d'azote relâchée sous forme d'ammoniac, NH_3 , par chaque animal) pour 24 catégories d'animaux de rente de chaque classe d'exploitations ont été extrapolés au nombre total d'animaux de rente en Suisse. En outre, les émissions provenant de la production végétale, des sources non-agricoles et naturelles ont aussi été calculées. Les paramètres liés aux techniques de production utilisés pour le calcul des émissions de 1990 et de 1995 sont basés sur des données issues de la littérature ainsi que sur le jugement d'experts.

En 2010, les émissions d'ammoniac provenant de l'agriculture étaient de 48.3 kt d'azote ($\text{NH}_3\text{-N}$). L'agriculture est la source principale des émissions d'ammoniac suisses (52.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$) avec 92 % des émissions totales. Au sein de l'agriculture même, la production animale représente la source majeure avec 90 % des émissions agricoles (43.5 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, dont 70 % proviennent des bovins et 13 % des porcs). Les émissions provenant de la production végétale se montent à 4.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Au niveau suisse et toujours en 2010, l'épandage des engrais de ferme ainsi que les stabulations / parcours extérieurs constituent des sources majeures, soit respectivement 46 % et 34 % des émissions provenant de la production animale. Environ 3.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, soit 7 % des émissions totales, sont dues aux sources non agricoles (industrie/artisanat, trafic, ménages, gestion des déchets). Les émissions naturelles constituaient 0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, soit 1 % des émissions totales.

Entre 1990 et 2010, les émissions anthropogènes totales ont diminuées de 13 % et les émissions agricoles de 16 %. La réduction des émissions des bovins représente 12 % et celle des porcs 29 %. En 2010, les émissions de la volaille ont augmenté de 6 % par rapport à 1990 et celles des chevaux et autres équidés de 97 % et celles des petits ruminants de 21 %. Les émissions provenant des pâturages et celles issues de la stabulation et des parcours extérieurs ont quant à elles augmenté respectivement de 81 % et de 36 %. La part des émissions produites par le stockage des engrais de ferme ont diminué de 18 % et celles issues de leur épandage de 32 %. En 1990, les émissions dues aux sources ponctuelles (stabulation et du parcours extérieur, stockage des engrais de ferme) représentaient 40 %. Elles ont augmenté et représentent 51 % des émissions provenant de la production animale en 2010.

L'évolution des émissions issues de la production animale s'explique en grande partie par le développement des cheptels et les modifications des techniques de production. Ces dernières sont surtout liées à la nouvelle politique agricole, y compris les mesures pour le bien-être des animaux. Les mesures des immissions effectuées depuis 2000 concordent avec les émissions modélisées depuis 2002. L'évolution des émissions et des immissions d'ammoniac ainsi que la contribution des différentes sources aux quantités totales continueront à faire l'objet d'analyses approfondies.

Summary

In the framework of international agreements (UNECE), Switzerland is committed to periodically calculate the ammonia emissions and to report the results. The aim of these agreements is to reduce the nitrogen inputs into natural and semi-natural ecosystems as well as the generation of secondary air pollutants. The calculation of the ammonia emissions was carried out by means of the model Agrammon.

The total agricultural ammonia emissions of Switzerland were calculated for 1990, 1995, 2002, 2007 and 2010, respectively. For the calculations of 2002, 2007 and 2010, the relevant farm management parameters were assessed on the basis of representative stratified surveys which included 32 farm classes (three geographical regions and four altitude zones, five farm types). In total, data from 1950 farms (2002), 3133 farms (2007) and 2957 farms (2010) were evaluated. For each farm included in the sample, the ammonia emissions were individually calculated by means of the model Agrammon. The resulting average emission factors (i.e. the amount of nitrogen per animal emitted as ammonia, NH_3) for 24 livestock categories of each farm class were used, together with the total number of livestock, to calculate the total national emissions. Additionally, the emissions from plant production, from anthropogenic non-agricultural and natural sources were calculated. The relevant farm management parameters for 1990 and 1995 were based on data obtained from literature and on expert judgments.

In 2010, 48.3 kt of nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) were emitted from agriculture as ammonia. With a portion of 92%, agriculture was the major source of the total ammonia emissions (52.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). Within the agricultural emissions, livestock production contributed with 90% the most important portion of the emissions (i.e. 43.5 kt $\text{NH}_3\text{-N}$; portion cattle: 70%; portion pigs 13%). The losses from plant production were 4.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. At the national level, application of manure and housing/exercise yard were the most important emission stages contributing 46% and 34%, respectively, to the emissions from livestock. About 3.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ or 7% of total emissions originated from non-agricultural sources (industry/craft industry, traffic, private households, waste management). The emissions due to natural sources reached 0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ or 1% of the total emissions.

Total anthropogenic emissions decreased by 13% and the agricultural emissions by 16% between 1990 and 2010. In this period, the decline of the emissions was 12% for cattle and 29% for pigs. Ammonia emissions increased by 6% for poultry, by 97% for horses and other equids and by 21% for small ruminants, respectively. Emissions originating from grazing increased by 81% and from housing/exercise yard by 36%. The proportions of the emissions from manure storage and manure application were reduced by 18% and 32%, respectively. The contribution of emissions from point sources (housing/exercise yard and manure storage) relative to the total emissions from livestock production was 40% in 1990 and 51% in 2010, respectively.

The development of the emissions from livestock can be explained mostly by the trends of the number of livestock and changes in the production technique which were mainly affected by the new agricultural policy and the measures for improving animal welfare included therein. The time series of air quality measurements carried out since 2000 are quite well in agreement with the time course of the emissions modeled since 2002. The trends of ammonia emissions and monitored ammonia and ammonium concentrations as well as the contributions of the different emission sources to the total loads shall be studied continuously.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Ammoniakemissionen aus Landwirtschaft, Verkehr, Industrie/Gewerbe, Abfallbewirtschaftung und Haushalte bilden zusammen mit den Stickoxid-Emissionen aus der Verbrennung fossiler und biogener Brenn- und Treibstoffe die wichtigsten Quellen von reaktiven Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre. Diese werden über unterschiedlich grosse Distanzen verfrachtet, nehmen an chemischen Reaktionen in der Atmosphäre teil und werden schliesslich in ihrer ursprünglichen oder in umgewandelter Form über die verschiedenen Depositionspfade in Böden und Oberflächengewässer eingetragen. So tragen sie wesentlich zur Versauerung und Eutrophierung von empfindlichen Ökosystemen bei (z.B. Wälder, Hochmoore, artenreiche Naturwiesen, Heidelandschaften), mit vielfältigen Langzeit-Auswirkungen auf Vegetation und Fauna (Biodiversität) sowie deren Struktur und Funktion. Stickstoffverbindungen sind auch von grosser Bedeutung bei der Bildung des bodennahen Ozons und weiterer Photooxidantien, die vor allem während Sommersmogepisoden in erhöhten Konzentrationen auftreten. Diese Folgeschadstoffe haben Auswirkungen auf die Vegetation und die menschliche Gesundheit. Stickstoffverbindungen tragen überdies zur Bildung sekundärer Aerosole bei, die Bestandteil des lungengängigen Feinstaubes sind.

Zuverlässige Inventare der Emissionen und ihre Zuordnung zu Quellengruppen sind unerlässlich, um die ablaufenden Prozesse in der Umwelt verstehen, quantifizieren und modellieren zu können. Messungen der Umweltbelastungen ergänzen die Inventarisierung der Emissionen und geben Hinweise, ob und inwieweit die Emissionen den Quellengruppen korrekt zugeordnet sind. Die Schweiz ist sowohl aufgrund der nationalen Gesetzgebung (USG, LRV) als auch aufgrund internationaler Abkommen (UNECE) verpflichtet, die Belastung der Umwelt mit Luftschadstoffen zu erheben und über den Stand der Emissionen und Immissionen regelmässig Bericht zu erstatten. Sowohl die Emissions- als auch die Immissionsdaten helfen, den Handlungsbedarf betreffend Minderung der Belastungen gezielt beurteilen zu können.

Der vorliegende Bericht informiert über das Vorgehen zur Quantifizierung der landwirtschaftlichen und nicht-landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen. In Anlehnung an die Vorgaben des internationalen Handbuchs zur Erstellung von Emissionsinventaren (EMEP/CORINAIR, 2007; EMEP/EEA 2009) wurde zur Quantifizierung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen die vorgeschlagene detaillierte Methodik auf der Grundlage eines Stickstoffflussmodells angewendet (tier 3 approach). Damit können die Emissionen prozessorientiert von der Stickstoff-Ausscheidung der Tiere über die Stall- und Weidehaltung, die Hofdüngerlagerung und die Hofdüngerausbringung abgebildet werden. Nur mit einem solchen Ansatz kann der Einfluss von produktionstechnischen Parametern eines Betriebs auf die Emissionen wiedergegeben werden. Das sowohl für einzelbetriebliche als auch für die gesamtschweizerische Anwendung entwickelte Modell Agrammon ist der grundlegende Baustein für die Berechnung der Ammoniakemissionen. Es ist ein Hilfsmittel, mit dem der aktuelle Stand und die Veränderung der Emissionen im Falle von strukturellen und produktionstechnischen Anpassungen auf einem Betrieb evaluiert werden können. Agrammon kann zur Planung von emissionsmindernden Massnahmen verwendet werden, hat aber keinesfalls den Status eines rechtsverbindlichen Vollzugsinstruments.

Neben einem zuverlässigen Berechnungsmodell sind aber auch die Qualität der verfügbaren Inputdaten und die Methodik der Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz von grosser Bedeutung. Eine Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz wurde für die Jahre 2010, 2007, 2002, 1995 und 1990 durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Verfügbarkeit von Grundlagendaten kamen verschiedene Verfahren zur Anwendung. Der Bericht gibt zu diesen Verfahren und zu den Ergebnissen für die Zeitreihe der Emissionen von 1990 bis 2010 detailliert Auskunft.

Das Emissionsmodell Agrammon für landwirtschaftliche Einzelbetriebe ist direkt übers Internet zugänglich (www.agrammon.ch) und umfassend dokumentiert. Es bildet so eine Plattform, die allgemein zugänglich ist, und die in Bezug auf die Abbildung und Parametrisierung der emissionsrelevanten Prozesse regelmässig dem Stand des Wissens angepasst werden kann.

2 Material und Methoden

2.1 Landwirtschaftliche Emissionen: Modell und Berechnungsmethoden

2.1.1 Einführung

Das Modell Agrammon ist als Instrument zur Berechnung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen und zur Beurteilung des Einflusses von Änderungen von Betriebsstruktur und Produktionstechnik auf die Emissionen entwickelt worden. Es kann für die Quantifizierung der Emissionen eines Einzelbetriebs eingesetzt werden und richtet sich für diese Anwendung an die landwirtschaftliche Beratung, die betroffenen Behörden und die landwirtschaftliche Praxis. Via Web-Oberfläche ist es kostenlos zugänglich (<http://www.agrammon.ch>). Weiter wird das Modell zur Erstellung des gesamtschweizerischen Ammoniak-Emissionsinventars im Hinblick auf die Berichterstattung im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution; LRTAP, UNECE) verwendet. Damit erfüllt die Schweiz ihre Verpflichtungen im Rahmen dieses Übereinkommens. Für diese Berechnungen sind im Vergleich zur einzelbetrieblichen Modellrechnung zusätzliche Datengrundlagen und Rechenschritte erforderlich, welche nicht allgemein zugänglich sind. Die Modellgrundlagen und die Modellrechnungen sind jedoch für beide Anwendungsbereiche identisch.

Das Modell entspricht den Anforderungen des internationalen Handbuchs zur Erstellung von Emissionsinventaren (EMEP/CORINAIR, 2007; EMEP/EEA 2009). Die Modellgrundlagen basieren auf dem aktuellen Stand der Kenntnisse. Sie sind dokumentiert und online zugänglich (<http://www.agrammon.ch>). Das Modell wird in Zukunft regelmässig dem neuesten Stand der Kenntnisse angepasst.

2.1.2 Modellgrundlagen

2.1.2.1 Stickstofffluss Modell

Die Grundlage für die Berechnung der Ammoniakemissionen mittels Agrammon bildet ein Stickstoffflussmodell. Ausgehend von der in den Exkrementen der Nutztiere enthaltenen Stickstoffmenge (N) bildet das Modell den Stickstofffluss über die Emissionsstufen Tierhaltung (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) ab. Die Emissionen beim Einsatz von mineralischen N-Düngern und Recyclingdüngern im Pflanzenbau sowie jene der landwirtschaftlichen Nutzfläche werden ebenfalls berücksichtigt (Abbildung 1).

Für die Emissionen ist nicht in erster Linie der gesamte von den Tieren ausgeschiedene Stickstoff (N_{tot}) relevant, sondern vor allem der lösliche Stickstoff (TAN; Englisch: Total Ammoniacal Nitrogen). Dieser bildet die Basis zur Bildung von Ammoniak (NH_3), der aus dem mit dem Urin ausgeschiedenen Harnstoff bei gleichzeitiger Anwesenheit von festen Exkrementen (Kot) entsteht. Bei den Emissionsstufen Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager, Hofdüngerausbringung werden die Ammoniakverluste mittels Emissionsraten in Prozent des durchfliessenden löslichen Stickstoffs berechnet. Für die Güllelagerung wird davon ausgegangen, dass Ammoniak von der Gülleoberfläche unabhängig des Füllstands des Lagerbehälters freigesetzt wird. Daher kommt für diese Emissionsstufe eine Emissionsrate proportional zur Oberfläche des Güllelagers zur Anwendung (g N pro m^2). Bei der Mistlagerung wird zusätzlich die Immobilisierung eines gewissen Anteils des TAN und bei der Güllelagerung die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff zu TAN berücksichtigt.

Im Pflanzenbau geht ein gewisser Anteil des mit Mineral- bzw. Recyclingdünger ausgebrachten Stickstoffs als Ammoniak verloren. Die Emissionsrate wird unter Berücksichtigung der Düngerart in Prozent der Menge des ausgebrachten Gesamtstickstoffs ausgedrückt. Schliesslich führen auch Vorgänge in Pflanzen und Böden zu Ammoniakemissionen. Die Emissionsrate wird als $\text{kg Ammoniakstickstoff pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche}$ ausgedrückt.

Als Ergebnis der Modellrechnung resultieren der Fluss von Gesamtstickstoff (N_{tot}) und TAN in kg N pro Jahr sowie die Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3\text{-N pro Jahr}$.

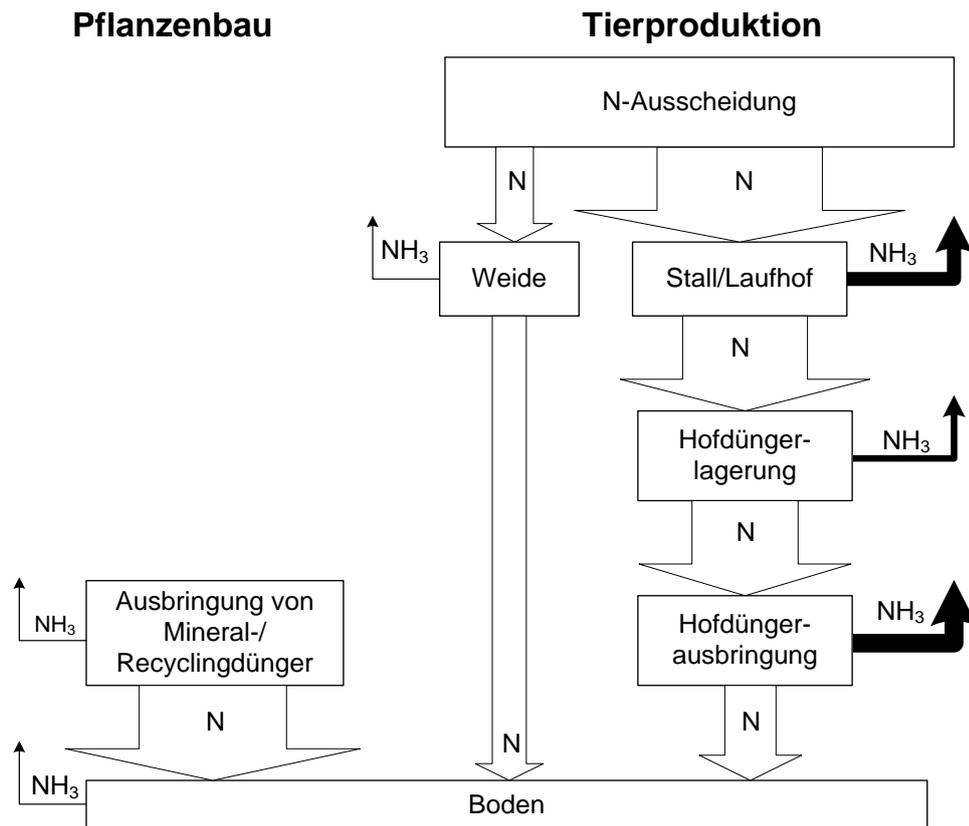


Abbildung 1: Darstellung des Stickstoffflussmodells, das dem Model Agrammon hinterlegt ist.

2.1.2.2 Technische Parameter

Die Grundlage des Modells bilden die Beschreibungen der emissionsrelevanten Prozesse innerhalb des Betriebs. Technische Parameter wie die Stickstoffausscheidungen der Tierkategorien, die Emissionsraten sowie Korrekturfaktoren, welche den Einfluss produktionstechnischer Parameter abbilden, beeinflussen die Emissionen. Die Stickstoffausscheidungen der verschiedenen Tierkategorien wurden von den Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF; Flisch et al., 2009) übernommen. Die Emissionsraten stellen ausser beim Hofdüngerlager den Anteil des Stickstoffflusses (in %) dar, der innerhalb einer Emissionsstufe als Ammoniak emittiert wird. Korrekturfaktoren passen die Emissionsraten aufgrund von produktionstechnischen Grössen an. Zum Beispiel führt die feste Abdeckung eines Güllelagers zu einer Verminderung der Ammoniakemissionen von der Gülleoberfläche im Vergleich zu einem offenen Lager. Die Emissionsraten und die Korrekturfaktoren basieren auf wissenschaftlichen Versuchen in der Schweiz sowie wissenschaftlichen Daten aus dem Ausland. Sie wurden soweit möglich und sinnvoll auf die von der UNECE vorgeschlagenen Werte abgestimmt (UNECE 2007). Daten aus dem Ausland wurden wo nötig für die Bedingungen in der Schweiz angepasst. Falls in der Fachliteratur keine detaillierten Angaben verfügbar waren, kamen Expertenschätzungen zur Anwendung. Eine Liste der im Modell verwendeten technischen Parameter mit Angabe der Grundlagen zu deren Herleitung ist online verfügbar¹. Die Werte der technischen Parameter sind festgelegt und können bei der Anwendung des Modells nicht verändert werden.

Zur Berechnung der Ammoniakemission eines landwirtschaftlichen Betriebes werden betriebspezifische Angaben zur Anzahl der Tiere, zu Fütterung, Weide, Aufstallung, Laufhof, Hofdüngerlager, Hofdüngerausbringung, Einsatz von mineralischen N-Düngern und Recyclingdünger sowie zur landwirtschaftlichen Nutzfläche benötigt. Diese Eingabeparameter basierten für die Erstellung des Ammoni-

¹ <http://agrammon.ch/downloads> („Technische Parameter Modell Agrammon“; „Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon“)

akemissionsinventars der Schweiz auf Daten aus Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik oder wurden von andern Grundlagen hergeleitet, soweit keine Daten aus Umfragen verfügbar waren (vgl. Kap. 2.1.5).

2.1.3 Modell Agrammon zur Berechnung der Emissionen

2.1.3.1 Modell-Architektur

Um die Nachvollziehbarkeit der Berechnungen ebenso wie die längerfristige Wartbarkeit des Modells Agrammon sicherzustellen, mussten die folgenden Vorgaben beim Design und bei der Implementierung der Agrammon Software berücksichtigt werden:

1. Die Modell-Algorithmen sind in einer Form dokumentiert, die für Wissenschaftler ohne spezielle Ausbildung in Software-Entwicklung und Programmierung verständlich ist.
2. Die Konsistenz der Dokumentation und der Implementierung ist sichergestellt, insbesondere auch während Veränderungs- und Entwicklungsprozessen des Modells.
3. Das Modell kann mit minimalem Programmieraufwand verbessert und erweitert werden.
4. Veränderungen der Modell-Struktur und der zugrunde liegenden Prozesse sind nachvollziehbar dokumentiert.

Durch diese Bedingungen ist sichergestellt, dass die Simulationsergebnisse über die gesamte Nutzungsdauer des Modells anhand der zugrunde liegenden wissenschaftlichen Prozessbeschreibungen interpretiert und nachvollzogen werden können.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde die in Abbildung 2 dargestellte Architektur definiert und wie folgt implementiert:

- a) Die einzelnen im Modell Agrammon enthaltenen Prozesse werden in Text-Dateien beschrieben und dokumentiert (Module).
Während die Dokumentation in fast beliebiger Struktur erstellt werden kann, wird für die mathematische Beschreibung der Prozesse eine klar definierte „maschinenlesbare“ Struktur verwendet. Die Formeln werden in der (in einzelnen Aspekten vereinfachten) Syntax der Programmiersprache Perl beschrieben.
- b) Ein ebenfalls in Perl implementiertes Programm (Parser) liest die einzelnen Module ein und generiert anhand der darin beschriebenen Abhängigkeiten automatisch
 - ein ausführbares Simulations-Programm
 - Einlese Routinen (Input-Parser) für die technischen Parameter und für Eingabeparameter.
 - ein Web-Frontend (Benutzer-Interface) zur Bedienung des Einzelbetriebsmodells (Eingabe von Eingabeparametern, eigentliche Berechnung sowie Darstellung der Resultate).
 - eine druckbare Dokumentation aller Prozessbeschreibungen.
- c) Alle beschriebenen Komponenten des Modells Agrammon werden mit einem Versionsverwaltungsprogramm (Revision Control System) gespeichert, so dass Änderungen an allen Elementen jederzeit nachvollzogen und allenfalls auch rückgängig gemacht werden können.

Alle beschriebenen Komponenten werden zur Laufzeit des Modells erzeugt, sodass Änderungen am Modell ohne Programmieraufwand einzig durch Modifikation der Modellbeschreibungsdateien möglich sind und unmittelbar genutzt werden können. Die Modellentwickler können sich daher auf die Umsetzung der wissenschaftlichen Aspekte der Simulation konzentrieren.

Weitere Details zum Modell Agrammon sind auf der Agrammon-Website dargestellt².

² <http://agrammon.ch>

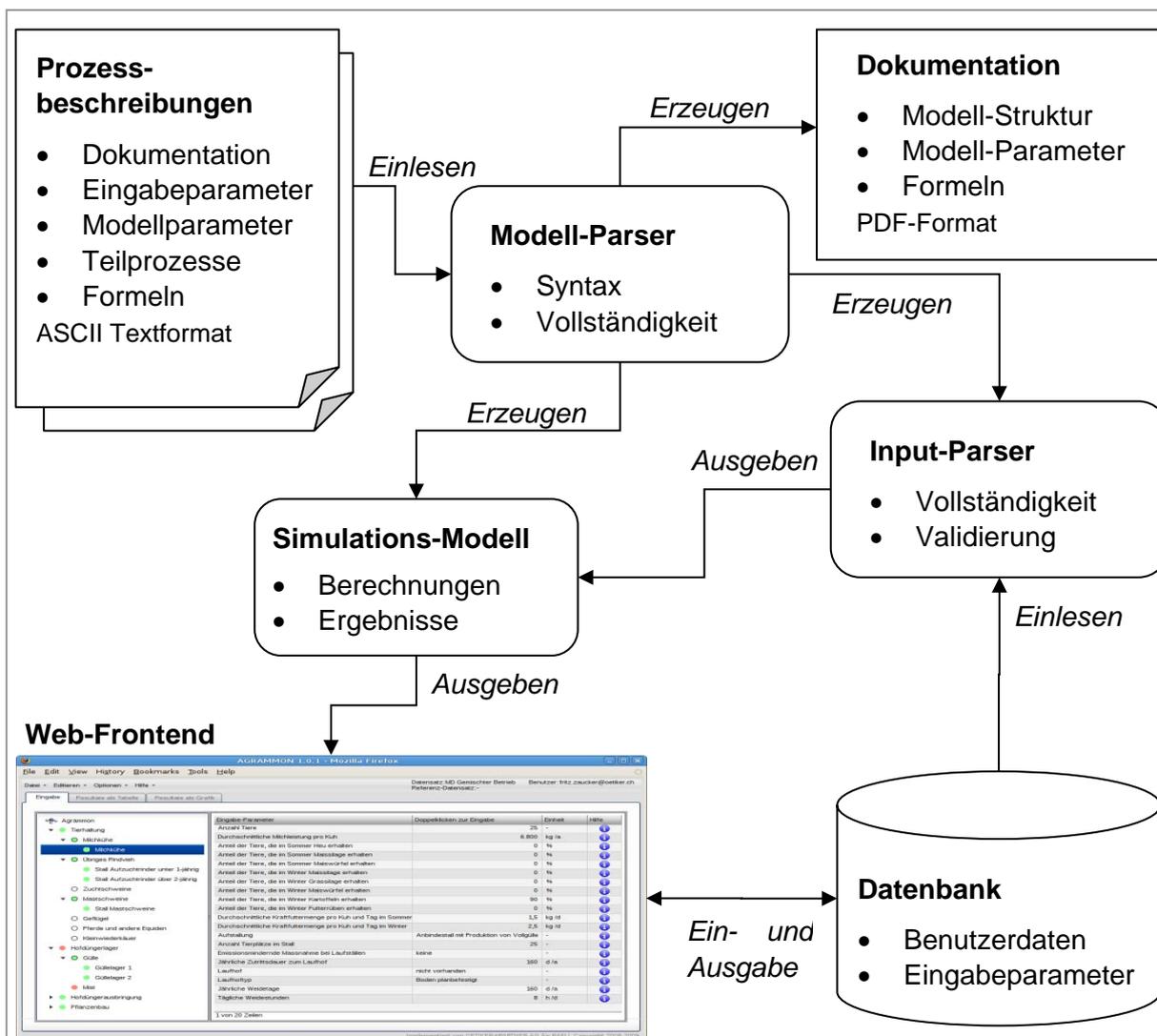


Abbildung 2: Schematische Darstellung der verschiedenen Komponenten des Einzelbetriebsmodells. Der Modell-Parser liest die Prozessbeschreibungen ein und erzeugt daraus einerseits das eigentliche Simulations-Modell und die Einleseschnittstelle (Input-Parser) für die Berechnung und andererseits die Benutzerschnittstelle (Web-Frontend) für die Eingabe und Speicherung (Datenbank) der Betriebsparameter und die Anzeige der Simulationsergebnisse. Ausserdem kann auch die Dokumentation (in PDF-Format) aus den Prozessbeschreibungen generiert werden.

2.1.3.2 Einzelbetriebsmodell

Das Einzelbetriebsmodell ist als Web-Applikation implementiert. Dadurch können neue Modellversionen zentral installiert und damit unmittelbar und gleichzeitig allen Benutzern zur Verfügung gestellt werden, ohne Notwendigkeit einer aufwändigen Software-Verteilung und Installation. Durch den Einsatz moderner Web 2.0 Technologien konnte eine Benutzer-Schnittstelle implementiert werden, die einen vergleichbaren Komfort bietet wie lokal auf dem Arbeitsplatzrechner installierte Software.

Der Zugang zum Modell Agrammon erfolgt über <http://agrammon.ch/public>. Um Betriebsdatensätze speichern zu können, ist eine Authentisierung mit Benutzername (Email-Adresse) und Passwort notwendig.

Die Eingabe der Eingabeparameter erfolgt in tabellarischen Masken, auf die mittels einer hierarchischen Navigation gemäss der Modellstruktur zugegriffen werden kann. Innerhalb der meisten Modellbereiche können vom Benutzer selbst Kategorien angelegt werden (z.B. Stallungen mit spezifischen Nutztierkategorien), sodass ein bestimmter landwirtschaftlicher Betrieb möglichst realitätsnah abgebildet werden kann. Rechnungen können nur durchgeführt werden, wenn alle in der Eingabemaske aufgeführten Kategorien vollständig ausgefüllt sind. Rote Markierungen zeigen an, wo Eingabe-

ben fehlen. Zur Speicherung der Eingabeparameter dient ein auf dem Server installiertes Datenbanksystem, das es jedem Benutzer ermöglicht, beliebig viele Betriebsdatensätze zu erstellen und zu verwalten. Sobald alle Eingabeparameter vollständig eingegeben sind, kann die Berechnung der Emissionen Server seitig durchgeführt werden. Die Resultate werden automatisch an die Web-Applikation übertragen und können dort in verschiedenen tabellarischen und graphischen Darstellungen angezeigt werden. Durch eine Export-Funktion der Resultate und der zugehörigen Betriebsparameter sind eigene Auswertungen und Darstellungen möglich.

2.1.3.3 Hochrechnungen

Das Modell Agrammon kann auch in einem „Offline“-Modus betrieben werden (nicht öffentlich zugänglich), wobei Datensätze von Betriebsparametern entweder aus der Agrammon-Datenbank oder auch aus separat bereitgestellten Dateien eingelesen werden können. Dadurch ist es z.B. möglich, aus Umfrage-Daten erstellte Betriebsdatensätze automatisch zu verarbeiten, ohne diese einzeln über das Benutzer-Interface eingeben zu müssen. Die Resultate solcher Einzelbetriebsrechnungen können elektronisch weiter verarbeitet werden.

Mit dem bestehenden Modell ist es möglich, die rund 3000 Einzelbetriebsrechnungen, auf denen die Hochrechnungen von 2002, 2007 und 2010 beruhen (vgl. Kap. 2.1.5.2, 2.1.8), auf einem modernen PC-Arbeitsplatzrechner in weniger als einer Stunde durchzuführen. Durch Optimierungen der Modell-Implementierung kann diese Rechenzeit wahrscheinlich noch deutlich reduziert werden, so dass umfangreiche Szenarien- und Variantenrechnungen möglich sein werden.

2.1.3.4 Betrieb und Support

Das Modell Agrammon ist auf einem Server installiert, der bei einem professionellen Internet-Service-Provider ans Internet angeschlossen ist. Für technische und fachliche Anfragen durch die Benutzer des Modells stehen zwei Email-Adressen zur Verfügung. Um den Support-Aufwand minimal zu halten, können neue Benutzer-Konten (Benutzername und Passwort) vom Benutzer selbst über das Web-Interface erstellt werden.

2.1.3.5 Verwendete Technologien

Das Modell Agrammon ist vollständig mit Opensource-Software-Komponenten implementiert, sodass für den Betrieb keine Software-Lizenzkosten anfallen:

- Programmierung:
 - Web-Frontend: JavaScript-Framework Qooxdoo: <http://qooxdoo.org>
 - Backend: Programmiersprache Perl: <http://www.perl.org>
- Server-Dienste:
 - Betriebssystem Ubuntu Linux: <http://www.ubuntu.com/>
 - Datenbank-System PostgreSQL: <http://www.postgresql.org>
 - Webserver Apache: <http://httpd.apache.org>
 - Revision Control System Subversion: <http://subversion.tigris.org/>

2.1.3.6 Regionalmodell

Das Agrammon Regionalmodell basiert auf den gleichen Grundlagen wie das Einzelbetriebsmodell (Modellarchitektur, Programmierung etc.). Die Weboberfläche zur Eingabe der Daten ist analog strukturiert. Das Regionalmodell erlaubt jedoch auf einfache Art die Berechnung der Emissionen von Betriebsgruppen (z.B. auf Stufe Region, Kanton oder Schweiz). Dazu werden im Eingabeformular unter „Tierhaltung“ die gesamten Tierzahlen der Betriebsgruppe eingegeben. Für diejenigen Kategorien von Eingabeparametern, welche im Einzelbetriebsmodell mittels Popup Menu angewählt werden, erscheint im Regionalmodell ein Eingabefenster, welche für die betreffende Tierkategorie die folgenden Arten von Dateneingabe ermöglichen: „Einfach“, „Flatten“ oder „Branch“³:

- Einfach: die Parameter werden einzeln angewählt, die Dateneingabe erfolgt wie beim Einzelbetriebsmodell.
- Flatten: alle Einträge des Pop-up-Menüs werden aufgelistet. Es werden Zahlen in Prozent eingegeben. Die Tiere werden also beispielsweise prozentual auf die in der Betriebsgruppe vorhandenen Stallsysteme aufgeteilt.
- Branch: die Aufteilung der Tiere kann auf zwei Kategorien verteilt erfolgen. So lässt sich z.B. die Verteilung der Tiere auf Stallsysteme und innerhalb jedes Stallsystems zusätzlich die Verteilung auf verschiedene Kategorien von Laufhöfen realisieren.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt analog dem Einzelbetriebsmodell.

2.1.3.7 Einzelbetriebliche Berechnungen zur Bestimmung der gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen

Das Modell Agrammon kann auch in einem „Offline“-Modus betrieben werden (nicht öffentlich zugänglich), wobei die Datensätze zur Produktionstechnik der Einzelbetriebe entweder aus einer Datenbank oder auch aus separat bereitgestellten Dateien eingelesen werden können. Gemäss diesem Vorgehen wurden die rund 3000 Einzelbetriebsrechnungen durchgeführt, auf denen die Hochrechnungen von 2002, 2007 und 2010 beruhen (vgl. Kap. 2.1.5.2, 2.1.8).

2.1.3.8 Verwendete Modellversion

Für die Berechnung des Ammoniakinventars 2007 wurde die Agrammon Modellversion 3.0 (Kupper et al., 2010) verwendet. Das Modell wurde seither weiter verbessert und dem neuen Stand der Kenntnisse angepasst. Die Berechnung des aktuellen Ammoniakinventars 2010 erfolgte mit Version 4.0. Um eine homogene Zeitreihe sicherzustellen, wurden die Hochrechnungen 1990, 1995, 2002 und 2007 mit der aktuellen Version 4.0 neu berechnet. Die gegenüber Version 3.0 eingeführten Änderungen der technischen Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Parameter inkl. Begründung der Änderungen ist im Dokument „Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon“⁴ enthalten. Der Einfluss der Modelländerungen auf die Resultate der Hochrechnungen 1990, 1995, 2002 und 2007 ist gering (weniger als 2 % für die Emissionen aus der Tierproduktion, bzw. der gesamten Landwirtschaft; Anhang 7.3). Auf dem Niveau Emissionsstufen beträgt die maximale Differenz 13 % (Lager Mist, Hochrechnung 2002). Bezogen auf einzelne Tierkategorien ist der grösste Unterschied bei Geflügel (Hochrechnung 2002) zu verzeichnen. Die durchgeführten Änderungen haben demnach einen geringen Einfluss auf die Resultate der Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz.

³ Siehe auch: „Zusatz Anleitung Regionalmodell“ unter <http://www.agrammon.ch/modellbedienung/>

⁴ Verfügbar unter: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>

Tabelle 1: Technische Parameter von Version 3.0 und Version 4.0

Parameter	Version 3.0*	Version 4.0**	Grundlagen, Bemerkungen
Ausscheidung Junghennen	0.34 kg N _{tot} / Jahr	0.31 kg N _{tot} / Jahr	Agridea, BLW (2011a)
Berechnung der Emissionen von Weide, Stall und Laufhof auf der Grundlage von	Ausscheidung N _{tot} ohne Differenzierung der Flüsse in Weide, Stall und Laufhof	Ausscheidung TAN mit Differenzierung der Flüsse in Weide, Stall und Laufhof	
Korrektur der Stallemissionen (in %) bei Aufenthalt der Tiere auf der Weide			
<5 Stunden/Tag	100	110	Phillips et al. (1998), Gilhespy et al. (2006)
5 bis <12 Stunden/Tag	80	140	Phillips et al. (1998), Gilhespy et al. (2006)
12 bis <22 Stunden/Tag	50	200	Phillips et al. (1998), Gilhespy et al. (2006)
≥22 Stunden/Tag	0	250	Phillips et al. (1998), Gilhespy et al. (2006)
Korrektur der Stallemissionen (in %) bei Aufenthalt der Tiere auf dem Laufhof Fütterung (Grundfutter) ganz im Laufhof, Aufenthaltsdauer >10 h/Tag	70	100	
Emissionsrate Schweine Stall Tiefstreu	15.7 % TAN	48.6 % TAN	Revision gemäss Webb et al. (2012)
Netto-Immobilisierung von TAN im Mist von Geflügel	40 % TAN	0 % TAN	
Emissionsrate Ausbringung Mist			
Schweine	80 % TAN	60 % TAN	Revision gemäss Webb et al. (2012)
Legehennen, Junghennen und anderes Geflügel	30 % TAN	40 % TAN	Revision gemäss Webb et al. (2012)
Mastpoulets, Masttruten	65 % TAN	40 % TAN	Revision gemäss Webb et al. (2012)
Reduktion der N-Ausscheidung (kg N _{tot} / Jahr) pro Gramm Reduktion des Rohproteingehalts des Futters			
Galtsauen	-0.54	-0.72	Agridea, BLW (2011b)
Eber	-0.52	-0.72	Agridea, BLW (2011b)
Säugende Sauen	-0.70	-0.72	Agridea, BLW (2011b)
Abgesetzte Ferkel	-0.72	-0.90	Agridea, BLW (2011b)
Mastschweine	-0.80	-0.72	Agridea, BLW (2011b)
Minimaler N-Anfall (kg N _{tot} / Jahr)			
Galtsauen	17.5	17.9	Agridea, BLW (2011b)
Eber	15.5	16.0	Agridea, BLW (2011b)
Säugende Sauen	35.3	37.5	Agridea, BLW (2011b)
Ferkel abgesetzt bis 25	3.8	4.0	Agridea, BLW (2011b)
Mastschweine	10.9	8.5	Mündl. Mitteilung P. Spring, HAFL
Korrektur der Ammoniakemissionen (in %) in Abhängigkeit der Laufhofoberfläche, Rindvieh			
Oberfläche perforiert	80	75***	Modellrechnung
Korrekturfaktor (in %) Ausbringung Gülle beim Ausbringen an für die Jahreszeit besonders warmen Tagen			
häufig	110	105	Modellrechnung
manchmal	100	100	Modellrechnung
selten	90	98	Modellrechnung
nie	80	96	Modellrechnung

* Version 3.0, Buildnummer 1274

** Version 4.0, Buildnummer 2140

*** Nur anwendbar bei regelmässiger Reinigung des Bodens bzw. durchlässigen Öffnungen des Bodens sowie Nutzung des Raums unterhalb des perforierten Bodens zur Lagerung eines wesentlichen Teils der Gülle des Betriebs.

2.1.4 Tierzahlen

Die für die einzelbetriebliche Berechnung der Emissionen verwendeten Tierkategorien (vgl. Kap. 2.1.6) sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die Tierzahlen stammten aus der landwirtschaftlichen Betriebszählung des BFS (vgl. Bretscher, Kupper, 2012). Ab 2009 basieren die Tierzahlen für das Rindvieh auf der Tierverkehrsdatenbank (TVD). Die TVD kategorisiert ausschliesslich nach Alter und Geschlecht der Tiere. Daraus lassen sich einzig die Kategorien Milchkühe und mit Einschränkungen die Kategorien Aufzuchtrinder über 2-jährig und Mutterkühe ableiten. Für die übrigen Rindviehkategorien nach Tabelle 2 erfolgte eine Schätzung der Tierzahlen aufgrund der Verteilung der entsprechenden Tierkategorien zwischen 2000 und 2008. Für die Betriebe der Umfrage zur Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 (im Folgenden „Umfrage HAFL 2010“ genannt; vgl. Kap. 2.1.9) wurden die Tierzahlen der übrigen Rindviehkategorien aufgrund der Verteilung der angegebenen Stallsysteme der Umfrage HAFL 2010 hergeleitet. Das Vorgehen ist in Anhang 7.2 (S. 66ff) tabellarisch dargestellt.

Tabelle 2: Im Modell Agrammon berücksichtigte Tierkategorien (vgl. Anhang 7.2)

Rindvieh Milchkühe* Aufzuchtrinder unter 1-jährig** Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig** Aufzuchtrinder über 2-jährig** Masttiere (Rindviehmast) Mastkälber Mutterkühe*** Mutterkuhkälber	Schweine Säugende Sauen Galtsauen Ferkel abgesetzt bis 25 kg Eber Mastschweine	Geflügel Legehennen Junghennen Mastpoulets Masttruten Anderes Geflügel
Pferde und übrige Equiden Pferde über 3-jährig Pferde unter 3-jährig Maultiere und Maulesel, Ponys, Kleinpferde und Esel jeden Alters	Kleinwiederkäuer Schafe Milchschafe Ziegen	

*ohne Mutterkühe; **inkl. Aufzuchtrinder der Mutterkühe; *** inkl. Kategorie Ausmastkühe

Für die Berechnung der Emissionen der Kategorie „andere Raufutter verzehrende Tiere“ wurde die gesamtschweizerische Summe der Kategorien Bisons, Damhirsche, Rothirsche, Lamas und Alpakas verwendet.

2.1.5 Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik

2.1.5.1 Einleitung

Zuverlässige Berechnungen zur Erstellung eines Ammoniakemissionsinventars verlangen genaue Kenntnisse der relevanten produktionstechnischen Einflussgrössen. Um betriebstypenspezifische und regionale Eigenschaften berücksichtigen zu können, sind Datengrundlagen für verschiedene Betriebsklassen notwendig. Diese wurden mittels repräsentativer Umfragen über emissionsrelevante Grössen hinsichtlich Betriebsstrukturen und Produktionstechnik erhoben. Die Umfragen erfolgten am Ende der Jahre 2002, 2007 und 2010. Für die Jahre 1990 und 1995 waren keine gleichwertigen Daten zur Produktionstechnik verfügbar. Für deren Charakterisierung wurden für die meisten Grössen Annahmen getroffen. Das Vorgehen zur Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

2.1.5.2 Umfragen 2002, 2007 und 2010

Die Umfragen erfolgten mittels per Post verschickter Fragebogen. Eine nach Betriebsklassen geschichtete Stichprobe von 3877 (2002), 6565 (2007) und 6351 (2010) zufällig ausgewählten Betrieben, welche vom Bundesamt für Statistik (BFS) erhoben wurde, bildete die Grundlage. Die Schichtung erfolgte gemäss Potterat (2004). Die Grösse der Stichprobe entsprach 5.8 %, 10.6 % und

10.8 % (2002, 2007 bzw. 2010) der Landwirtschaftsbetriebe der Schweiz (Anzahl Betriebe: 2002: 67'421; 2007: 61'764; 2010: 59'065). Damit wurden 3.8 %, 7.2 % und 6.9 % (2002, 2007 bzw. 2010) der Grossvieheinheiten (GVE) erfasst (Anzahl GVE total: 2002: 1'305'375; 2007: 1'293'283; 2010: 1'325'666).

Betriebe, welche die folgenden Kriterien nicht erfüllten, wurden von der Stichprobe ausgeschlossen: mindestens 10 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) oder 6 ha offene Ackerfläche (OA) oder 1 ha Spezialkulturen oder 6 Kühe oder 40 Stück anderes Rindvieh oder 20 Pferde oder 50 Schafe oder 50 Ziegen oder 25 Mutterschweine oder 200 andere Schweine oder 1500 Stück Geflügel. Dies betraf 2010 10'398 Betriebe mit insgesamt 38'150 Grossvieheinheiten (GVE; 2007: 10'774 Betriebe mit 40'063 GVE). Die so bereinigte Grundgesamtheit zur Ziehung der Stichprobe umfasste 2010 49'332 Betriebe mit 1'281'428 GVE (2007: 51'801 Betriebe mit 1'255'674 GVE).

Die erforderliche minimale Anzahl Betriebe für eine Betriebsklasse wurde auf 20 festgelegt. Unter der Annahme einer Rücklaufquote von 40 % der Fragebogen wurde die minimale Anzahl der angeschriebenen Betriebe pro Betriebsklasse auf 50 gesetzt. Die Schichtung der Betriebsklassen wurde so angelegt, dass die Ammoniakemissionen entsprechend dem Betriebs- und Hofdüngermanagement und differenziert für Betriebstypen, geographischen Regionen und Höhenstufen abgebildet werden konnten (Tabelle 3). Betriebsklassen, welche die minimale Anzahl Betriebe nicht erreichten, wurden vom BFS zusammengefasst. Die Höhenstufen 2 und 3 wurden zusätzlich für einzelne Betriebstypen zur Höhenstufe 4 zusammengelegt. Einige Betriebsklassen des Betriebstyps „Übrige Betriebe“ erreichten weniger als die minimal erforderliche Anzahl von 20 Datensätzen. Deshalb wurden diese neun Betriebsklassen zu einer gemeinsamen Betriebsklasse 100 zusammengelegt. Für die Auswertung resultierten so 32 Betriebsklassen.

Die ausgefüllten Fragebogen wurden nach der Rücksendung von Hand auf Vollständigkeit kontrolliert. Darauf erfolgte eine Überprüfung der resultierenden Datensätze auf Vorhandensein der Aktivitätsdaten (v.a. Tierzahlen und LN) aus der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung des BFS (BFS, 2011), sowie Mindestanforderungen betreffend Betriebsgrösse, Angaben zu Aufstallung, Hofdüngerlager und –ausbringung für wichtige Tierkategorien. Schlussendlich verblieben 1950 (2002), 3133 (2007) und 2957 (2010), auswertbare Datensätze, was 50.3 %, 47.7 % bzw. 46.6 % % der verschickten Fragebogen entspricht.

Tabelle 3: Schichtung der Betriebe für die Umfrage nach a) drei geographischen Regionen, b) drei Höhenstufen und c) fünf Betriebstypen

a) Geographische Region (Kantone)			b) Höhenstufen ^a	
1 Ost Schweiz : GR, SG, AR, AI, TG, SH, ZH, SZ, UR, GL			1 Talregion (VIKA 31)	
2 Zentral Schweiz : AG, BL, BS, LU, ZG, OW, NW, SO, BE			2 Hügelregion (VIKA 41, 51)	
3 West/Süd Schweiz: JU, NE, VD, FR, GE, VS, TI			3 Bergregion (VIKA 52, 53, 54)	
c) Betriebstypen	OAF ^b /LN ^c	RiGVE ^d /GVE ^e	SG ^f /GVE	Betriebstypologie ^g
1 Pflanzenbaubetriebe	>70%	-	-	11 bis 16
2 Rindviehhaltungsbetriebe	<25%	>75%	-	21-23
3 Schweine-/Geflügelbetriebe	<25%	-	>50%	42, 43, 53
4 Gemischte Betriebe	>40%	>75%	-	51, 52, 55, 56
5 Übrige Betriebe	-	-	-	31, 44, 57

^a Gemäss Definition des Bundesamtes für Landwirtschaft der "Viehwirtschaftskataster-Klassen (VIKA)". Für gewisse Betriebsklassen wurden die Höhenstufen 2 und 3 vereinigt zur Höhenstufe 4 (vgl. Text oben)

^b Offene Ackerfläche

^c Landwirtschaftliche Nutzfläche

^d Grossvieheinheit Rinder

^e Grossvieheinheit

^f Schweine- und Geflügel-Grossvieheinheit

^g Betriebstypologie gemäss Meier (2000)

Zur Überprüfung der Repräsentativität der auswertbaren Datensätze wurden wichtige Grössen (durchschnittliche LN, mittlerer Nutztierbestand in GVE) mit der Grundgesamtheit innerhalb der einzelnen Klassen verglichen (Tabelle 4). Für die Mehrheit der Klassen stimmte die mittlere LN und die Anzahl GVE der auswertbaren Datensätze relativ gut mit der Grundgesamtheit überein. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Stichprobe nur Betriebe enthielt, welche die oben aufgeführten Anforderungen an die Mindestgrösse erfüllten. Deshalb liegt die mittlere landwirtschaftliche Nutzfläche und die mittlere Anzahl GVE der ausgewerteten Betriebe in den meisten Fällen über den gemittelten Werten der Grundgesamtheit. Die Resultate der vorliegenden Auswertung weisen insgesamt darauf hin, dass die aus der Umfrage resultierenden Datensätze eine repräsentative Stichprobe der Grundgesamtheit darstellen.

Tabelle 4: Charakterisierung der Betriebsklassen zur Auswertung der Umfrage 2010. Die zwei Spalten rechts zeigen die mittlere landwirtschaftliche Nutzfläche und die mittlere Anzahl GVE der ausgewerteten Datensätze in Prozent der gemittelten Werte der Grundgesamtheit

Betriebsklasse	Geographische Region	Betriebstyp	Höhenstufe	Umfang der Stichprobe (Anzahl Betriebe)	Datensätze zur Auswertung (Anzahl Betriebe)	Rücklauf der Fragebogen (% der verschickten Fragebogen)	Anteil LN in % der Grundgesamtheit	Anteil GVE in % der Grundgesamtheit	Mittelw. der GVE der Betriebe der Stichprobe in % der gemittelten GVE der Grundgesamtheit	Mittelw. der LN der Betriebe der Stichprobe in % der gemittelten LN der Grundgesamtheit
1	Ost Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	210	102	49	4.0	5.8	81	117
2		Pflanzenbaubetrieb	Hügel/Berg	48	15	31	8.3	17.9	62	134
3		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	211	109	52	5.2	5.2	111	111
4		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	138	60	43	3.0	3.0	115	118
5		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	290	147	51	3.6	3.6	110	111
6		Schweine-/Geflügelbetrieb	Tal	197	103	52	10.0	11.9	103	122
7		Schweine-/Geflügelbetrieb	Hügel	69	38	55	11.3	10.4	115	105
8		Schweine-/Geflügelbetrieb	Berg	46	24	52	9.8	10.1	103	106
9		Gemischter Betrieb	Tal	199	100	50	5.9	5.7	108	104
10		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	27	12	44	14.0	12.8	118	108
11	Zentral Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	169	82	49	6.7	6.2	140	129
12		Pflanzenbaubetrieb	Hügel	40	19	48	11.6	11.8	131	133
13		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	135	57	42	4.4	4.7	112	120
14		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	340	173	51	4.1	4.0	113	111
15		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	323	134	41	3.4	3.4	113	114
16		Schweine-/Geflügelbetrieb	Tal	372	209	56	10.5	10.1	109	105
17		Schweine-/Geflügelbetrieb	Hügel	162	100	62	6.7	7.0	111	116
18		Schweine-/Geflügelbetrieb	Berg	46	19	41	7.0	7.9	119	134
19		Gemischter Betrieb	Tal	262	136	52	5.0	4.8	111	107
20		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	113	48	42	5.3	5.4	113	116
21	West-/Süd Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	469	210	45	11.4	7.7	191	129
22		Pflanzenbaubetrieb	Hügel	56	18	32	8.1	7.0	207	177
23		Pflanzenbaubetrieb	Berg	94	31	33	3.6	6.0	86	144
24		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	63	41	65	9.6	9.2	111	106
25		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	162	62	38	5.7	5.6	121	119
26		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	233	111	48	5.7	5.3	122	113
27		Schweine-/Geflügelbetrieb	Tal	110	61	55	16.6	19.6	118	139
28		Schweine-/Geflügelbetrieb	Hügel	76	37	49	18.5	23.1	116	145
29		Schweine-/Geflügelbetrieb	Berg	45	22	49	36.8	33.3	117	106
30		Gemischter Betrieb	Tal	366	191	52	11.7	12.0	102	105
31	Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	108	51	47	8.9	9.4	101	106	
100	*	Übrige Betriebe	**	1'172	435	37	6.8	7.2	177	188
Tot				6'351	2'957	47	6.9	6.5	-	-

* alle geographischen Regionen der Schweiz; ** alle Höhenstufen

2.1.5.3 Plausibilisierung der Datensätze der Umfragen

Die aus der Umfrage resultierenden, anonymisierten Datensätze wurden in eine Datenbank eingeleitet. Bei diesem Schritt wurden verschiedene Tests hinsichtlich Vollständigkeit und Plausibilität durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die Übereinstimmung der auf dem Betrieb gemäss landwirtschaftlicher Betriebsdatenerhebung des BFS (BFS, 2011) vorhandenen Tierkategorien mit den Einträgen in den Fragebogen überprüft. Bei fehlenden Einträgen im Fragebogen wurden Standardwerte eingesetzt. Gemäss Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006) wurden fehlende Parameter, welche einen signifikanten Einfluss auf die Emissionen haben, durch Werte ersetzt, die tendenziell eine Überschätzung der Emissionen bewirken. So wurde etwa bei einem fehlenden Eintrag beim Hofdüngerlager ein Lager ohne Abdeckung angenommen oder bei fehlenden Angaben zur Gülleausbringetechnik der Einsatz eines Pralltellers. Weiter erfolgte bei Doppelseinträgen die Zuordnung eines eindeutigen Werts. Wurden beispielsweise auf einem Betrieb Tiere der gleichen Tierkategorie in zwei verschiedenen Stallsystemen gehalten, war für beide Stallsysteme ein Eintrag erforderlich. Auch in diesen Fällen wurde der für die Auswertung verwendete Wert so gewählt, dass eher eine Über- als eine Unterschätzung der berechneten Emission resultierte. Bei fehlenden Angaben zum Verbrauch von mineralischen N-Düngern erfolgte eine vereinfachte Berechnung der Nährstoffbilanz aufgrund des verfügbaren Stickstoffs in den Hofdüngern und des Bedarfs des Graslands und der offenen Ackerflächen (vgl. Kap. 2.2.5). Eine Dokumentation der durchgeführten Schritte zur Plausibilisierung der Daten ist online⁵ verfügbar.

Zusätzlich erfolgte für die Datensätze der Umfragen 2007 und 2010 eine Auswertung hinsichtlich des Anteils fehlender und nicht eindeutiger Einträge (d.h. derjenigen Datensätze, welche die Plausibilisierung durchlaufen). Die Kenntnis diesbezüglich ist deshalb von Bedeutung, weil bei der Plausibilisierung zwangsläufig Annahmen getroffen werden müssen, welche mit der Realität nicht in jedem Fall übereinstimmen. Weiter gibt der Anteil fehlender und nicht eindeutiger Einträge Hinweise hinsichtlich Präzision der Dateneingabe durch die Befragten. Folgende Bereiche wurden für die Auswertung einbezogen:

- Rindvieh: Aufstallung, Laufhof (Typ, Oberfläche des Laufhofs, Zutrittsdauer), Weide (Anzahl Stunden pro Tag bzw. Tage pro Jahr), Fütterung (Raufutter, Kraftfutter)
- Schweine: Aufstallung, Proteingehalt des Futters
- Geflügel: Aufstallung, Tränkeeinrichtung, Freilandauslauf, Entmistungsintervall
- Hofdüngerlager: Volumen, Tiefe, Häufigkeit des Aufrührens von Gülle, Verdünnung der Gülle, Abdeckung der Güllebehälter
- Hofdüngerausbringung: Ausbringetechnik für Gülle, Einarbeitung von Mist nach der Ausbringung, Jahreszeit bei der Ausbringung von Gülle und Mist, Ausbringen von Gülle im Acker und Futterbau, Ausbringmenge von Gülle, Berücksichtigung von Tageszeit und Witterung bei der Ausbringung von Gülle
- Stickstoffhaltige Mineraldünger: Verbrauch, Anteil Harnstoff

Eine detaillierte Zusammenstellung der Anteile fehlender, nicht eindeutiger oder fehlerhafter Einträge ist in Anhang 7.1 aufgeführt. Die wichtigsten Resultate der Auswertung sind wie folgt:

- Alle Nutztierkategorien: Aufstallung, Laufhof, Weide:
 - Der durchschnittliche Anteil fehlender Einträge pro Fragebogen lag im Bereich von 10 bis 40 %. Die Anteile waren tendenziell höher bei Tierkategorien, deren Bestände variabel sind und je nach Zeitpunkt der Erhebung von den statistischen Daten abweichen können (z.B. Aufzuchttrinder, Masttiere). Folgende Kategorien von Fragen wiesen überdurchschnittlich hohe Anteile fehlender Einträge auf: Weidedauer bei Pferden und anderen Equiden sowie Kleinwiederkäuern, Freilandauslauf bei Geflügel.

⁵ <http://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2007; Dokument in Englisch)

- Der Anteil nicht eindeutiger Einträge hing von der Fragestellung ab. Bei Fragen, welche je nach Betrieb eine Mehrfachnennung erforderten (z.B. Aufstallung Rindvieh bei Vorliegen mehrerer Aufstallungssysteme), kamen durchschnittliche Anteile nicht eindeutiger Einträge von bis gegen 50 % vor. Bei Fragen ohne Mehrfachnennung (z.B. Weidetage) betrug der Anteil nicht eindeutiger Einträge wenige Prozent.
- Der Anteil fehlender Einträge lag bei kleinen Betrieben tendenziell höher. Der Anteil nicht eindeutiger Einträge bei Fragen mit erforderlicher Mehrfachnennung verhielt sich umgekehrt, da grössere Betriebe tendenziell häufiger mehrere Systeme aufwiesen (z.B. mehrere Aufstallungssysteme).
- Die Summe der Anteile fehlender, nicht eindeutiger und fehlerhafter Einträge, welche die Plausibilisierung durchliefen, lag im Mittel bei 10-20 % der Einträge pro Fragebogen.
- Hofdüngerlagerung:
 - Die Summe der mittleren Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge betrug im Mittel weniger als 10 % der Einträge pro Fragebogen (Ausnahmen: Gülleverdünnung: ca. 20 %; Abdeckung der Güllebehälter: ca. 10 %). Bei der Abdeckung der Güllebehälter waren Mehrfachnennungen möglich, welche hauptsächlich beim Eintrag „Schwimmschicht“ vorkamen.
 - Betriebe mit einem grossen Lagervolumen wiesen tendenziell weniger fehlende oder fehlerhafte Einträge und mehr nicht eindeutige Einträge auf.
- Hofdüngerausbringung:
 - Die Summe der mittleren Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge bei der Ausbringung von Gülle lag zwischen 5 und 15 % (Ausnahme Eintrag Berücksichtigung der Tageszeit beim Ausbringen von Gülle: Anteil von 30 %).
 - Die Summe der mittleren Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge bei der Einarbeitung von Mist betrug rund 35 %. Die entsprechenden Anteile der übrigen Einträge unter Ausbringung von Mist lagen unter 10 % (Ausnahme: Jahreszeit bei Ausbringung von Geflügelmist).
 - Auch vermeintlich fehleranfällige Einträge (z.B. Rubriken, welche eine Addition auf 100 % erforderten) wiesen einen verhältnismässig niedrigen Anteil fehlender oder fehlerhafter Einträge auf.
- Verbrauch von Mineraldüngern:
 - Der Anteil fehlender Einträge beim Verbrauch von Mineraldüngern lag bei weniger als 10 %. Der Anteil fehlerhafter Einträge hinsichtlich Verwendung von Harnstoff betrug weniger als 1 %.

Insgesamt betrugen die mittleren Anteile fehlender, nicht eindeutiger und fehlerhafter Einträge rund 10 % pro Fragebogen. Dieser Anteil wird als moderat betrachtet, welcher die Eingabeparameter als Grundlage zur Berechnung der Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.7) in eher geringem Ausmass beeinflussen dürfte. Zudem waren wichtige Kategorien (Aufstallung, Laufhof, Weide von Milchkühen und Mastschweinen) von Fehleinträgen verhältnismässig weniger betroffen. Der Anteil fehlender und nicht eindeutiger Einträge war bei der Umfrage 2010 insgesamt etwas höher im Vergleich zu 2007.

2.1.5.4 Erhebung der Daten für 1995 und 1990

Für die Charakterisierung der Produktionstechnik der Jahre 1995/90 wurden folgende Grundlagen beigezogen: Resultate der Zusatzerhebungen des BFS zur landwirtschaftlichen Betriebszählung 1999/2003 (Meyre et al., 2000; Saxer et al., 2004), Zahlen des Bundesamtes für Landwirtschaft zur Teilnahme der Betriebe an den Programmen zu besonders tierfreundlichen Haltungssystemen nach RAUS-Verordnung (Bundesamt für Landwirtschaft, 2009), Annahmen nach Reidy und Menzi (2006) und Menzi et al. (1997) sowie die Resultate der Umfragen 2002 und 2007 als Grundlage für die Extrapolation von Werten. Die Daten wurden soweit möglich in Zusammenarbeit mit Experten weitergehend überprüft. Die Eingabeparameter der Hochrechnungen 1995/90 und Erläuterungen zu deren Herleitung sind in Anhang 7.6, Seite 90ff verfügbar.

2.1.6 Einzelbetriebliche Berechnung

Die plausibilisierten, anonymisierten Datensätze der Umfragen 2002, 2007 und 2010 wurden ins Modell Agrammon eingelesen und darauf basierend die Berechnung der Emissionen für jeden Einzelbetrieb, der an der Umfrage teilgenommen hatte, durchgeführt. So wurden für jeden Betrieb für jede einzelne Tierkategorie die Emissionen pro Emissionsstufe und das Total aller Emissionsstufen sowie die Flüsse von N_{tot} und TAN bestimmt.

2.1.7 Berechnung von mittleren Emissionsfaktoren (Betriebs- und Tierkategorien)

Basierend auf den Resultaten der einzelbetrieblichen Berechnung (Kap. 2.1.3.7) wurde für jede Tierkategorie der 32 Betriebsklassen der mittlere Emissionsfaktor (EF; NH_3 Emission pro Tier und Jahr angegeben als $\text{kg NH}_3\text{-N}$) pro Emissionsstufe (Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager flüssig und fest, Hofdüngerausbringung flüssig und fest) berechnet. In Abbildung 3 ist das Vorgehen für die Ausbringung von Gülle von Milchkühen exemplarisch dargestellt. Im Streudiagramm sind die Anzahl Milchkühe pro Einzelbetrieb gegenüber der jährlichen Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle der Betriebsklasse 30 (gemischte Betriebe Talzone) aufgeführt. Die Daten stammen aus der Umfrage 2010 (Anzahl Betriebe: 146, Anzahl Milchkühe: 3938). Die Gerade wurde durch den Nullpunkt gelegt mit der Begründung, dass ein Betrieb ohne Tiere kein Ammoniak emittiert. Die Steigung der Geraden entspricht dem mittleren Emissionsfaktor pro Milchkuh pro Jahr (d.h. $13.818 \text{ kg NH}_3\text{-N}$). Abbildung 3 zeigt auch die grosse Variabilität der EF, welche aufgrund der Unterschiede der Produktionstechnik zwischen den Betrieben entsteht. Im vorliegenden Beispiel dürfte beispielsweise die Anwendung emissionsmindernder Ausbringtechniken eine Rolle spielen. Analog dazu wurde der mittlere Gesamtemissionsfaktor pro Tierkategorie einer Betriebsklasse ermittelt. Er entspricht der Summe der Emissionsfaktoren aller Emissionsstufen. Er entspricht der Summe der Emissionsfaktoren der Emissionsstufen. Neben dem mittleren Emissionsfaktor pro Tierkategorie von jeder einzelnen Betriebsklasse wurde dementsprechend der mittlere Emissionsfaktor pro Tierkategorie der vier Höhestufen und sämtlicher Betriebe der Umfrage berechnet. Für die Hochrechnung der Ammoniakemissionen wurde der mittlere Emissionsfaktor einer Tierkategorie nur verwendet, falls die entsprechende Betriebsklasse in der Umfrage mehr als 20 Betriebe aufwies. War dies nicht der Fall, wurde der betroffenen Betriebsklasse der mittlere Emissionsfaktor der Tierkategorie der entsprechenden Höhestufe zugeordnet. Wies auch diese weniger als 20 Betriebe auf, wurde der Mittelwert aller Umfragebetriebe eingesetzt. Die so berechneten Emissionsfaktoren jeder Betriebsklasse wurden anschliessend gewichtet. Der verwendete Gewichtungsfaktor entspricht dem Quotienten aus der Anzahl Tiere pro Betriebsklasse und des gesamten Bestandes der entsprechenden Tierkategorie in der Schweiz. Die Bestimmung der mittleren gewichteten Flüsse von N_{tot} und TAN erfolgte nach dem gleichen Vorgehen.

2.1.8 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz

Die gewichteten mittleren Emissionsfaktoren pro Tierkategorie jeder Emissionsstufe wurden mit den gesamtschweizerischen Tierzahlen multipliziert (vgl. Anhang 7.2). Für die Ermittlung der gesamtschweizerischen Flüsse von N_{tot} und TAN wurde gleich vorgegangen. Die Emissionen der weiteren Raufutter verzehrenden Tiere wurden mit einem vereinfachten Verfahren geschätzt:

- Bisons: die Emissionsfaktoren der Kategorie Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig wurden mit dem Quotienten aus N-Ausscheidung Bison / N-Ausscheidung Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig multipliziert und mit der totalen gesamtschweizerischen Tierzahl multipliziert.
- Dam- und Rothirsche, Lamas, Alpakas: wie für Bisons. Anstelle der Emissionsfaktoren der Kategorie Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig wurden diejenigen der Kategorie Schafe verwendet.

Die N-Ausscheidung der weiteren Raufutter verzehrenden Tiere basiert auf Agridea, BLW (2011a). Die Summe der Emissionen aller Tierkategorien ergab die gesamtschweizerische Emission aus der Tierproduktion. Die gesamtschweizerischen landwirtschaftlichen Emissionen resultierten aus der

Summe der Emissionen aus der Tierproduktion und dem Pflanzenbau. Dazu wurden die nicht-landwirtschaftlichen Emissionen sowie jene aus natürlichen Quellen addiert.

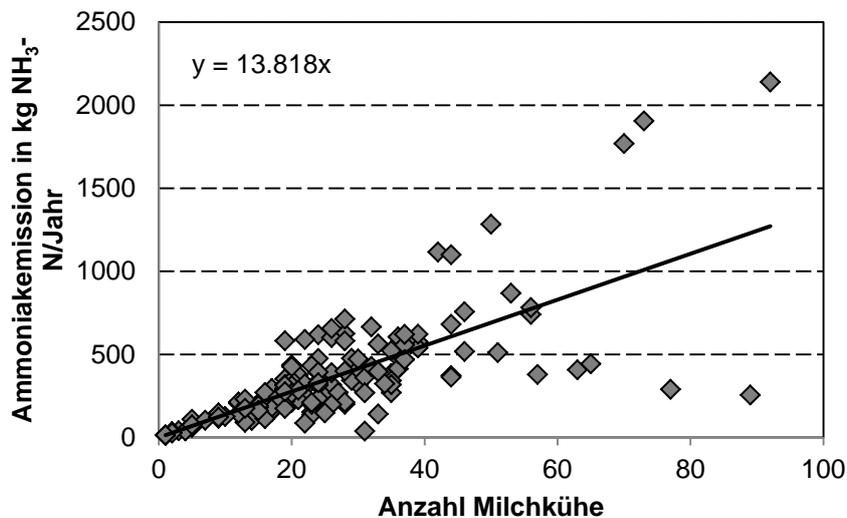


Abbildung 3: Lineare Regression zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors für die Betriebsklasse 30: Anzahl Milchkühe pro Betrieb versus jährliche Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle. Anzahl Betriebe: 146, Anzahl Milchkühe: 3938; Daten der Umfrage aus dem Jahr 2010. Die Steigung der Geraden, dargestellt in der Formel im Diagramm, entspricht dem mittleren Emissionsfaktor der Ausbringung von Gülle pro Milchkuh pro Jahr: 13.818 kg NH₃-N.

Zur Emissionshochrechnung für 1990 und 1995 wurden die Eingabeparameter und die Tierzahlen der Jahre 1990 und 1995 direkt ins Modell eingegeben. Dazu wurde ein virtueller Landwirtschaftsbetrieb Schweiz gebildet, welcher die Tierzahlen und die weiteren wesentlichen produktionstechnischen Grössen gemäss verfügbarer Datengrundlage abbildete. Der virtuelle Betrieb Schweiz 1995 beinhaltete beispielsweise 118 Typen von Ställen, auf welche die Gesamtheit der landwirtschaftlichen Nutztiere der Schweiz anteilmässig gemäss Stallsysteme und Produktionstechnik verteilt wurden. Das Güllelager wies insgesamt ein Volumen von 14.8 Mio. m³ mit einem Anteil an offenen Lagern von 13 % auf (vgl. Tabelle 7). Für die Gülleausbringung wurden einheitliche Werte angenommen: 100 % der Gülle ausgebracht mittels Prallteller, Gülleverdünnung: 1:1; mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe: 30 m³ pro ha; Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00: 5 %; Ausbringung von Gülle im Sommer bzw. von September bis und mit Mai: Anteil 52 % bzw. 48 %.

Für die Ermittlung der Emissionen der Tierproduktion zwischen den Stichjahren 1990, 1995, 2002, 2007 und 2010 wurden die N-Ausscheidungen und die Emissionsfaktoren jeder Tierkategorie linear interpoliert und mit den Tierzahlen des jeweiligen Jahres multipliziert. Die Emissionen aus dem Pflanzenbau (mineralische Stickstoffdünger, landwirtschaftliche Nutzfläche) wurden jährlich neu berechnet aufgrund der verfügbaren Aktivitätsdaten. Soweit diese nicht aus jährlichen Erhebungen verfügbar waren (z.B. alpwirtschaftliche Flächen, Recyclingdünger), erfolgte ihre Festlegung mittels Interpolation.

2.1.9 Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS

Im Jahr 2010 führte das BFS im Rahmen der landwirtschaftlichen Betriebszählung eine Zusatzerhebung (im Folgenden „Zusatzerhebung BFS“ genannt) durch, die bezüglich Weidedauer, Aufstallungssysteme und Laufhofoberflächen von Rindvieh, Aufstallungssysteme von Schweinen und Geflügel, Abdeckung der Güllelager, Einarbeitung von Mist nach der Ausbringung sowie Ausbringetechniken für Gülle Fragen beinhaltete, die mit denjenigen der Umfrage HAFL 2010 vergleichbar waren. Aus der Zusatzerhebung resultierten Datensätze von 13'510 Betrieben, welche die Kriterien gemäss

Kapitel 2.1.5.2 erfüllten. Diese Daten wurden soweit möglich nach dem gleichen Vorgehen wie die Datensätze der Umfrage HAFL 2010 plausibilisiert und ausgewertet (vgl. Kapitel 2.1.5.3). Die Kategorisierung der erhobenen Parameter unterschied sich zwischen den beiden Umfragen teilweise. Soweit dies der Fall war, richtete sich die Auswertung nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS. Die Tierzahlen stammten aus der landwirtschaftlichen Betriebszählung des BFS.

Die Methode zur Auswertung der Umfrage HAFL 2010 und Zusatzerhebung BFS unterscheidet sich wie folgt:

- Die Zusatzerhebung BFS fragte bei Rindvieh Daten gegliedert nach den Kategorien Kühe, Aufzuchtrinder, Grossviehmast und Mastkälber ab. Es gab keine Unterscheidung zwischen Milchkühen und Mutterkühen und keine Gliederung nach Alter bei den Aufzuchtrindern. Um eine eindeutige Zuordnung der Produktionstechnik zu erreichen, wurden für Milchkühe und Mutterkühe nur für diejenigen Betriebe Auswertungen durchgeführt, welche gemäss landwirtschaftlicher Betriebszählung des BFS bzw. TVD Daten ausschliesslich eine der beiden Kategorien enthielt:
- Die Generierung der Kategorien Aufzuchtrinder, Grossviehmast und Mastkälber erfolgte aufgrund der Angaben der Zusatzerhebung BFS zu den Tierplätzen in den Ställen der entsprechenden Kategorien.

Die beiden Datensätze wurden hinsichtlich Übereinstimmung bzw. Differenzen verglichen. Die Darstellung des Vergleichs richtete sich nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS. Für beide Datensätze erfolgte weiter eine Emissionsrechnung mittels Agrammon Regionalmodell. Soweit Daten in der Zusatzerhebung BFS fehlten, wurden Standardwerte aus dem Agrammon eingesetzt.

2.2 Eingabedaten

2.2.1 Tierzahlen

Die Entwicklung der wichtigsten Tierkategorien Rindvieh, Schweine und Geflügel zwischen 1990 bis 2010 ist in Abbildung 4 dargestellt. Die verwendeten Tierzahlen stammen aus der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung des BFS.

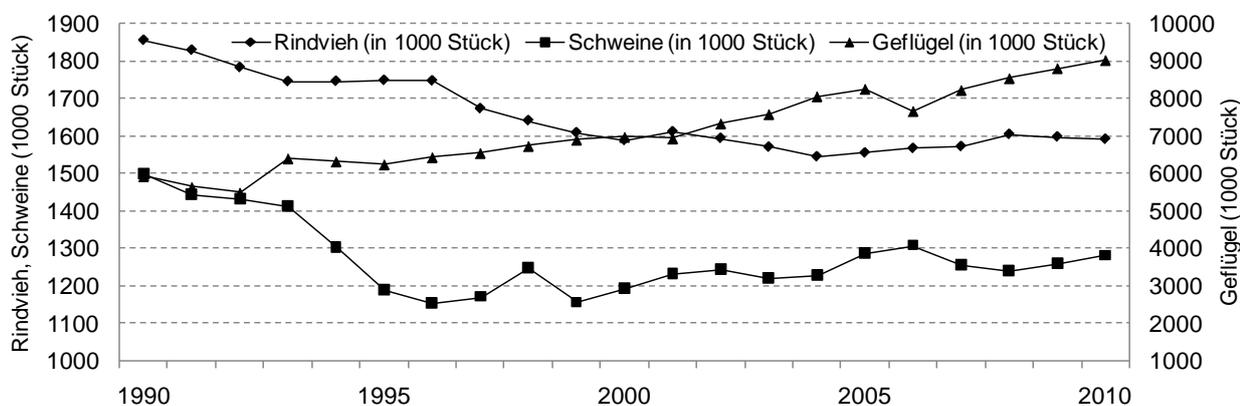


Abbildung 4: Zeitreihe der Anzahl Rindvieh, Schweine und Geflügel in der Schweiz von 1990 – 2010.

Die totale Rindvieh- und Schweinebestand nahm zwischen 1990 und 2010 je um 14 % ab. Demgegenüber stand eine Zunahme des Geflügelbestands um rund 50 %. Der Bestand von sämtlichen landwirtschaftlichen Nutztieren ausgedrückt in GVE ging um rund 7 % zurück. Innerhalb der einzelnen Nutztierarten war die Entwicklung wie folgt: die Anzahl der Milchkühe ging zwischen 1990 und 1995 um 6 % zurück. Die Abnahme setzte sich anschliessend verstärkt fort und der Bestand lag 2010 um 25 % tiefer als 1990. Die Trends der übrigen Rindviehkategorien verliefen ähnlich mit Ausnahme der Mutterkühe und der Mutterkuhkälber, deren Anzahl zwischen 1990 und 2010 kontinuierlich zunahm. Der Bestand lag 2010 um ca. einen Faktor 9 höher als 1990. Der Kuhbestand insgesamt (Milch- und Mutterkühe) nahm zwischen 1990 und 2010 um 12 % ab. Bei den Mastschweinen war zwischen 1990 und 1995 eine Abnahme um rund 25 % zu beobachten. Danach blieb der Be-

stand ungefähr konstant. Der Gesamtbestand der Schweine entwickelte sich in diesem Zeitraum ähnlich wie die Mastschweine. Die Zunahme beim Geflügel ist auf die starke Ausdehnung der Produktion von Mastpoulets zurückzuführen. Deren Bestand nahm zwischen 1990 und 2010 mehr oder weniger konstant zu und lag 2010 um einen Faktor von rund 2.8 höher als 1990. Die Anzahl Legehennen nahm zwischen 1990 und 1995 um rund 30 % ab und blieb bis 2007 etwa konstant. Seither war die Tendenz der Bestandesgrösse leicht ansteigend. Bei den Kategorien der Pferde und anderen Equiden sowie der Kleinwiederkäuer war im gleichen Zeitraum eine Erhöhung der Bestände um einen Faktor von ca. 2.3 bzw. um rund 25 % zu beobachten. Eine Liste der für die Hochrechnungen von 1990, 1995, 2002, 2007 und 2010 verwendeten Tierzahlen ist im Anhang 7.2 aufgeführt.

2.2.2 Landwirtschaftsflächen

Die landwirtschaftliche Nutzfläche stammt aus der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung 1990, 1995, 2002, 2007 und 2010 des BFS (Meyre et al., 2000, Saxer et al., 2004; BFS, 2011; Tabelle 5). Die Flächenangaben zu den alpwirtschaftlichen Flächen (Alp- und Juraweiden, Maiensässe, Heualpen, Bergwiesen) basieren auf der Schweizerischen Arealstatistik des BFS 1992/97 und wurden von Reidy und Menzi (2006) übernommen. Für 2007 und 2010 wurden die Daten extrapoliert (Annahme: Fortsetzung des Trends 1995-2002).

Tabelle 5: In den Berechnungen verwendete landwirtschaftliche Nutzfläche und die alpwirtschaftliche Nutzfläche sowie die resultierende totale Landwirtschaftsfläche

	1990	1995	2002	2007	2010	Quellen
Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)	1'071'346	1'061'840	1'069'770	1'060'278	1'051'747	Meyre et al. (2000), Saxer et al. (2004), BFS (2011)
Alpwirtschaftliche Flächen (ha)	555'661	548'219	537'801	533'460	530'855	Reidy und Menzi (2006)
Landwirtschaftsfläche (ha)	1'627'007	1'610'959	1'607'571	1'593'738	1'582'602	

Die Emissionen von Ammoniak aus Landwirtschaftsflächen sind auf Prozesse in der Pflanzendecke zurückzuführen. Die Emissionsraten aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Grasland, offene Ackerfläche) wurde gemäss Schjoerring, Mattsson (2001) auf 2 kg NH₃-N pro ha festgelegt. Für alpwirtschaftliche Flächen wurde eine Emissionsrate von 0.5 kg NH₃-N pro ha angenommen, um der unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensität der Flächen Rechnung zu tragen.

2.2.3 Milchleistung

Die Milchleistung einer Milchkuh steht in engem Zusammenhang mit der Stickstoffausscheidung und hat deshalb einen Einfluss auf die Ammoniakverluste. Die Milchleistung wurde mittels Umfrage 2007 und 2010 erhoben. Das Ergebnis von 7029 kg bzw. 7156 kg pro Milchkuh und Jahr liegt im Bereich der Milchleistung von 7009 kg pro Milchkuh gemäss Erhebung der Zuchtverbände, welche auf den Milchleistungsprüfungen der Herdebuchtiere von 2007 basiert (Bundesamt für Landwirtschaft, 2008).

Die durchschnittliche Milchleistung der Milchkühe 2002 wurde über die Kontingentszahlen des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) ermittelt. Dazu wurden das Grundkontingent und die direkt vermarktete Milch eines Betriebes zusammengezählt und durch die Anzahl Milchkühe auf dem Betrieb dividiert. Lag die berechnete Milchleistung unter 4500 kg wurde ein Standardwert von 6000 kg zur Berechnung verwendet. Für Betriebe, welche eine Milchleistung von über 4500 kg aufwiesen, wurden pro Kuh 200 kg für auf dem Hof abgetränkte Milch hinzugezählt. Die so ermittelte Milchleistung belief sich im Durchschnitt aller Betriebe auf 6001 kg pro Tier.

Die Milchleistungen von 1990 (4940 kg pro Milchkuh und Jahr) und 1995 (5200 kg pro Milchkuh und Jahr) wurden über die Gesamtmilchmenge und die Anzahl Milchkühe gemäss Meyre et al. (2000) und Saxer et al. (2004) berechnet.

2.2.4 Produktionssysteme und –techniken

Die Entwicklung von Produktionssystemen und –techniken sind neben den Tierbeständen die massgebenden Einflussfaktoren, welche die Menge des emittierten Ammoniaks steuern. Die wichtigsten Parameter der Tierproduktion, welche im Modell Agrammon zur Berechnung der Emissionen verwendet werden, sind in Tabelle 6 aufgeführt. Die Entwicklung der wesentlichen Parameter im Zeitraum zwischen 1990 und 2010 wird im Folgenden zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation ist im Anhang 7.6 aufgeführt.

Tabelle 6: Übersicht der wichtigsten Parameter der Tierproduktion, welche im Modell Agrammon zur Berechnung der Emissionen verwendet werden

N-Ausscheidung	Weide	Stall	Laufhof	Lagerung	Ausbringung
Milchleistung (Milchkühe)	Anteil Tiere mit Weide Weidetage pro Jahr Weidestunden pro Tag	Aufstallung (Rindvieh, Schweine, Geflügel)	Anteil Tiere mit Auslauf	Emittierende Oberfläche des Güllelagers	Anteil Gülleausbringung mit emissionsmindernden Verfahren
Sommerfütterung (Milchkühe)		Anzahl belegter Tierplätze in Laufställen (Rindvieh)	Auslauftage pro Jahr	Abdeckung des Güllelagers	Verdünnung der Gülle
Winterfütterung (Milchkühe)		Emissionsmindernde Massnahmen (Rindvieh, Schweine)*	Auslaufstunden pro Tag	Häufigkeit des Aufrührens des Güllelagers	Mittlere Ausbringungsmenge von Gülle pro Gabe
Krafftuttermenge (Milchkühe)		Abluftreinigung (Schweine, Geflügel)*	Laufhoftyp:	Anteil von direkt ausgebrachtem Mist (Rindvieh, Schweine, Geflügel)	Anteil Gülleausbringung nach 18 Uhr
Gehalt an Rohprotein und verdauliche Energie der Rationen (Schweine)		Entmistungsintervall Geflügelställe	Beschaffenheit des Bodens, Weide als Auslauf (Rindvieh)	Anteil von gedeckt gelagertem Mist*	Anteil Gülleausbringung an heissen Tagen
	Tränkesystem für Geflügel			Einarbeitung von Mist nach dem Ausbringen	Ausbringanteil Sommer und Frühjahr/Herbst

*Für die Erstellung des Emissionsinventars nicht berücksichtigt

2.2.4.1 N-Ausscheidung

Milchkühe: Die Milchleistung der Milchkühe hat zugenommen (vgl. Kap. 2.2.3), was mit einer Erhöhung der N-Ausscheidung einherging. Der Einfluss der Milchleistung auf die N-Ausscheidungen wurde entsprechend der Empfehlungen nach GRUDAF (Flisch et al., 2009) berücksichtigt. Futtermittel, welche gemäss Modellrechnung im Sommer (Krafftutter, Heu, Maiswürfel, Maissilage) und im Winter (Krafftutter, Maiswürfel, Maissilage) eine Verminderung der N-Ausscheidung bewirken, wurden vermehrt verabreicht. Die Entwicklung der Milchleistung und die Fütterungsmethoden führten zu einer Zunahme der ausgeschiedenen N-Menge von 96.1 kg N pro Kuh und Jahr (1990) auf 108.2 kg N pro Kuh und Jahr (2010).

Schweine: Aufgrund des züchterischen Fortschritts reduzierte sich die N-Ausscheidung von 15 kg N pro Mastschweineplatz und Jahr (Basiswert nach Walther et al., 1994; verwendet für die Hochrechnungen 1990, 1995) auf 13 kg N (Basiswert nach Flisch et al., 2009; verwendet für die Hochrechnungen 2002, 2007, 2010). Werden die ermittelten durchschnittlichen Rohproteingehalte der Schweinerationen in der Praxis mitberücksichtigt (Hochrechnungen 1990,1995 gemäss Kessler et al., 1994; für 2010 gemäss Umfrage), lag die mittlere N-Ausscheidung pro Mastschwein 1990 bei 17.0 kg N und 2010 bei 12.1 kg N. Die Entwicklung verlief bei den andern Schweinekategorien ähnlich.

Geflügel: Bei den Legehennen und den Mastpoulets wurde für die Jahre 1990 bis 2002 eine N-Ausscheidung von 0.71 bzw. 0.40 kg N pro Tier und Jahr verwendet (Walther et al., 2001). Aufgrund der Entwicklung in der Produktionstechnik (Verbot von Proteinkomponenten tierischer Herkunft im Futter) betrug die Basis N-Ausscheidung im Jahr 2007 und 2010 0.80 bzw. 0.45 kg N pro Tier und Jahr (Flisch et al., 2009). Zwischen den Stichjahren wurden die N-Ausscheidungen interpoliert. Dies gilt auch für die übrigen Tierkategorien.

2.2.4.2 Weide

Aufgrund der Förderung von tiergerechten Haltungssystemen und verschärften Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung sowie aus betriebswirtschaftlichen Gründen hat sich der Anteil von Tieren mit Zugang zu Weide sowie die Weidedauer im Zeitraum von 1990 bis 2010 für alle Tierkategorien erhöht. Gemäss den für die Emissionsrechnungen verwendeten Angaben (1990 Expertenschätzung; 2010 Umfrage) hat beispielsweise für die Milchkühe der Anteil des auf der Weide ausgeschiedenen N (Sömmerungsgebiete nicht eingeschlossen) zwischen 1990 und 2010 von 8 % auf 17 % zugenommen.

2.2.4.3 Stall/Laufhof

In der Zeit zwischen 1990 und 2010 haben Laufställe für alle Tierkategorien zugenommen (Beispiel: Anteil Milchkühe in Laufställen 1990: 6 % (gemäss Schätzung); 2010: 48 % gemäss Umfrage). Gleichzeitig fanden Laufhöfe breite Anwendung in der Praxis. Bei den Schweinen war eine starke Zunahme von Labelställen mit Mehrflächenbucht und Auslauf anstelle von konventionellen Ställen ohne Auslauf zu beobachten (Beispiel: Anteil Mastschweine in Labelställen 1990: 0 % gemäss Schätzung und 2010: 60 % gemäss Umfrage). Bei Legehennen und Junghennen haben sich Ställe mit Kotbandentmischung gegenüber Ställen mit Bodenhaltung oder Kotgrube durchgesetzt (Anteil Ställe mit Kotbandentmischung bei Legehennen 2010: 80 %). Tränkebecken wurden bei allen Geflügelkategorien weitgehend durch Tränkenippel ersetzt.

2.2.4.4 Hofdüngerlager

Gemäss Hochrechnung basierend auf den Umfragen betrug das Lagervolumen von Gülle im Jahr 2002 17.8 Mio. m³, 2007 17.1 Mio. m³ und 2010 16.0 Mio. m³ (Tabelle 7). Die Daten von 1990 und 1995 basieren auf Erhebungen des BFS (Meyre et al., 2000; Saxer et al., 2004). Saxer et al. (2004) gaben für 2003 ein Gesamtvolumen von 19 Mio. m³ an, was um rund 6 % über dem Wert gemäss Umfrage von 2002 liegt. Für 2010 errechnete das BFS ein Gesamtvolumen von 20.0 Mio. m³ (pers. Mitteilung A. Zesiger, BFS).

Das Lagervolumen hat bis 2010 um 29 % zugenommen (Tabelle 7). Die Abnahme zwischen 2002 und 2010 könnte teilweise auf eine effektive Verminderung des Lagervolumens zurückzuführen sein. Die Abnahme des Volumens zwischen 2007 und 2010 um rund 1 Mio. m³ erscheint als wenig plausibel. Ursache dürfte die unterschiedliche Struktur der an den Umfragen teilnehmenden Betriebe sein. Insgesamt resultierte zwischen 1990 und 2010 eine Erhöhung der emittierenden Oberfläche. Der Anteil von offenen Güllelagerbehältern hat leicht zugenommen. Allerdings dürfte das Volumen von ungedeckten Güllelagern eher überschätzt sein. Die Plausibilität der Modellparameter wird unter Kap. 3.4.4 diskutiert.

Tabelle 7: Lagervolumen von Gülle von 1990 bis 2010 in m³, Abdeckung der Güllelager in Prozent

	1990 ^a	1995 ^b	2002 ^c	2007 ^c	2010 ^c	1990	1995	2002	2007	2010
Abdeckung Güllelager	m ³					%				
Keine Abdeckung	1'608'360	1'930'240	2'993'352 ^d	2'912'954 ^d	2'671'458 ^d	13	13	17	17	17
Feste Abdeckung	10'763'640	12'917'760	12'581'703	11'904'798	10'639'227	87	87	71	69	67
Perforierte Abdeckung	n.e. ^e	n.e. ^e	2'216'652	2'280'681	2'609'108	0	0	12	13	16
Folien / Folienzelt	n.e. ^e	n.e. ^e	0	24'637	34'993	0	0	0	0	0
Schwimmfolie	n.e. ^e	n.e. ^e	n.e. ^e	16'868	43'672	0	0	0	0	0
Volumen total in m ³	12'372'000	14'848'000	17'791'707	17'139'938	15'998'458	100	100	100	100	100
Volumen total in % 1990						100	120	144	139	129

Quellen: ^a Meyre et al. (2000); ^b Saxer et al. (2004); ^c Umfragen 2002, 2007 und 2010

^d Davon 907'465 m³ (2002), 1'224'395 m³ (2007) bzw. 978'445 m³ (2010) mit natürlicher Schwimmschicht

^e nicht erhoben

2.2.4.5 Hofdüngerausbringung

Die Gülleausbringung mit emissionsmindernden Verfahren hat zugenommen. Im Jahr 2010 wurde 25 % der Güllemenge mittels Schleppschauch ausgebracht. Mist wurde nach der Ausbringung vermehrt eingearbeitet.

2.2.5 Mineralische Stickstoffdünger

Zur Berechnung der Ammoniakemissionen infolge Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern wurde die gesamtschweizerische mittels Mineraldünger ausgebrachte N-Menge gemäss Angaben von Agricura (Agricura, 2011) für 2010 bzw. Importstatistik der Treuhandstelle der schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter für 1990 bis 2007 verwendet (Tabelle 8). Dabei wurde berücksichtigt, dass rund 4 % der gesamten N-Menge in der Paralandwirtschaft (Gärten, Rasenflächen) eingesetzt wird (mündliche Mitteilung E. Spiess, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART). Die N-Menge von Harnstoff und anderen mineralischen Stickstoffdüngern wurde für das Jahr 2007 mit den gemäss Umfragedaten hochgerechneten N-Mengen⁶ verglichen. Die Übereinstimmung war bei einer Abweichung von +5 % relativ gut.

Tabelle 8: Verwendungsmenge von mineralischen Stickstoffdüngern in der Landwirtschaft in Tonnen pro Jahr (Quellen: 1990-2007: Treuhandstelle der Schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter, 2007; 2010: Agricura, 2011)

	1990	1995	2002	2007	2010
Harnstoff (t N/a)	17'000	11'253	8'385	8'680	7'424
Andere mineralische Stickstoffdünger (t N/a)	49'912	47'307	45'112	43'088	45'837
Total (t N/a)	66'912	58'560	53'497	51'768	53'261

Für die Berechnung der Emissionen wurden die Emissionsraten basierend auf van der Weerden, Jarvis (1997) für Harnstoff auf 15 % und für die anderen mineralischen Stickstoffdünger 2 % pro kg N festgelegt. Emissionen aufgrund der Verwendung von mineralischen Stickstoffdüngern ausserhalb der Landwirtschaft wurden den nicht-landwirtschaftlichen anthropogenen NH₃ Emissionen zugeordnet.

2.2.6 Recyclingdünger

Die in der Landwirtschaft eingesetzten Mengen an Recyclingdüngern und deren Gehalte an NH₄-N (Klärschlamm, Kompost, Gärgut fest und flüssig) basieren auf Candinas et al. (1999), Kettler (2002), Külling et al. (2002), Brändli et al. (2007), Hügi et al. (2008), Schleiss (2011) (Tabelle 9). Mistkompost und Produkte aus der Vergärung von Hofdüngern zählen nicht zu Kompost und Gärgut. Es wurde angenommen, dass beim Ausbringen von Klärschlamm und Gärgut flüssig bzw. Kompost und Gärgut fest 60 % bzw. 80 % des NH₄-N als Ammoniak verloren geht. Emissionen, welche durch die Herstellung von Kompost und Gärgut entstehen, sowie der nicht landwirtschaftlichen Anwendungen, wurden den nicht-landwirtschaftlichen NH₃ Emissionen zugeordnet.

Tabelle 9: Verwendung von Recyclingdüngern in der Landwirtschaft in Tonnen Trockensubstanz (TS) pro Jahr

	1990	1995	2002*	2007**	2010
Klärschlamm flüssig (t TS /a)	107'000	116'000	77'140	19'745	0
Kompost (t TS /a)	60'030	94'658	84'420	146'259	126'000
Gärgut fest (t TS /a)	0	1'516	6'066	14'722	61'740
Gärgut flüssig (t TS /a)	0	2'097	8'314	15'287	42'312

*Daten von 2000; **Daten von 2006

⁶ Das Vorgehen zur Plausibilisierung ist beschrieben in: <http://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2007; Dokument in Englisch)

2.3 Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen

Neben den landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen tragen auch die Quellengruppen Verkehr, Industrie/Gewerbe, Abfallbewirtschaftung und Haushalte zu den gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen bei. Diese sind im schweizerischen Luftschadstoff- und Klimagas-Emissionsinventar EMIS des Bundesamts für Umwelt (BAFU) zusammengestellt und referenziert (BAFU, 2012a).

Die Berechnung der jeweiligen Jahresemissionen dieser Quellengruppen erfolgt nach folgendem Ansatz:

Emissionsmenge = Aktivitätsrate x Emissionsfaktor

Die Aktivitätsrate, oft auch als Jahresleistung bezeichnet, gibt das Ausmass einer Tätigkeit an, beispielsweise die Anzahl gefahrener Kilometer pro Jahr und Fahrzeugkategorie (Fahrleistung), die jährliche Produktion eines Materials (Produktionsmenge), der Verbrauch eines Brennstoffes (Energieverbrauch), der Verbrauch eines Produkts, die Menge verbrannten Abfalls.

Der Emissionsfaktor gibt die freigesetzte Schadstoffmenge pro Aktivitätseinheit an, beispielsweise pro gefahrenen Kilometer, pro Tonnen produzierten Materials, pro Gigajoule Brennstoff, pro Tonne verbrauchten Produkts, pro Tonne verbrauchten Abfalls.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf Angaben in internationalen Handbüchern (EMEP/CORINAIR 2007; EMEP/EEA 2009), in nationalen Zusammenstellungen (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 2000), in nationalen Messberichten (EMPA 2005), in der Fachliteratur (Sutton et al. 2000) und von Industrieverbänden.

2.4 Ammoniakemissionen aus natürlichen Quellen in der Schweiz

Neben anthropogenen Quellen gibt es auch natürliche Quellen für Ammoniakemissionen. Nach internationaler Spezifikation gelten die Emissionen von naturnahen Ökosystemen wie Wälder, Feuchtgebiete und unproduktive Vegetationsflächen sowie jene von Wildtieren als natürlich. Mikrobielle und chemische Prozesse in Böden und Gewässern von naturnahen Ökosystemen sowie die Ausscheidungen der Wildtiere führen zu diesen Emissionen.

Die natürlichen Emissionen werden nach dem gleichen Ansatz berechnet wie die anthropogenen Emissionen (vgl. Kapitel 2.3):

Emissionsmenge = Aktivitätsrate x Emissionsfaktor

Für Wald scheint es so zu sein, dass eine aus dem Waldboden stammende Ammoniakmenge von den Pflanzen direkt wieder absorbiert wird, so dass aus dem Wald insgesamt kein Ammoniak austritt. Bei natürlichen Grasflächen (unproduktive Vegetation wie Gebüsch und Strauchvegetation, unproduktive Gras- und Krautvegetation, Nassstandorte, Ufervegetation, Strassen- und Bahngrün) wird ein Emissionsfaktor von 1 kg NH₃ (0.82 kg NH₃-N) pro Hektare und Jahr verwendet. Die Fläche (255'000 ha) entspricht der Aktivitätsrate. Bei grossen Wildtieren (Hirsche, Rehe, Gämsen, Steinböcke) konnte unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Lebendgewichts und der Bestände ein für den schweizerischen Bestand gewichteter Emissionsfaktor von 0.4 kg NH₃ (0.33 kg NH₃-N) pro Tier und Jahr ermittelt werden. Der Bestand (245'000) entspricht der Aktivitätsrate. Bei kleinen Wildtieren (Mäuse, Ratten, weitere Nagetiere auf Waldböden, Alpweiden und Landwirtschaftsböden) wurde ein Emissionsfaktor von 0.11 kg NH₃ (0.09 kg NH₃-N) pro Hektare und Jahr hergeleitet. Die Fläche für Waldböden, Alpweiden und Landwirtschaftsböden (2'778'000 ha) entspricht der Aktivitätsrate (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1996).

2.5 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020

Für die Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020 wurden basierend auf den Tierzahlen nach Peter (2010; vgl. Anhang 7.2) folgende Szenarien gerechnet:

- 2020: Die Emissionsfaktoren zur Berechnung der Emissionen aus der Tierproduktion wurden von 2010 übernommen (d.h. es wird angenommen, dass sich die Produktionstechnik bis 2020 nicht verändert). Dieses Szenario zeigt gleichzeitig den Einfluss der Tierzahlen auf den Verlauf der Emissionen 2020 auf. Die Verwendung von mineralischen Stickstoffdüngern 2011 basierten auf den Daten des Geschäftsberichts 2010/2011 der Agricura (Agricura, 2011) (6788 t N Harnstoff; 40'144 t übrige mineralische Stickstoffdünger). Diese Mengen und die übrigen Emissionen aus dem Pflanzenbau (Recyclingdünger, Landwirtschaftsflächen) wurden ab 2011 als konstant angenommen.
- 2020^R: Tierzahlen wie Szenario wie 2020 sowie Berücksichtigung der voraussichtlichen Entwicklung der Produktionstechnik und der Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen gemäss Ressourcenprogramm AP2011 und kantonalen Massnahmenplänen (Tabelle 10).
- 2020^{Rw}: wie 2020^R und zusätzlich Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen im Laufhof bei Rindvieh sowie höherer Anteil gedeckter Güllelager und emissionsmindernder Ausbringtechniken für Gülle (Tabelle 10).

Als Vergleichsbasis dienten die Werte für 2010 berechnet mittels Agrammon Regionalmodell.

Tabelle 10: Annahmen zur Entwicklung der Produktionstechnik und zur Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen in Prozent des gesamten Bestandes gemäss Szenarien 2020^R und 2020^{Rw}

Emissionsmindernde Massnahmen	2020 ^{R**}	2020 ^{Rw**}
	%	%
Vollweide		
Milchkühe	13	13
Fütterung Schweine		
NPr (N- und P-reduziertes Futter)	80	80
Phasenfütterung Mastschweine	75	75
Stallsysteme Rindvieh		
Anbindestall	35	35
Laufstall	65	65
Emissionsmindernde Stallsysteme		
Milchkühe (25 % Emissionsminderung)	10	10
Übriges Rindvieh	5	5
Zuchtschweine, Mastschweine (60 % Emissionsminderung)	15	15
Legehennen/Junghennen (60 % Emissionsminderung)	15	15
Emissionsmindernde Massnahmen Laufhof		
Rindvieh (10 % Emissionsminderung)	-	10
Abluftreinigung		
Zuchtschweine	3	3
Mastschweine	3	3
Legehennen/Junghennen/Mastpoulets	10	10
Abdeckung Güllelager		
ungedeckt	7	5
feste Abdeckung	69	75
perforierte Abdeckung	15	15
Zelt	1	1
Schwimmfolie	2	2
natürliche Schwimmschicht	6	2
Ausbringung Gülle		
Prallteller	56	50
Schleppschlauch	38	35
Schleppschuh	5	12
Flache Injektion	1	3
Tiefe Injektion	0	0

*Szenario basierend auf den Tierzahlen nach Peter (2010; vgl. Anhang 7.2) sowie der voraussichtlichen Entwicklung der Produktionstechnik und der Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen gemäss Ressourcenprogramm AP2011 und kantonalen Massnahmenplänen.

**wie 2020^R; zusätzlich Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen Laufhof bei Rindvieh sowie höherer Anteil gedeckter Güllelager und emissionsmindernder Ausbringtechniken für Gülle.

3 Resultate

3.1 Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen 2010

3.1.1 Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen

In der Schweiz wurden im Jahr 2010 insgesamt 52.8 kt NH₃-N als Ammoniak emittiert (Tabelle 11). Davon stammten 92 % aus der Landwirtschaft, 7 % waren nicht-landwirtschaftliche anthropogene Emissionen und 1 % natürliche Emissionen.

Tabelle 11: Ammoniakemissionen der Schweiz im Jahr 2010 in kt NH₃-N sowie Anteil der einzelnen Kategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion bzw. aus der Landwirtschaft (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

	Ammoniakemissionen	Anteil von Emissionen der Tierproduktion	Anteil von Emissionen Landwirtschaft	Anteil von totalen Emissionen
	kt NH ₃ -N	%		
Tierproduktion				
Milchkühe	21.2			
Mutterkühe	2.8			
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	1.9			
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	2.5			
Aufzuchtrinder über 2-jährig	2.0			
Mastkälber	0.5			
Mutterkuhkälber	1.0			
Masttiere Rindviehmast	1.8			
Total Rindvieh	33.9	78	70	65
Säugende Sauen	0.6			
Galtsauen	1.0			
Ferkel abgesetzt bis 25 kg	0.7			
Eber	0.0			
Mastschweine/Remonten	4.2			
Total Schweine	6.5	15	13	12
Legehennen	0.7			
Junghennen	0.1			
Mastpoulets	0.7			
Masttruten	0.0			
Anderes Geflügel	0.0			
Total Geflügel	1.5	3	3	3
Pferde über 3-jährig	0.5			
Pferde unter 3-jährig	0.1			
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere, Maulesel jeden Alters	0.1			
Total Pferde und andere Equiden	0.7	2	1	1
Schafe	0.7			
Milchschafe	0.1			
Ziegen	0.2			
Total Kleinwiederkäuer	1.0	2	2	2
Andere Raufutter verzehrende Nutztiere	0.0			
Total Tierproduktion	43.5	100	90	82
Pflanzenbau				
Mineralische Stickstoffdünger	2.0			
Recyclingdünger	0.4			
Landwirtschaftsflächen	2.4			
Total Pflanzenbau	4.8		10	10

	Ammoniakemissionen	Anteil von Emissionen der Tierproduktion	Anteil von Emissionen Landwirtschaft	Anteil von totalen Emissionen
	kt NH ₃ -N	%		
Total Landwirtschaft	48.3		100	92
Total nicht-landwirtschaftliche Emissionen	3.9			7
Total anthropogene Emissionen	52.3			99
Total natürliche Emissionen	0.6			1
Total anthropogene und natürliche Emissionen	52.8			100

3.1.2 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen

3.1.2.1 Übersicht

Im Jahr 2010 wurden aus der Landwirtschaft 48.3 kt NH₃-N in Form von Ammoniak emittiert (Tabelle 11). Der weitaus grösste Teil stammte aus der Tierproduktion (43.5 kt NH₃-N bzw. 90 %). 4.8 kt NH₃-N der Emissionen wurden dem Pflanzenbau zugeordnet. Dies entspricht 10 % der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen.

3.1.2.2 Emissionen der einzelnen Tierkategorien und Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion

Mit 33.9 kt NH₃-N und 6.5 kt NH₃-N trugen die Kategorien Rindvieh und Schweine am stärksten zu den Emissionen aus der Tierproduktion bei (78 % bzw. 15 % des Totals der Tierproduktion; Abbildung 5). Die Anteile von Geflügel (1.5 kt NH₃-N, 3 %), der Pferde und anderen Equiden (0.7 kt NH₃-N, 2 %) und der Kleinwiederkäuer (1.0 kt NH₃-N, 2 %) waren relativ gering. Die Emissionen von anderen Raufutter verzehrenden Nutztieren (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) waren mit ca. 0.05 kt NH₃-N (0.1 % der Emissionen aus der Tierhaltung) unbedeutend.

Die Hofdüngerausbringung (46 %; Abbildung 5), bildete die wichtigste Emissionsstufe innerhalb der Tierproduktion gefolgt von Stall/Laufhof (34 %). Der Beitrag der Hofdüngelager an den Ammoniakemissionen aus der Tierproduktion betrug 17 %. Der Anteil der Weideverluste lag bei 3 %. Die Gülle verursachte bei der Ausbringung 36 % und bei der Lagerung 10 % der gesamten Emissionen der Tierproduktion. Mist trug mit 10 % bei der Ausbringung bzw. 7 % bei der Lagerung zu den Verlusten bei.

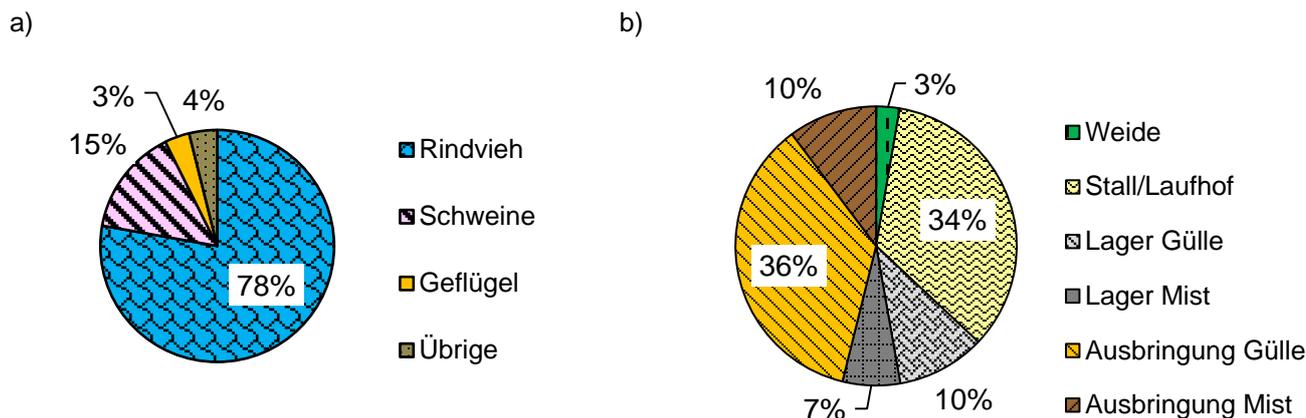


Abbildung 5: Anteile der einzelnen Tierkategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (übrige Tierkategorien: Pferde und andere Equiden, Kleinwiederkäuer, andere Raufutter verzehrende Nutztiere: Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) (a). Anteile der Emissionsstufen an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (b).

Erklärungen zu den Ursachen der Verteilung auf verschiedene Emissionsstufen und zum Einfluss der Produktionstechnik liefert Anhang 7.4.

3.1.2.3 Emissionen des Pflanzenbaus

Die Hauptanteile an den Emissionen innerhalb des Pflanzenbaus bildeten Emissionen aus den Landwirtschaftsflächen (2.4 kt NH₃-N) sowie Verluste infolge des Einsatzes von mineralischen Stickstoffdüngern (2.0 kt NH₃-N). Obwohl nur ca. 14 % der gesamten N Mineraldüngermenge in Form von Harnstoff ausgebracht wurde (vgl. Tabelle 8), waren die durch den Einsatz von harnstoffhaltigen Düngern verursachten Emissionen um rund 20 % höher als jene der übrigen N-haltigen Mineraldünger. Recyclingdünger (Kompost, Gärgut fest und flüssig) verursachten Emissionen von insgesamt 0.4 kt NH₃-N. Rund 70 % davon sind auf Gärgut flüssig zurückzuführen. Dabei wurde berücksichtigt, dass dessen Ausbringung heute ausschliesslich mit dem Schleppschauch erfolgt (Mündl. Mitteilung K. Schleiss, Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz).

3.1.3 Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen

Im Jahre 2010 haben Industrie/Gewerbe mit 0.5 kt NH₃-N, der Verkehr mit 2.3 kt NH₃-N, die Haushalte mit 0.8 kt NH₃-N und die Abfallbewirtschaftung mit 0.3 kt NH₃-N zu den gesamtschweizerischen nicht-landwirtschaftlichen Emissionen beigetragen (Tabelle 12; BAFU 2012a).

3.1.4 Ammoniakemissionen aus natürlichen Quellen in der Schweiz

Mit dem in Kapitel 2.4 beschriebenen Vorgehen ergaben sich für die Schweiz Ammoniakemissionen von insgesamt 0.6 kt NH₃-N pro Jahr aus natürlichen Quellen. Davon stammten <0.1 kt NH₃-N von grossen Wildtieren, ~0.3 kt NH₃-N von kleinen Wildtieren und <0.3 kt NH₃-N aus natürlichen Grasflächen (Tabelle 12).

Tabelle 12: Nicht-landwirtschaftliche Emissionen 2010 (BAFU 2012a) und ihre räumliche Zuordnung (vgl. Kap. 3.1.3)

Quellengruppe	Emission (t NH ₃ -N)	Bodennutzungskategorien	Codes Arealstatistik 1992/97 (74 Grundkategorien)
Industrie/Gewerbe	0.5	Industriegebäude mit Umschwung	21, 41
Verkehr	2.3	Hauptverkehrsachsen, Siedlungsgebiet (diffuser Verkehr)	Verteilung gemäss SAEFL (2004)
Haushalte	0.8	Wohnhäuser, Gebäude mit Mischnutzung und Landwirtschaftsgebäude, mit Umschwung	25-29, 45-49, 52
Abfallbewirtschaftung	0.3	Abwasserreinigungsanlagen, Deponien	63, 64
Natürliche Quellen	0.6	Wildtiere, natürliche Vegetation (Wald, Ufervegetation, Riedflächen, Moore etc.)	9-19, 32, 67, 68, 95-97

3.1.5 Räumliche Verteilung der Emissionen in der Schweiz

Mit den vorhandenen Datengrundlagen wurden räumlich möglichst gut aufgelöste Karten der Ammoniakemissionen erstellt. Die Emissionskarten sind unter anderem eine Voraussetzung für die Anwendung von Ausbreitungsmodellen, mit welchen die Ammoniakkonzentrationen in der Luft berechnet werden. Die berechneten Konzentrationen wiederum lassen sich mit den im Feld gemessenen Immissionswerten vergleichen und für die Modellierung der Depositionen verwenden.

Die Ammoniakemissionen der Landwirtschaft wurden in einem bottom-up Ansatz mit Hilfe der Tierzahlen der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2010 des Bundesamtes für Statistik (BFS) und mit Hilfe der Emissionsfaktoren des vorliegenden Berichts berechnet. Die Emissionen der Tierhaltung wurden nach 24 Tierkategorien, 32 Betriebsklassen (Schichtnummern) und 4 Emissionsstufen (Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung) differenziert.

Die vom BFS gelieferten Betriebszählungsdaten 2010 enthalten eine hektargenaue Koordinate, welche den Standort des Hauptgebäudes des Betriebes bezeichnet. Für die Kartierung wurde angenommen, dass die Emissionen der Stufen Stall/Laufhof und Hofdüngerlager als Punktquellen räum-

lich diesem Standort zugeordnet werden können. Die Betriebszählung umfasste 59'065 Betriebe, wovon 8'492 keine Tiere hielten.

Für die Lokalisierung der Emissionen auf den Stufen Weide und Hofdüngerausbringung wurde angenommen, dass die damit verbundenen Aktivitäten auf dem Gebiet der Standortgemeinde verteilt sind. Diese recht grobe Näherung war nötig, da auf nationaler Ebene nicht bekannt ist, wo sich die vom Betrieb bewirtschafteten Parzellen befinden oder Gülleabnahmeverträge bestehen. Mit Hilfe der Arealstatistik (Hektarraster, BFS 2008) wurde die emittierende Fläche innerhalb des Gemeindegebietes auf landwirtschaftlich genutzte Landnutzungskategorien eingeschränkt. Zudem wurden bei der Verteilung der Emissionen die Nutzungskategorien je nach zu erwartender Intensität der emissionsrelevanten Nutzung verschieden gewichtet: günstiges Wies- und Ackerland erhielt das Gewicht 1, die Kategorie Bergwiesen und –weiden das Gewicht 0.25.

Die nicht-landwirtschaftlichen Quellen wurden in einem top-down Ansatz kartiert, indem die gesamtschweizerischen Emissionen pro Quellengruppe (BAFU 2012a) auf die emissionsrelevanten Hektaren der Arealstatistik (BFS 2008) verteilt werden (Tabelle 12). Beim Verkehr diente das 2004 erstellte Emissionskataster (SAEFL 2004) als Grundlage: es basiert auf einem Verkehrsnetz, auf Fahrleistungen und Emissionsfaktoren für Fahrzeuge. Die Ammoniakfracht des Verkehrs für das Jahr 2010 wurde proportional zu diesem Emissionsmuster verteilt. Die Emissionsfracht der natürlichen Quellen stammt vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1996).

Abbildung 6 zeigt als Resultat die pro Hektare aufsummierten landwirtschaftlichen und nicht-landwirtschaftlichen Emissionen, wobei die Werte pro Quadratkilometer gemittelt wurden.

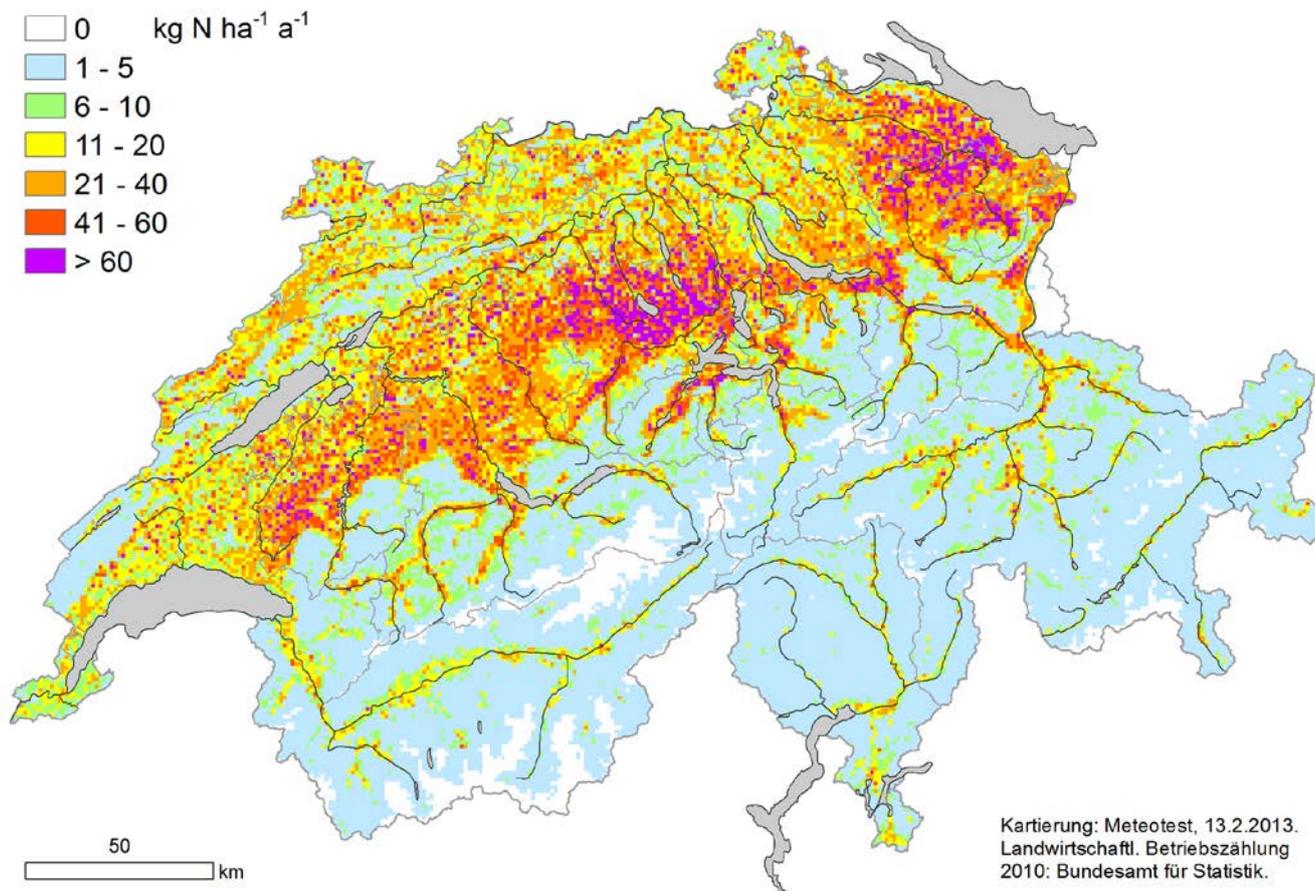


Abbildung 6: Karte der Ammoniakemissionen 2010. Einheiten $\text{kg NH}_3\text{-N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$.

3.2 Entwicklung der Ammoniakemissionen 1990-2010

3.2.1 Gesamtschweizerische Ammoniakemissionen

Das Total der anthropogenen und natürlichen Emissionen nahm zwischen 1990 und 2010 um 13 % ab (Tabelle 13). Die Abnahme war bei den landwirtschaftlichen Emissionen ähnlich hoch (-16 %). Die nicht-landwirtschaftlichen anthropogenen Emissionen nahmen um 41 % zu. Der Anteil der landwirtschaftlichen Emissionen am Total der anthropogenen und natürlichen Emissionen nahm zwischen 1990 und 2010 von 94 % auf 92 % ab. Die nicht-landwirtschaftlichen Emissionen stiegen von 5 % auf 7 % an. Insgesamt wird aber die Entwicklung der gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen nach wie vor durch die Landwirtschaft bzw. die Tierproduktion geprägt.

Tabelle 13: Entwicklung der landwirtschaftlichen, nicht-landwirtschaftlichen, der totalen anthropogenen und natürlichen, sowie des Totals der Ammoniakemissionen der Schweiz von 1990 bis 2010. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	1995	2002	2007	2010	1995	2002	2007	2010
	kt NH ₃ -N /a					%			
Total Emissionen Tierproduktion	50.3	47.3	42.2	43.9	43.5	-6	-16	-13	-14
Total Emissionen Pflanzenbau	7.0	6.3	5.4	5.0	4.8	-10	-23	-28	-31
Total landwirtschaftliche Emissionen	57.3	53.6	47.6	48.9	48.3	-6	-17	-15	-16
Total nicht-landwirtschaftliche Emissionen	2.8	3.8	4.6	4.4	3.9	35	63	57	41
Total anthropogene Emissionen	60.1	57.3	52.1	53.3	52.3	-5	-13	-11	-13
Total natürliche Emissionen	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0
Total anthropogene + natürliche Emissionen	60.6	57.9	52.7	53.8	52.8	-4	-13	-11	-13
	%								
Emissionen Tierproduktion	83	82	80	82	82				
Emissionen Pflanzenbau	11	11	10	9	9				
Total landw. Emissionen	94	93	90	91	92				
Total nicht-landw. Emissionen	5	7	9	8	7				
Total anthropogene Emissionen	99	99	99	99	99				
Total natürliche Emissionen	1	1	1	1	1				
Total anthropogene + natürliche Emissionen	100	100	100	100	100				

3.2.2 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen

Zwischen 1990 und 2010 haben sich die gesamten landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen um 16 %, diejenigen der Tierproduktion um 14 % vermindert (Tabelle 13). Die Ausscheidungen der Nutztiere nahmen um 13 % von 87.2 kt N_{lös} (144 kt N_{tot}) auf 76.1 kt N_{lös} (129 kt N_{tot}) ab (Abbildung 7). Davon gelangten 1990 8 % auf die Weide und 92 % in den Pfad Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung. Im Jahr 2010 betrug diese Verteilung 17 % zu 83 %. Aufgrund des niedrigeren TAN Flusses in Richtung Stall/Laufhof und den höheren Emissionen auf dieser Stufe gelangten 2010 48 kt TAN ins Hofdüngerlager. Dies entspricht einer Abnahme um 30 % im Vergleich zu 1990. Die Emissionen aus dem Lager und der Ausbringung waren 2010 tiefer als 1990. Der TAN Fluss in den Boden am Ende der Kaskade Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung fiel 2010 um 27 % niedriger aus im Vergleich zu 1990. Der TAN Fluss, welcher in die landwirtschaftliche Nutzfläche gelangte, betrug 2010 32.2 kt TAN (86.0 kt N_{tot}) bzw. 1990 34.8 kt TAN (93.2 kt N_{tot}). 17 % davon verblieben 2010 auf Böden unter Weide gegenüber 9 % im Jahr 1990. Die Emissionen und N Flüsse aufgelöst nach Emissionsstufen und je Tierkategorie sind in Anhang 7.7 aufgeführt.

Während die Emissionen aus der Rindviehproduktion zwischen 1990 und 2010 um 12 % sanken, haben die Verluste bei den Schweinen um 29 % abgenommen (Tabelle 14). Die Emissionen aus der Geflügelproduktion nahmen zwischen 1990 und 2002 um 7 % ab, stiegen seither an und lagen 2010 um 6 % über dem Stand des Basisjahres. Die Emissionen der übrigen Tierkategorien haben um 48 % zugenommen (Pferde und übrige Equiden: 97 %; Kleinwiederkäuer: 21 %). Das Rindvieh verursachte den grössten Teil der landwirtschaftlichen Emissionen. Der Anteil nahm von 67 % der gesamten landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen im Jahr 1990 leicht zu auf 70 % im Jahr 2010. Der Anteil der Emissionen der Schweine nahm im gleichen Zeitraum von ca. 16 % auf rund 13 % ab. Die Anteile von Geflügel und übrigen Nutztiere stiegen an, machten aber mit je rund 3 % der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen einen relativ geringen Anteil aus.

Die Anteile der Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion entwickelten sich zwischen 1990 und 2010 wie folgt: die Weideemissionen nahmen um 81 % von 0.6 kt NH₃-N auf 1.2 kt NH₃-N und die Emissionen von Stall/Laufhof um 36 % von 11.0 kt NH₃-N auf 14.9 kt NH₃-N zu (Abbildung 7, Abbildung 8). Die Anteile von Lager- und Ausbringungsemissionen gingen um 18 % von 8.9 kt NH₃-N auf 7.3 kt NH₃-N bzw. um 32 % von 29.7 kt NH₃-N auf 20.1 kt NH₃-N zurück. Allerdings nahmen die Lageremissionen von Gülle um 51 % von 2.9 kt NH₃-N auf 4.4 kt NH₃-N zu, wogegen bei der Lagerung von Mist ein Rückgang um 56 % von 6.0 kt NH₃-N auf 2.9 kt NH₃-N resultierte. Bei der Ausbringung war eine Reduktion für Gülle um 34 % von 23.8 kt NH₃-N auf 15.6 kt NH₃-N und für Mist um 25 % von 5.9 kt NH₃-N auf 4.5 kt NH₃-N zu verzeichnen. Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) machten im Jahr 1990 40 % der gesamten Emissionen aus. Ihr Anteil nahm bis 2010 auf 51 % der landwirtschaftlichen Emissionen zu. Die Zunahme erfolgte vor allem zwischen 1995 (Anteil: 40 %) und 2002 (Anteil: 49 %).

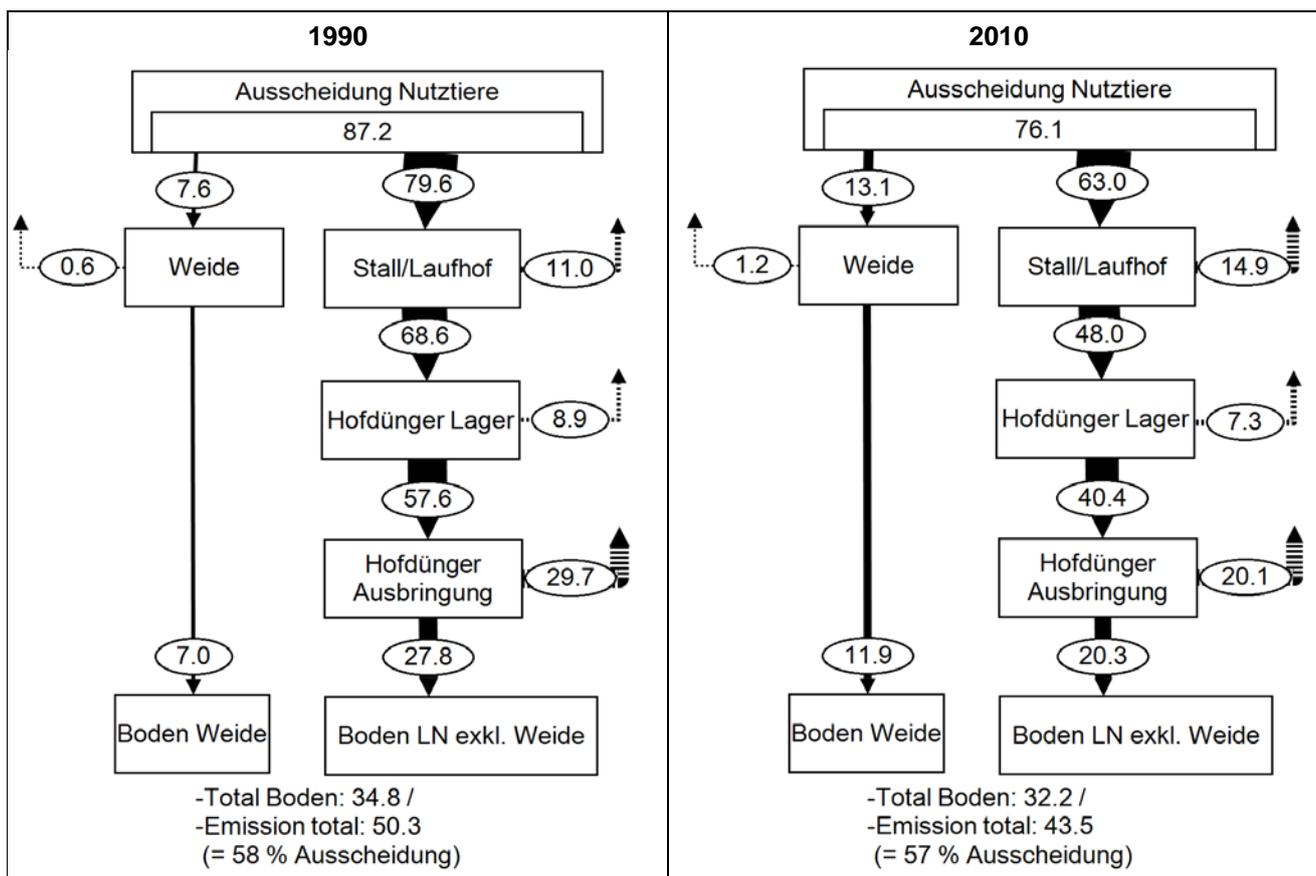


Abbildung 7: Ausscheidung von N_{iös} sowie TAN Fluss und Emissionen aus der Tierproduktion aufgelöst nach den Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2010. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von N_{iös} und TAN (kt TAN pro Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die Emissionen in kt NH₃-N pro Jahr dar. Weiter sind der TAN Fluss in den Boden und das Total der Emissionen sowie das Total der Emissionen in Prozent der Ausscheidung von N_{iös} angegeben.

Tabelle 14: Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen von Tierproduktion und Pflanzenbau zwischen 1990 und 2010. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile verschiedener Kategorien an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	1995	2002	2007	2010	1995	2002	2007	2010
	kt NH ₃ -N /a					%			
Rindvieh	38.6	37.6	32.7	34.4	33.9	-3	-15	-11	-12
Schweine	9.1	7.2	6.8	6.5	6.5	-22	-25	-29	-29
Geflügel	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	-10	-7	-3	6
Übrige*	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	10	25	39	48
Emissionen Tierproduktion	50.3	47.3	42.2	43.9	43.5	-6	-16	-13	-14
Mineralische Stickstoffdünger	3.5	2.6	2.2	2.2	2.0	-26	-39	-39	-43
Recyclingdünger	1.0	1.2	0.8	0.4	0.4	26	-20	-56	-61
Landwirtschaftsflächen	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	-1	0	-1	-2
Emissionen Pflanzenbau	7.0	6.3	5.4	5.0	4.8	-10	-23	-28	-31
Total landw. Emissionen	57.3	53.6	47.6	48.9	48.3	-6	-17	-15	-16
	%								
Rindvieh	67	70	69	71	70				
Schweine	16	13	14	13	13				
Geflügel	2	2	3	3	3				
Übrige*	2	2	3	3	3				
Emissionen Tierproduktion	88	88	89	90	90				
Mineralische Stickstoffdünger	6	5	5	4	4				
Recyclingdünger	2	2	2	1	1				
Landwirtschaftsflächen	4	4	5	5	5				
Emissionen Pflanzenbau	12	12	11	10	10				
Total landw. Emissionen	100	100	100	100	100				

*Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, andere anderen Raufutter verzehrende Nutztiere (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas)

Der Anteil der Weide an den Emissionen Tierproduktion nahm zwischen 1990 und 2010 von 1.3 % auf 2.7 % zu. Dies ist auf die Zunahme des TAN Flusses auf die Weide um 72 % von 7.6 kt TAN auf 13.1 kt TAN zurückzuführen. Der Anteil der Stufe Stall/Laufhof betrug 1990 22 % gegenüber 34 % im Jahr 2010. Der Beitrag der Hofdüngerlager veränderte sich kaum (1990: 18 %; 2010: 17 % Anteil an den Emissionen der Tierproduktion). Der Anteil der Ausbringung verminderte sich von rund 59 % auf 46 % zwischen 1990 und 2010.

Die Emissionen des Pflanzenbaus nahmen zwischen 1990 und 2010 um 31 % ab (Tabelle 14). Dies ist hauptsächlich auf den Rückgang der Emissionen der mineralischen Stickstoffdünger (-43%) und der Recyclingdünger (-61%) zurückzuführen. Die starke Reduktion der Emissionen von Recyclingdüngern wurde durch das Verbot des Klärschlammeinsatzes in der Landwirtschaft ausgelöst. Der prozentuale Beitrag der Landwirtschaftsflächen nahm von 4 % auf 5 % leicht zu. Der Anteil des Pflanzenbaus an den landwirtschaftlichen Emissionen veränderte sich zwischen 1990 und 2010 nur wenig (Abnahme von 12 % auf 10 %).

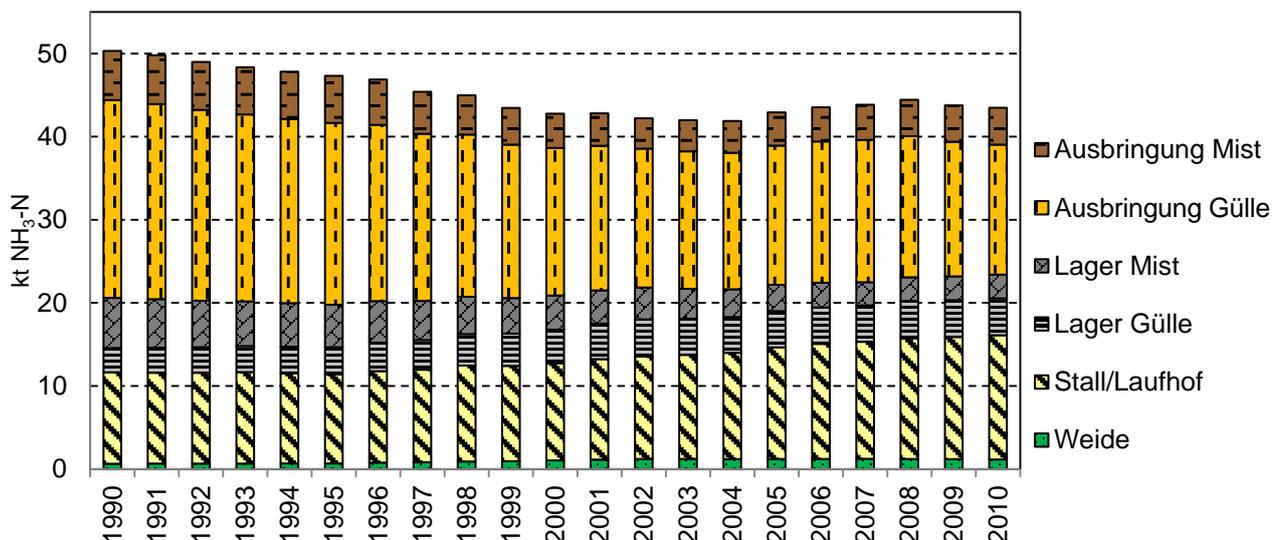


Abbildung 8: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2010 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung.

3.2.3 Nicht-landwirtschaftliche Ammoniakemissionen

Beim Verkehr sind die Ammoniakemissionen in erster Linie eine Folge des Einsatzes von Katalysatoren bei Benzinmotoren, indem die Stickoxide teilweise über den Luftstickstoff (N₂) hinaus zu Ammoniak (NH₃) reduziert werden. Die Ammoniakemissionen des Verkehrs haben mit dem zunehmenden Einsatz von Katalysatoren zwischen 1990 und 2000 von 0.9 kt NH₃-N auf 3.8 kt zugenommen und anschliessend dank verbesserter Katalysatortechnik wieder auf insgesamt 2.3 kt im Jahre 2010 abgenommen (Abbildung 9). Bis 2020 wird ein weiterer Rückgang erwartet

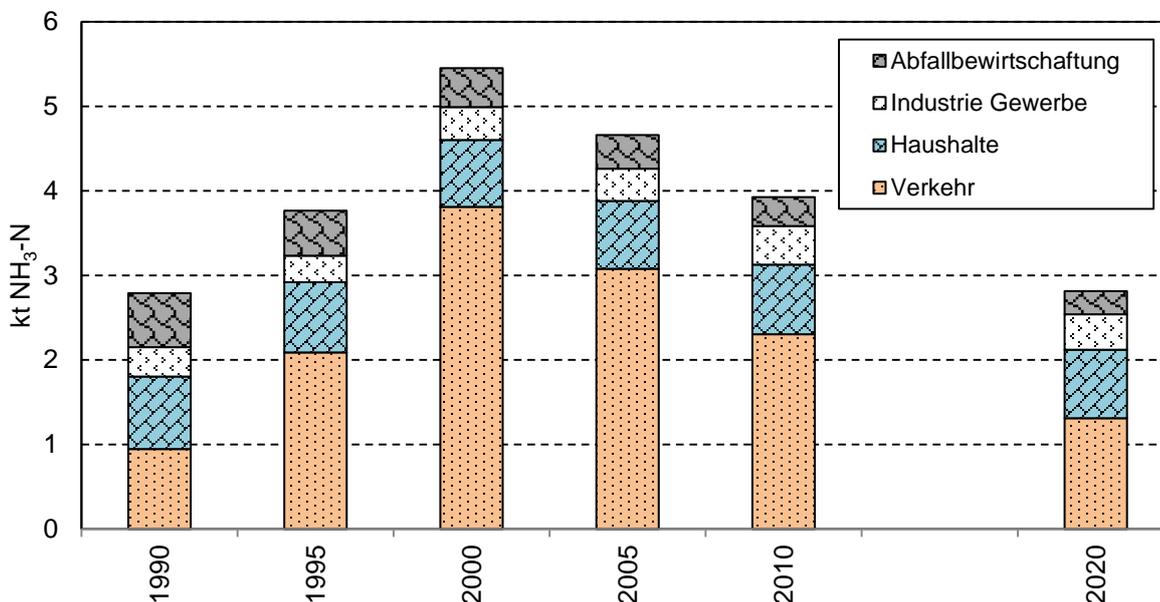


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung der nicht-landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 und Prognose für 2020 (in kt NH₃-N pro Jahr).

Bei der Quellengruppe Industrie/Gewerbe entstehen Ammoniakemissionen bei industriellen Prozessen wie zum Beispiel bei der Ammoniumnitrat-Herstellung, aber auch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe mit Einsatz von DeNOx-Systemen. Die Emissionen dieser Quellengruppe haben sich seit 1990 wenig verändert und betragen im Jahre 2010 insgesamt 0.5 kt NH₃-N. Bei der Abfallbewirtschaftung tragen Kehrrechtdeponien, Kläranlagen und Kehrrechtverbrennungsanlagen (mit DeNOx-Systemen) zu den Ammoniakemissionen bei. Die Emissionen dieser Quellengruppe haben zwischen

1990 und 2010 von insgesamt 0.6 kt NH₃-N auf 0.3 kt NH₃-N abgenommen, weil weniger Deponien betrieben und in Kläranlagen vermehrt Massnahmen zur N-Elimination eingesetzt wurden. Bei den Haushalten tragen Haustiere (Katzen, Hunde, privat gehaltene Pferde, Esel, Ziegen und Schafe), menschlicher Atem und Schweiss, der Einsatz von Windeln, der Konsum von Tabakwaren, die Kompostierung und der Einsatz von Düngern in Gärten zu den Ammoniakemissionen bei. Die Emissionen dieser Quellengruppe haben sich zwischen 1990 und 2010 mit rund 0.8 kt NH₃-N pro Jahr kaum verändert.

3.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020

Die totalen landwirtschaftlichen Emissionen liegen im Jahr 2020 gemäss Szenario 2020 um 0.3 kt NH₃-N bzw. 1 % niedriger als im Jahr 2010 (Tabelle 15). Gegenüber 1990 resultiert eine Reduktion um 9.2 kt NH₃-N. Für Szenario 2020^R (Berücksichtigung der voraussichtlichen Entwicklung der Produktionstechnik und der Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen gemäss Ressourcenprogramm AP2011 und kantonalen Massnahmenplänen) nehmen die Emissionen im Vergleich zu 2010 um 6 % ab. Die Emissionen der Tierproduktion gehen dabei ebenfalls um 6 % zurück. Die Berechnungen zeigen für Szenario 2020^R eine Reduktion der Emissionen bei Rindvieh von 6 %, und bei Schweinen von 9 %. Bei Geflügel und den übrigen Tierkategorien findet eine Zunahme um 1 % bzw. 4 % statt. Bei dieser Entwicklung spielen die Tierzahlen eine untergeordnete Rolle. Beim Rindvieh wird die Abnahme der Anzahl Milchkühe und Masttiere um 5 % bzw. 4 % durch die Zunahme bei den Mutterkühen um 26 % weitgehend kompensiert (konstante Anzahl Aufzuchtrinder). Die Anzahl der Schweine, Pferde und übrigen Equiden sowie Kleinwiederkäuer bleiben praktisch unverändert. Beim Geflügel bleiben die Bestände der Jung- und Legehennen unverändert und die Anzahl der Mastpoulets nimmt um 8 % zu.

Ein wichtiger Faktor der Emissionsminderung für Szenario 2020^R ist der höhere Anteil Vollweide für Milchkühe (13 % des Bestandes). Dadurch nimmt der Stickstoff Fluss in Stall/Laufhof, Lager und Ausbringung ab, womit das höhere Emissionspotential aufgrund der Zunahme des Anteils Laufställe auf 65 % (2010: 48 %) teilweise kompensiert wird. In Kombination mit den emissionsmindernden Massnahmen im Stall (vor allem bei Schweinen und Geflügel) resultiert eine sehr geringe Emissionszunahme auf Stufe Stall/Laufhof. Die zweite wichtige Ursache der Emissionsminderung ist die Zunahme der emissionsmindernden Ausbringtechniken für Gülle und der höhere Anteil der Einarbeitung von Mist nach der Ausbringung.

Für Szenario 2020^{Rw} (Annahmen wie 2020^R und zusätzlich Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen Laufhof bei Rindvieh, höherer Anteil gedeckter Güllelager und emissionsmindernder Ausbringtechniken für Gülle) resultiert eine Emissionsreduktion von 8 % im Vergleich zu 2010. Die Ursachen sind gleich wie bei Szenario 2020^R. Zusätzlich findet eine Emissionsreduktion von 16 % bei der Lagerung von Gülle statt. Durch die weitergehende Umsetzung bei den emissionsmindernden Ausbringtechniken für Gülle werden die Verluste auch auf Stufe Ausbringung reduziert.

Die Emissionen des Pflanzenbaus nehmen um 4 % ab und sind auf den niedrigeren Verbrauch an mineralischem Stickstoffdünger zurückzuführen. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Tierkategorien an den Emissionen der Tierproduktion variieren zwischen 2010 und 2020 nur wenig.

Tabelle 15: Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2020 von Tierproduktion und Pflanzenbau im Vergleich zu 1990 und 2010. Szenarien 2020, 2020^R und 2020^{Rw}: gemäss Kap. 2.5. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile verschiedener Kategorien an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Jahr 2010 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	2010	2020	2020 ^R	2020 ^{Rw}	2020	2020 ^R	2020 ^{Rw}
	kt NH ₃ -N /a							
Weide	0.6	1.2	1.2	1.4	1.4	2%	15%	15%
Stall und Laufhof	11.0	14.8	15.0	14.9	14.8	2%	1%	1%
Hofdüngerlagerung	8.9	7.4	7.3	6.8	6.2	-1%	-8%	-16%
Hofdüngerlagerung flüssig	2.9	4.4	4.4	4.3	3.7	-1%	-2%	-16%
Hofdüngerlagerung fest	6.0	2.9	2.9	2.4	2.4	-2%	-18%	-18%
Hofdüngerausbringung	29.7	20.3	20.0	18.1	17.7	-2%	-11%	-13%
Hofdüngerausbringung flüssig	23.8	15.5	15.5	14.6	14.1	0%	-6%	-9%
Hofdüngerausbringung fest	5.9	4.9	4.5	3.5	3.5	-7%	-28%	-28%
Rindvieh	38.6	34.1	33.8	32.1	31.2	-1%	-6%	-9%
Schweine	9.1	6.4	6.5	5.8	5.7	1%	-9%	-11%
Geflügel	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	0%	1%	1%
Übrige*	1.1	1.7	1.6	1.7	1.7	4%	4%	4%
Emissionen Tierproduktion	50.3	43.6	43.5	41.1	40.1	-0%	-6%	-8%
Emissionen Pflanzenbau	7.0	4.8	4.6	4.6	4.6	-4%	-4%	-4%
Total landw. Emissionen	57.3	48.4	48.1	45.7	44.6	-1%	-6%	-8%
Rindvieh	67%	70%	70%	71%	70%			
Schweine	16%	13%	14%	13%	13%			
Geflügel	2%	3%	3%	3%	3%			
Übrige*	2%	3%	3%	4%	4%			
Emissionen Tierproduktion	88%	90%	90%	90%	90%			
Emissionen Pflanzenbau	12%	10%	10%	10%	10%			
Total landw. Emissionen	100%	100%	100%	100%	100%			

*Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, andere anderen Raufutter verzehrende Nutztiere (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas)

3.4 Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS

3.4.1 Einleitung

Die Darstellung und Diskussion der Resultate beschränkt sich auf die gesamte Schweiz und aufgelöst nach den drei Regionen Ost, Zentral und West/Süd bzw. den Höhenstufen Tal, Hügel, und Berg. Die Auswertungen wurden bis auf die Stufe Betriebsklassen durchgeführt, werden hier aber nicht dargestellt und diskutiert. Bei unterschiedlicher Kategorisierung der beiden Erhebungen richtete sich die Auswertung nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS (vgl. Kapitel 2.1.9).

3.4.2 Weide

Beim Anteil von Tieren, die Zugang zu Weide hatten, bestand für das Total der Schweiz und die Tierkategorien Milch- und Mutterkühe sowie Aufzuchtrinder und Masttiere zwischen der Umfrage HAFL 2010 und der Zusatzerhebung BFS eine gute Übereinstimmung (Differenzen <10 %; vgl. Anhang 7.5). Bei und Mastkälbern lag der Anteil gemäss Umfrage HAFL um rund 60 % höher. Die Übereinstimmung aufgelöst nach Regionen und Höhenstufen war für Milch- und Mutterkühe sowie Aufzuchtrinder ebenfalls gut (Differenzen max. 10 %). Bei Masttieren und Mastkälbern bestanden Unterschiede von rund 60 %. Der Anteil von Tieren mit Zugang zur Weide lag bei diesen Kategorien allerdings auf sehr tiefem Niveau.

Die Resultate der beiden Umfragen stimmten für die Anzahl Weidestunden pro Tag für Milch- und Mutterkühe sowie Aufzuchtrinder bezogen auf die ganze Schweiz sehr gut überein (Abweichung <5 %). Aufgelöst nach Regionen und Höhenstufen gab es vereinzelt Differenzen von bis zu 15 %. Bei Masttieren und Mastkälbern bestanden Unterschiede von rund 15 % bzw. 80 % auf gesamtschweizerischer Stufe. Bei der Anzahl Weidetage pro Jahr lagen die Werte gemäss Umfrage HAFL 2010 systematisch um 10-15 % (Milch- und Mutterkühe, Aufzuchtrinder) höher im Vergleich zur Zusatzerhebung BFS. Bei Masttieren und Mastkälbern betrug die Differenz bis zu Faktor 2.5. Die Ursache dürfte in der unterschiedlichen Befragungsmethode liegen. Während in die Fragebogen der Zusatzerhebung BFS Zahlen einzusetzen waren, mussten bei der Umfrage HAFL Felder mit vorgegebenen Wertebereichen angekreuzt werden. Das weitaus am häufigsten angekreuzte Feld wies den Bereich 81-230 Tage auf. Diesem Eintrag wurden je nach Höhenstufe gemäss Expertenannahmen folgende Werte zugeordnet: Talgebiet: 190 Tage, Hügelgebiet: 180 Tage, Berggebiet: 165 Tage. Die Werte gemäss Zusatzerhebung BFS könnten allenfalls unterschätzt sein, wenn beim automatisierten Einlesen aufgrund der Ähnlichkeit der beiden Ziffern 5 und 6 eine 5 anstelle einer 6 ausgegeben wird. Ob dies zutrifft, lässt sich im Nachhinein nicht mehr feststellen. Aufgrund der Methode zur Datenerhebung sind die Werte der Zusatzerhebung BFS als eher plausibler anzunehmen.

3.4.3 Aufstallungssysteme und Laufhof

Bei den Milchkühen bestand mit Ausnahme von Laufstall mit Tiefstreu eine gute Übereinstimmung bei den Stallsystemen (Abweichung Ebene Schweiz: max. 15 %; Region, Höhenstufe. <30 %). Bei der Kategorie Laufstall mit Tiefstreu lag bei allen Tierkategorien eine grosse Differenz vor. Dies kommt vermutlich daher, dass dieses Stallsystem in der Zusatzerhebung des BFS nicht direkt abgefragt wurde. In der Auswertung wurden nur diejenigen Fälle diesem System zugeordnet, welche einen Eintrag unter „Laufstall, Liegefläche als Tiefstreu / Tretmist (nur "Mist")“ und keinen Eintrag in „Laufstall, Gülle und Mist“ aufwiesen. Im Gegensatz dazu konnte in der Umfrage HAFL 2010 dieses Stallsystem unter einer eigenen Rubrik angewählt werden, was den Unterschied zu einem grossen Teil erklären dürfte. Bei den übrigen Tierkategorien wiesen ausschliesslich diejenigen Stallsysteme hohe Abweichungen auf, welche selten vorkamen (z.B. Anbindestall Gülle bei Masttieren). Bei den Mastkälbern fällt der hohe Anteil an Anbindeställen auf. Dies steht im Widerspruch zur Tierschutzverordnung (TSchV, Schweiz. Bundesrat, 2012), welche die Haltung von Kälbern bis zum Alter von vier Monaten in Anbindeställen verbietet (TSchV, Art. 37). Bei einem mittleren Schlachalter der Kälber von ca. 5 Monaten ist eine gesetzeskonforme Anbindehaltung nicht möglich und widerspricht der

Praxis. Insgesamt besteht auf gesamtschweizerischer Ebene bei Rindvieh mit Ausnahme der Mastkälber eine gute Übereinstimmung zwischen den Resultaten der beiden Erhebungen bezüglich Aufstallungssysteme. Auf Stufe Region und Höhenstufe sind die Unterschiede zum Teil bedeutend, wobei vor allem Stallssysteme mit geringen Anteilen betroffen sind.

Bei den Laufhofoberflächen von Rindvieh bestand bei der wichtigsten Kategorie, Laufhofoberfläche planbefestigt, eine gute Übereinstimmung (max. Abweichung: gesamt CH: 11 %; Regionen, Höhenstufen: 16 %). Die Resultate der Kategorie „Laufhofoberfläche perforiert“ (Anteil 3 % bis 18 %) unterschieden sich zwischen den beiden Erhebungen unterschiedlich stark (Minimum: Milchkühe: 9 %; Maximum: Mastkälber: 85 % auf Stufe Gesamtschweiz). Bei den Kategorien „Laufhofoberfläche unbefestigt“ und „Kein Laufhof“ waren die Differenzen grösstenteils deutlich höher. Allerdings unterschied sich hier die Kategorisierung der beiden Erhebungen. Die Umfrage HAFL 2010 beinhaltete die Kategorien „kein Laufhof; Auslauf auf Weide“ und „Laufhofoberfläche nicht befestigt“. Werden die Anteile der beiden Kategorien aufsummiert und mit den Summen der Kategorien „Laufhofoberfläche unbefestigt“ und „Kein Laufhof“ gemäss Zusatzerhebung BFS verglichen, ist die Übereinstimmung gut. Dies dürfte damit zu erklären sein, dass in der Zusatzerhebung BFS die Kategorie „Laufhofoberfläche unbefestigt“ teilweise von Betrieben eingetragen wurde, die für den Auslauf eine Weide verwenden. Dies wäre nachvollziehbar, da der vorgeschriebene Auslauf auf diese Weise gewährleistet wird, die Kategorie „kein Laufhof“ dagegen suggeriert, dass dies nicht der Fall ist und daher von den davon betroffenen Befragten gemieden wurde.

Bei den Aufstallungssystemen von Schweinen bestanden bei den Kategorien Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf sowie Konventioneller Stall wesentliche Differenzen zwischen den beiden Umfragen (höhere Werte für ersteres und vice versa für letzteres in der Umfrage HAFL 2010). In der Zusatzerhebung BFS resultierten Anteile für Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf für Galtsauen von 70 %, säugende Sauen und Ferkel abgesetzt bis 25 kg von 10 % sowie Mastschweine von 50 %. Diese Werte stimmen verhältnismässig gut überein mit der Beteiligung am RAUS Programm (Galtsauen: 57 %, Säugende Sauen: 6 %, Ferkel abgesetzt bis 25 kg: 4 %, Mastschweine: 46 %; Bundesamt für Landwirtschaft, 2011). Aus dieser Optik sind die Zahlen gemäss Umfrage HAFL 2010 als zu hoch einzuschätzen: Galtsauen: 84 %, Säugende Sauen: 32 %, Ferkel abgesetzt bis 25 kg: 29 %, Mastschweine: 60 %. Eine mögliche Erklärung dazu liefert die Auswertung der Umfrageresultate. Bei der Auswertung der Zusatzerhebung BFS war der Eintrag unter „Auslauf vorhanden“ das entscheidende Kriterium für Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf. In der Umfrage HAFL 2010 wurde die gleiche Information anders abgefragt bzw. das Kriterium „Kein Auslauf vorhanden“ als Ausschlusskriterium für Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf verwendet. Möglicherweise scheuten sich etliche der Befragten, diese Rubrik anzukreuzen, selbst wenn auf dem Betrieb kein Auslauf vorhanden war, weshalb eine Überschätzung des Anteils der Labelställe resultierte. Bei umgekehrter Auswahl der Kriterien, nämlich mindestens ein vorhandener Eintrag unter Beschaffenheit der Oberfläche des Auslaufs, was mit dem Vorhandensein eines Auslaufs gleichgesetzt werden kann, stimmt das Resultat gut mit demjenigen nach Zusatzerhebung BFS überein (Galtsauen: 70 %, Säugende Sauen: 10 %, Ferkel abgesetzt bis 25 kg: 10 %, Mastschweine: 50 %). Die Auswertung künftiger Umfragen sollte künftig entsprechend modifiziert werden.

Bei den Aufstallungssystemen von Geflügel bestand eine gute Übereinstimmung mit Ausnahme des Systems Kotbandentmischung mit Belüftungstrocknung. Dieses System ist wenig verbreitet und wurde daher mit der verhältnismässig kleinen Stichprobengrösse der Umfrage HAFL 2010 ungenügend erfasst. Ein weiterer für die Emissionen relevanter Parameter ist die Abluftreinigung bei Ställen von Schweinen und Geflügel. Dieser lag bei der Zusatzerhebung BFS im niedrigen Prozentbereich. In Umfrage HAFL 2010 wurde der gleiche Parameter aus denselben Gründen wie oben ausgeführt ungenügend erfasst. Allerdings ist die Frage in Bezug auf Emissionen von Ammoniak zu wenig spezifisch, da unter dem Begriff „Abluftreinigung“ auch Biofilter eingeschlossen sind, welche wegen Geruchsminderung installiert wurden jedoch hinsichtlich Emissionsminderung kaum eine Wirkung haben. Diesbezüglich müsste nach Abluftreinigung mittels Chemo- oder Biowäscher abgefragt werden.

3.4.4 Güllelager, Ausbringung von Mist und Gülle

Bei der Abdeckung von Güllelagern wies die Umfrage HAFL im Vergleich zur Zusatzerhebung BFS um 15 % niedrigere Werte und demgegenüber bei offenen Lagern höhere Werte auf. Dies ist mit dem Vorgehen zur Plausibilisierung zu erklären. Gemäss den in Kapitel 2.1.5.3 aufgeführten Grundsätzen wurde bei fehlenden Einträgen ein offenes Lager angenommen. Dies betraf ca. 10 % der Fragebogen. Demgegenüber kamen in der Zusatzerhebung BFS fast keine fehlenden Einträge vor, was die Differenz weitestgehend erklärt. Die Hochrechnung des Güllelagervolumens ergab ein Gesamtvolumen von 17.8 Mio. m³. Das BFS errechnete (mit Verwendung von Korrekturfaktoren; vgl. Potterat, 2004) ein Gesamtvolumen von 20.0 Mio. m³ (pers. Mitteilung A. Zesiger, BFS). Die Erhöhung des Lagervolumens um rund 2.2 Mio. m³ bzw. 13 % des Lagervolumens zwischen 2002 und 2010 könnte durch die Zunahme der Systeme mit Produktion von Vollgülle bei Rindvieh und der Zunahme der Laufhofoberflächen aufgrund des RAUS Programms bei Schweinen und Rindvieh erklärt werden. Basierend auf der Entwicklung der Tierzahlen, des Anteils der Systeme mit Produktion von Vollgülle bei Rindvieh und der Laufhofoberfläche⁷ wurde der Mehrbedarf an Lagervolumen im Jahr 2010 gegenüber 2002 auf ca. 0.4 Mio. m³ geschätzt. Es erscheint demnach als wahrscheinlich, dass das Lagervolumen effektiv eher in der Grössenordnung von 18 Mio. m³ liegen dürfte. Für die Emissionsrechnungen mittels Agrammon Regionalmodell (Kap. 3.4.5) wurden 17.8 Mio. m³ verwendet. Zusätzlich erfolgte die Berechnung einer Variante mit 20.0 Mio. m³.

Bei der Ausbringung von Gülle stimmten die Anteile der Techniken Prallteller und Schleppschauchverteiler gut überein. Dagegen wies die Zusatzerhebung BFS für Injektion (= Gölledrill) wesentlich höhere Werte auf. Für tiefe Injektion kamen in der Umfrage HAFL 2010 keine Einträge vor, während der Anteil in der Zusatzerhebung BFS 1 % betrug. Eine Recherche bei Landwirten, Lohnunternehmern und Landmaschinenhändlern zeigte, dass die Technik tiefe Injektion 2010 nicht und Gölledrill bei weitem nicht in dem gemäss Zusatzerhebung berechneten Ausmass vorkam. So waren 2010 im Kanton Bern max. zwei Geräte in Betrieb. Die damit begüllte Fläche lag deutlich unter 100 ha. Gemäss Zusatzerhebung BFS resultierte aber ein Wert von 603 ha. Im Kanton Waadt war kein Gerät vorhanden, die Ausbringfläche betrug rund 2000 ha. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Rubrik in den Fragebogen der Zusatzerhebung BFS nicht korrekt ausgefüllt wurde.

Bezüglich Einarbeitung von Mist nach der Ausbringung war in der Zusatzerhebung BFS die Rubrik „mit unverzüglicher Einarbeitung ausgebracht“ anwählbar. Dieser Wert wurde mit der Summe der Einträge Einarbeitung innerhalb von 1, 4, 8 und 24 Stunden gemäss Umfrage HAFL 2010 verglichen, welcher um rund 25 % niedriger lag. In der Zusatzerhebung BFS wurde weiter die unmittelbare Einarbeitung von Gülle abgefragt. Dabei resultierte ein Wert von Gülle 11 % der gesamten Güllemenge. In der Umfrage HAFL 2010 wurde dies nicht erhoben in der Annahme, dass Gülle in der Praxis kaum eingearbeitet wird. Angesichts des vorliegenden Resultats der Zusatzerhebung sollte dies überdacht werden.

3.4.5 Resultate der Emissionsrechnung mittels Agrammon Regionalmodell

Die Emissionsrechnung mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Datensätzen der Umfrage HAFL 2010 (Tabelle 16) stimmt sehr gut mit der einzelbetrieblichen Rechnung überein (vgl. Kap. 3.2). Die Emissionen berechnet mittels Zusatzerhebung BFS liegen geringfügig höher (vgl. Kap. 2.1.9). Während sich die gesamten Emissionen um 1 Prozent unterscheiden, resultieren auf einzelnen Emissionsstufen etwas grössere Differenzen (Hofdüngerlagerung flüssig: 8 %; Hofdüngerausbringung fest: -19 %).

Werden die Daten gemäss Umfrage HAFL 2010 verwendet, für die Weidedauer für Rindvieh und Anteile von Aufstallungssystemen für Schweine und Geflügel sowie die Anteile der Abdeckungen der

⁷ Abschätzung basierend auf Anzahl Rindvieh und Schweine im RAUS Programm 2002 und 2010 (nicht veröffentlichte Daten Bundesamt für Landwirtschaft. 2008; Bundesamt für Landwirtschaft. 2011) und Anforderungen betreffend nicht überdachte Laufhofflächen gemäss Ethoprogrammverordnung (Schweiz. Bundesrat, 2008).

Güllelager die möglicherweise plausibleren Werte der Zusatzerhebung BFS eingesetzt (Tabelle 16, Szenario „Umfrage HAFL korr“), resultieren um 0.3 kt NH₃-N bzw. 1 % höhere Emissionen. Die Emissionen auf den Stufen Weide, Stall/Laufhof und Lager sind niedriger. Aufgrund des höheren N-Flusses in die Ausbringung werden die erreichten Minderemissionen aber überkompensiert. Insgesamt sind die Differenzen jedoch niedrig und man kann davon ausgehen, dass allfällige auf die Umfragen zurückzuführende Fehler in dieser Grössenordnung keine signifikanten Auswirkungen auf die Emissionsrechnungen haben.

Wird ein Lagervolumen Gülle von 20.0 Mio. m³ anstelle von 17.8 Mio. m³ verwendet, nehmen die Emissionen auf der Stufe Güllelagerung um ca. 11 % zu. Demgegenüber werden die Emissionen bei der Ausbringung vermindert, so dass für die gesamten Emissionen aus der Tierproduktion lediglich eine Differenz von ca. 1 % resultiert.

Tabelle 16: Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2010 kt NH₃-N berechnet mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Datensätzen von Umfrage HAFL 2010 (1), Zusatzerhebung BFS (2) und Umfrage HAFL 2010 mit Korrektur der Weidedauer pro Jahr für Rindvieh und Anteile von Aufstallungssystemen für Schweine und Geflügel sowie Abdeckung Güllelager nach Zusatzerhebung BFS (3). Die beiden Spalten rechts geben die prozentualen Differenzen zwischen den Varianten (1) und (2) sowie (1) und (3) an.

	Umfrage HAFL (1)	Zusatzerhebung BFS (2)	Umfrage HAFL korr (3)	Δ 1-2	Δ 1-3
	2010	2010	2010		
	kt NH ₃ -N	kt NH ₃ -N	kt NH ₃ -N		
Weide	1.2	1.1	1.0	8%	13%
Stall und Laufhof	14.8	14.5	14.7	2%	0%
Hofdüngerlagerung	7.4	7.2	6.6	3%	10%
Hofdüngerlagerung flüssig	4.4	4.1	3.6	8%	19%
Hofdüngerlagerung fest	2.9	3.1	3.1	-5%	-4%
Hofdüngerausbringung	20.3	21.3	21.6	-5%	-6%
Hofdüngerausbringung flüssig	15.5	15.6	16.5	-1%	-7%
Hofdüngerausbringung fest	4.9	5.8	5.0	-19%	-3%
Total Tierproduktion	43.6	44.1	44.0	-1%	-1%
Mineralischer Stickstoffdünger	2.0	2.0	2.0	0%	0%
Recyclingdünger	0.4	0.4	0.2	0%	0%
Landwirtschaftliche Nutzfläche	2.4	2.4	2.4	0%	0%
Total Pflanzenproduktion	4.8	4.8	4.8	0%	0%
Total	48.4	48.8	48.7	-1%	-1%

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1 Entwicklung von Produktionstechnik, N-Flüssen, Emissionsfaktoren und Emissionen

4.1.1 Allgemeines

Seit den 1990er Jahren hat sich die Produktionstechnik in der Landwirtschaft verändert im Hinblick auf Parameter, welche für die Ammoniakemissionen von Bedeutung sind. Die Veränderungen wirken sich auf die N-Ausscheidung der Nutztiere und die Emissionsraten auf verschiedenen Emissionsstufen aus. Zudem haben sich die Tierzahlen (vgl. Kap. 2.2.1) und teilweise die Zusammensetzung der Bestände verändert. Deren Einfluss auf die mittels Agrammon modellierten Emissionen und Stoffflüsse werden nachfolgend für die Hauptkategorien Milchkühe, Mastschweine und Mastpoulets exemplarisch zusammengefasst und diskutiert. Bei dieser Diskussion wird auch die Entwicklung der EF pro Tier auf verschiedenen Emissionsstufen mitberücksichtigt (vgl. Anhänge 7.4, 7.8 bis 7.12).

4.1.2 Milchkühe

4.1.2.1 N-Ausscheidung

Bei einer mittleren jährlichen Milchleistung von 7156 kg im Jahr 2010 schied eine Milchkuh ohne weitere Korrekturfaktoren 116.5 kg N aus. Die Verabreichung von Futtermitteln, welche eine Verminderung des Proteinüberschusses in der Ration bewirken (v.a. Heu und Maissilage im Sommer), führte zu einer Abnahme der N-Ausscheidung um 4.3 kg N (3.7 %). Die Verfütterung von Krafftutter (1.7 kg pro Tag im Sommer, 2.4 kg pro Tag im Winter) hatte eine Reduktion der Ausscheidung um 1.9 kg N (1.7 %) zur Folge. Da ein grosser Anteil der Milchkühe mit hoher Milchleistung verhältnismässig hohe Krafftuttergaben erhielt, resultierte eine weitere Verminderung der gemittelten Ausscheidung der Milchkühe von 2.1 kg N und damit eine durchschnittliche N-Ausscheidung von 108.2 kg. Im Jahr 1990 lag die N-Ausscheidung aufgrund der Milchleistung bei 97.1 kg N pro Tier. Die Ergänzung der Ration sowie die Krafftuttergaben waren tiefer als 2010, so dass die Fütterung eine Reduktion der N-Ausscheidung um 1 kg N auf 96.1 kg N bewirkte.

4.1.2.2 Weide

Der deutliche Anstieg der Weideemissionen ist auf die Zunahme des Anteils geweideter Milchkühe (1990: 67 %, 2007: 96 %) und auf die Zunahme der Weidedauer um ca. 50 % zurückzuführen. Die höhere Weidedauer führte zu einer Zunahme des EF Weide der Milchkühe um einen Faktor von rund 1.4 zwischen 1990 und 2010 (Anhang 7.4). Diese Entwicklung wurde hauptsächlich durch die Einführung des RAUS-Programms ausgelöst. Aufgrund der abnehmenden Tierzahlen nahmen aber die Weideemissionen der Milchkühe nur um rund 70 % zu (Tabelle 17).

4.1.2.3 Stall und Laufhof

Die deutliche Zunahme der Emissionen Stall/Laufhof ist auf die Zunahme der Laufställe und die Einführung von Laufhöfen zurückzuführen. Laufhöfe kamen 1990 noch kaum vor, 2010 hatten praktisch sämtliche Milchkühe Zutritt zu einem Laufhof (für Anbindeställe im Winter, für Laufställe oft während des ganzen Jahres).

Zur Überprüfung der Plausibilität des Anteils von Laufställen können teilweise die Statistiken des BLWs zur Teilnahme am BTS- und am RAUS-Programm (Bundesamt für Landwirtschaft, 2011) verwendet werden. Bei Milchkühen ist ein Laufstall Voraussetzung für das BTS Programm (vgl. Ethoprogrammverordnung Anhang 1, Ziff. 1.1; Schweiz. Bundesrat, 2008). Gemäss Umfragen zur Erhebung der Produktionstechnik wurden 2010 48 % der Milchkühe in Laufställen gehalten (2007: 41 %). Demgegenüber wurden 2010 gemäss Bundesamt für Landwirtschaft (2011) 35 % der Milchkühe in einem Stall gehalten, welcher die Anforderungen des BTS Programm erfüllte. Für 2007 lag dieser Anteil bei 29 %. Die Differenzen können damit erklärt werden, dass die Tests zur Plausibilisierung

der Umfragen tendenziell eine Überschätzung des Anteils von Laufställen bewirkten und Betriebe mit Laufställen am BTS Programm nicht teilnehmen können, wenn spezifische Auflagen betreffend Liegebereich, Fress- und Tränkebereich nicht eingehalten werden bzw. nicht alle Rindviehkategorien in Laufställen gehalten werden. Für 1995 wurde der Anteil Milchkühe in Laufställen gemäss Saxer et al. (2004) mit 13 % angegeben. Der Anteil der Rinder-GVE in einem Stall gemäss BTS Programm lag 1996 bei 8.2 % (Bundesamt für Landwirtschaft, 2009). Für 1990 waren keine Vergleichsdaten verfügbar.

Tabelle 17: Ammoniakemissionen der Milchkühe von 1990 bis 2010. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	1995	2002	2007	2010	1995	2002	2007	2010
	kt NH ₃ -N /a					%			
Weide	0.3	0.3	0.6	0.6	0.5	12%	93%	84%	69%
Stall und Laufhof	3.2	3.7	4.5	5.4	5.6	14%	39%	67%	74%
Hofdüngerlagerung	5.1	4.7	4.4	3.7	3.8	-7%	-14%	-27%	-26%
Hofdüngerlagerung flüssig	1.6	1.9	2.7	2.6	2.7	18%	62%	60%	63%
Hofdüngerlagerung fest	3.4	2.8	1.7	1.1	1.1	-20%	-50%	-69%	-69%
Hofdüngerausbringung	17.8	17.0	12.8	12.8	11.4	-5%	-28%	-28%	-36%
Hofdüngerausbringung flüssig	14.5	13.9	11.2	11.1	9.7	-4%	-22%	-23%	-33%
Hofdüngerausbringung fest	3.4	3.0	1.6	1.7	1.7	-9%	-52%	-50%	-50%
Total	26.4	25.7	22.3	22.4	21.2	-3%	-16%	-15%	-20%
Weide	1%	1%	3%	3%	2%				
Stall und Laufhof	12%	14%	20%	24%	26%				
Hofdüngerlagerung	19%	18%	20%	16%	18%				
Hofdüngerlagerung flüssig	6%	8%	12%	12%	13%				
Hofdüngerlagerung fest	13%	11%	8%	5%	5%				
Hofdüngerausbringung	67%	66%	58%	57%	54%				
Hofdüngerausbringung flüssig	55%	54%	50%	49%	46%				
Hofdüngerausbringung fest	13%	12%	7%	8%	8%				
Total	100%	100%	100%	100%	100%				

Die Teilnahme am RAUS-Programm setzt einen Laufhof voraus und verlangt für die Tiere einen Zugang von mindestens 78 Tagen pro Jahr sowie mindestens 156 Weidetage pro Jahr (vgl. Ethoprogrammverordnung, Art. 4, Abs. 1, Anhang 4, Ziff. 1.1; Schweiz. Bundesrat, 2008). Im Jahr 2010 wurden 80 % der Milchkühe in Betrieben gehalten, welche sich am RAUS-Programm beteiligten (2007: 78 %). Gemäss Umfragen zur Erhebung der Produktionstechnik betrug im Jahr 2010 die Anzahl der Laufhoftage für Milchkühe in Laufställen 274 Tage und in Anbindeställen 107 Tage. Die Zahl der Weidetage lag bei 177 Tagen (2007: 181 Tage).

Wie die oben aufgeführten Vergleiche zeigen, sind die Daten des BLWs zur Teilnahme am BTS- und am RAUS-Programm für Milchkühe nur begrenzt geeignet, um die Qualität der Resultate der Umfrage zu überprüfen. Im Zusammenhang mit der Modellierung der Ammoniakemissionen lässt sich aber daraus schliessen, dass der Anteil Laufställe und die Laufhoftage gemäss Umfragen zumindest nicht

unterschätzt wurden. Eine Unterschätzung dieser Zahlen hätte insgesamt zu niedrige Emissionen zur Folge.

Der Anteil von Stallsystemen von Milchkühen mit Produktion von Vollgülle nahm zwischen 1990 und 2010 von 31 % auf 53 % zu. Dementsprechend ging der Anteil von Systemen mit Produktion von Gülle und Mist zurück. Diese Veränderung hatte auf die Stallemissionen aber keinen Einfluss, da im Modell für Stallsysteme mit Produktion von Vollgülle und Gülle/Mist die gleiche Emissionsrate zur Anwendung kommt. Hingegen bewirkt eine Veränderung der Stallsysteme von Milchkühen eine Veränderung des N-Flusses in Gülle und Mist, was Auswirkungen auf die nachfolgenden Emissionsstufen hat.

Aufgrund der Reduktion der Tierzahlen nahmen wie bei der Weide die Stall/Laufhofemissionen der Milchkühe zwischen 1990 und 2010 deutlich weniger stark zu als der Emissionsfaktor (Zunahme um 74 % von 3.2 kt NH₃-N auf 5.6 kt NH₃-N; Tabelle 17; gegenüber Zunahme Emissionsfaktor von 131 % von 4.1 kg NH₃-N auf 9.5 kg NH₃-N; Anhang 7.4).

4.1.2.4 Hofdüngerlager

Aufgrund der Zunahme von Stallsystemen mit Produktion von Vollgülle nahm der N-Fluss in die Güllelager zwischen 1990 und 2010 kontinuierlich zu. Gleichzeitig stieg das Gesamtvolumen der Hofdüngerlager an (vgl. Tabelle 7). Der Anteil der Lagerabdeckungen veränderte sich zwischen 1990 und 2010 teilweise (Zunahme des Anteils der offenen Lager von 13 % auf 17 % bzw. der perforierten Abdeckungen von 0 auf 13 %). Die Erhöhung des Lagervolumens führte bei ungefähr gleichbleibender Tiefe der Lager zu einer Erhöhung der emittierenden Oberfläche. Zusammen mit den abnehmenden Tierzahlen führte diese Entwicklung zu einer Zunahme der Emissionen aus Güllelagerbehältern für Milchkühe um 63 % sowie zu einer Erhöhung des entsprechenden EF um 116 %. Demgegenüber nahm der N-Fluss ins Mistlager aufgrund der Abnahme der Stallsysteme mit Produktion von Gülle und Mist um rund 50 % ab. Dies erklärt die Reduktion des EF Lager Mist von 4.4 kg auf 1.8 kg N pro Milchkuh und Jahr. Zusätzlich bewirkte die Erhöhung des Anteils von direkt ausgebrachtem Mist von 0 % der Gesamtmenge auf 22 % eine Abnahme des EF Lager Mist von rund 0.5 kg. Die Emissionen der Mistlagerung gingen insgesamt um 69 % zurück. Die gesamten Emissionen des Hofdüngerlagers reduzierten sich um 26 % (Tabelle 17).

4.1.2.5 Hofdüngerausbringung

Die Hofdüngerausbringung wurde ebenfalls stark von der Zunahme der Stallsysteme mit Produktion von Vollgülle beeinflusst. Der N-Fluss ausgangs Güllelager nahm von 1990 bis 2010 um 22 % ab und derjenige ausgangs Mistlager um einen Faktor 2.3. Insgesamt nahm der N-Fluss ausgangs Lager um 3.5 kg pro Tier bzw. 4.6 % ab (vgl. Anhang 7.4, Abbildung 12).

Die Emissionen nach Ausbringung von Gülle aus der Milchviehhaltung nahmen um 33 % ab (von 14.5 kt NH₃-N auf 9.7 kt NH₃-N), jene von Mist um 50 % (von 3.4 kt NH₃-N auf 1.7 kt NH₃-N). Insgesamt betrug die Reduktion der Ausbringemissionen 36 % (Tabelle 17).

4.1.3 Mastschweine

4.1.3.1 N-Ausscheidung

Aufgrund des züchterischen Fortschritts und der Reduktion des Rohproteingehalts der Futtermittel reduzierte sich die N-Ausscheidung von 17.0 kg N pro Mastschweinplatz im Jahr 1990 auf 12.1 kg N im Jahr 2010 (vgl. Kap. 2.2.4.1).

4.1.3.2 Weide

Die Weide- bzw. Freiland- und Freilandauslaufhaltung hat in der Schweineproduktion eine geringe Bedeutung. Der Anteil an den Emissionen wird hier nicht weiter diskutiert.

4.1.3.3 Stall und Laufhof

Bei den Mastschweinen nahm der Anteil von Labelställen mit Mehrflächenbucht und Auslauf zulasten von konventionellen Ställen ohne Auslauf von 0 % im Jahr 1990 auf 63 % im Jahr 2007 bzw. 60 % im Jahr 2010 zu. Dieser Anteil ist vermutlich überschätzt (vgl. Kap. 3.4.3). Obwohl die Emissionsrate von Labelställen doppelt so hoch liegt wie jene der konventionellen Ställe und trotz der starken Zunahme der Labelställe nahm der EF von Stall/Laufhof nur um 12 % von 2.9 auf 3.2 kg NH₃-N pro Mastschweinplatz und Jahr zu (Anhang 7.4, Abbildung 14). Dies ist auf die gegenüber 1990 um 29 % geringere N-Ausscheidung im Jahr 2010 zurückzuführen. Die Abnahme der Anzahl von Mastschweinen zwischen 1990 und 2010 um 23 % kompensierte die Zunahme des Emissionsfaktors, so dass die Emissionen der Stufe Stall/Laufhof im Jahr 2010 mit 2.5 kt NH₃-N um 0.5 kt NH₃-N tiefer lagen als im Basisjahr (Tabelle 18).

Tabelle 18: Ammoniakemissionen der Mastschweine von 1990 bis 2010. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	1995	2002	2007	2010	1995	2002	2007	2010
	kt NH ₃ -N /a					%			
Weide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
Stall und Laufhof	3.0	2.3	2.7	2.5	2.5	-23%	-10%	-16%	-16%
Hofdüngerlagerung	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	-13%	29%	-23%	-26%
Hofdüngerlagerung flüssig	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	-13%	28%	-23%	-26%
Hofdüngerlagerung fest	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
Hofdüngerausbringung	3.2	2.3	1.3	1.3	1.3	-29%	-59%	-58%	-59%
Hofdüngerausbringung flüssig	3.2	2.3	1.3	1.3	1.3	-29%	-59%	-58%	-59%
Hofdüngerausbringung fest	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
Total	6.7	5.0	4.7	4.2	4.2	-25%	-30%	-36%	-37%
Weide	0%	0%	0%	0%	0%				
Stall und Laufhof	44%	46%	58%	59%	59%				
Hofdüngerlagerung	8%	9%	14%	9%	9%				
Hofdüngerlagerung flüssig	8%	9%	14%	9%	9%				
Hofdüngerlagerung fest	0%	0%	0%	0%	0%				
Hofdüngerausbringung	48%	45%	28%	31%	31%				
Hofdüngerausbringung flüssig	48%	45%	28%	31%	31%				
Hofdüngerausbringung fest	0%	0%	0%	0%	0%				
Total	100%	100%	100%	100%	100%				

4.1.3.4 Hofdüngerlager

Die Lageremissionen verliefen bis 2002 parallel mit den Tierzahlen. Die Abnahme des Mastschweinebestandes zwischen 1990 und 1995 um 25 % führte trotz leichter Zunahme des EF Lager in dieser Zeitspanne (Anhang 7.4, Abbildung 14) zu einer Abnahme der Lageremissionen von 13 % (Tabelle 18). Bis 2002 nahm die Tierzahl wieder zu, was in Kombination mit dem höheren EF Lager eine Zunahme der Lageremissionen bewirkte. Der anschliessende starke Rückgang der Lageremissionen zwischen 2002 und 2007 ist bedingt durch den wiederum leicht abnehmenden Bestand und vor allem

durch die starke Abnahme des EF Lager, welcher in diesem Umfang jedoch nicht schlüssig geklärt werden konnte. Es ist daher davon auszugehen, dass die Lageremissionen 2002 überschätzt sein dürften.

4.1.3.5 Hofdüngerausbringung

Der N-Fluss pro Tier ausgangs Güllelager lag 2010 um 38 % tiefer als 1990. Dies und die Verwendung des Schleppschlauchverteilers sowie der höhere Anteil der Ausbringung von Gülle am Abend erklären den um 46 % tieferen EF Ausbringung von 2010 im Vergleich zu 1990. In Kombination mit der Abnahme der Tierzahl um 23 % führte dies zu einer Reduktion der Ausbringungsemissionen von Mastschweinen zwischen 1990 und 2010 um 59 % (Tabelle 18).

4.1.4 Mastpoulets

4.1.4.1 N-Ausscheidung

Bei den Mastpoulets betrug die N-Ausscheidung für die Jahre 1990 bis 2002 0.40 kg N pro Tier und Jahr und im Jahr 2010 0.45 kg N pro Tier und Jahr (vgl. Kap. 2.2.4.1).

4.1.4.2 Weide

Beim Geflügel wird unter Weide der Zugang zu einer Weide im Sinne eines Auslaufs im Freien (ohne Aussenklimabereich des Stalles) verstanden. Bei den Mastpoulets ist der Anteil dieser Emissionen niedrig, da die Mastpoulets die Weide sehr wenig nutzen und lediglich ein kleiner Teil der Exkremamente im Freien anfallen (Menzi et al., 1997). Zudem war der Anteil der Tiere, die Auslauf auf einer Weide haben, gering (15 % des Bestandes gemäss Umfrage 2010; 10 % der Mastpoulets im RAUS-Programm gemäss Bundesamt für Landwirtschaft, 2011). Aus diesen Gründen war der Anteil der Emissionen am Total sehr niedrig (weniger als 0.5 %; Tabelle 19).

4.1.4.3 Stall und Laufhof

Die Emissionsfaktoren Stall/Laufhof variierten zwischen 1990 und 2010 nur wenig, da das Stallsystem identisch war. Die einzige Änderung betrifft das Tränkesystem bzw. den Ersatz von Wasserbehältern durch Tränkenippel. Dies führte gegenüber 1990 zu einer leichten Verminderung der Emissionsfaktoren trotz höherer N-Ausscheidung bzw. höherem N-Fluss in den Stall im Jahr 2010. Die Emissionen aus dem Stall nahmen zwischen 1990 und 2010 in Folge des grösseren Tierbestandes um mehr als 100 % von 0.12 kt NH₃-N auf 0.27 kt NH₃-N zu (Tabelle 19).

4.1.4.4 Hofdüngerlager

Der Emissionsfaktor für die Mistlagerung veränderte sich zwischen 1990 auf 2010 wenig. Die Erhöhung des N-Flusses ins Lager und der Anteil von direkt ausgebrachtem Mist kompensierten sich gegenseitig. Die Vergrösserung des Tierbestands bewirkte eine Zunahme der Lageremissionen um wenige Prozent zwischen 1990 und 2010 (Tabelle 19).

4.1.4.5 Hofdüngerausbringung

Der höhere N-Fluss in die Stufe Hofdüngerausbringung bewirkte eine Erhöhung der Emissionen pro Tier zwischen 1990 und 2010 um 30 %. Damit wurde der höhere Anteil der Einarbeitung von Mist nach der Ausbringung kompensiert. Der Anteil des innerhalb eines Tages oder weniger eingearbeiteten Mists wurde für 1990 mangels detaillierter Daten für alle Mistarten auf 15 % geschätzt. 2010 lag der entsprechende Anteil bei 26 %. Aufgrund der Vergrösserung der Tierzahl resultierte eine Zunahme der Emissionen bei der Ausbringung des Mists von Mastpoulets um einen Faktor von rund 2.6 von 0.09 kt NH₃-N im Jahr 1990 auf 0.31 kt NH₃-N im Jahr 2010 (Tabelle 19).

Tabelle 19: Ammoniakemissionen der Mastpoulets von 1990 bis 2007. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile in Prozent. Die vier Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990 an. Eine Zahl > 0 % bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0 % eine Abnahme der Emissionen

	1990	1995	2002	2007	2010	1995	2002	2007	2010
	kt NH ₃ -N /a					%			
Weide	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	-	-	-	-
Stall und Laufhof	0.12	0.17	0.25	0.27	0.31	49%	115%	136%	164%
Hofdüngerlagerung	0.06	0.09	0.07	0.09	0.06	45%	17%	50%	3%
Hofdüngerlagerung flüssig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Hofdüngerlagerung fest	0.06	0.09	0.07	0.09	0.06	45%	17%	50%	3%
Hofdüngerausbringung	0.09	0.15	0.21	0.21	0.31	77%	139%	139%	256%
Hofdüngerausbringung flüssig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Hofdüngerausbringung fest	0.09	0.15	0.21	0.21	0.31	77%	139%	139%	256%
Total	0.26	0.42	0.53	0.58	0.68	58%	102%	121%	158%
Weide	0%	1%	1%	2%	0%				
Stall und Laufhof g	44%	42%	47%	47%	45%				
Hofdüngerlagerung	23%	21%	14%	16%	9%				
Hofdüngerlagerung flüssig	0%	0%	0%	0%	0%				
Hofdüngerlagerung fest	23%	21%	14%	16%	9%				
Hofdüngerausbringung	33%	36%	39%	35%	45%				
Hofdüngerausbringung flüssig	0%	0%	0%	0%	0%				
Hofdüngerausbringung fest	33%	36%	39%	35%	45%				
Total	100%	100%	100%	100%	100%				

4.2 Zeitreihe der Emissionen im Vergleich zur Zeitreihe der Immissionen

Die Ammoniak-Konzentrationen in der Luft wurden in der Schweiz im Jahre 2011 an insgesamt 64 unterschiedlich belasteten Standorten mit Passivsammlern ganzjährig erfasst. An 36 der 64 Standorte wird mindestens seit 2008, an 24 Stationen seit 2004 und an 16 Stationen seit 2000 gemessen. Die insgesamt zwölf Jahre Ammoniakmessung zeigen, dass sich die Immissionen an den meisten Stationen kaum veränderten und an einzelnen sogar leicht zugenommen haben (FUB, 2012). Abbildung 10 zeigt den zeitlichen Verlauf der Jahresmittel der 24 Stationen, die seit 2004 in Betrieb sind und einheitlich mit den Passivsammlern „Radiello®“ messen.

Im schweizerischen Messnetz NABEL wird seit 1994 in Payerne - mit einem Unterbruch zwischen 2000 und 2003 - und seit 2000 auf der Rigi-Seebodenalp die Summe der stickstoffhaltigen Gas- und Aerosolkomponenten der oxidierten und reduzierten N-Verbindungen gemessen (BAFU, 2012b). Eine signifikante Zu- oder Abnahme kann insgesamt nicht beobachtet werden. Während die Konzentrationen der Summen von Ammoniak und Ammonium bei Payerne seit Messbeginn auf gleich hohem Niveau liegen, ist auf der Rigi-Seebodenalp seit 2000 eher eine leichte Zunahme festzustellen (Abbildung 11). Das Konzentrationsniveau der sekundären Aerosole ist - im Gegensatz zu den kleinräumig stark variierenden Ammoniak-Konzentrationen - bei vergleichbarer Höhe ü.M. eher für ein grösseres Gebiet repräsentativ. Insbesondere im Sommerhalbjahr, wenn die Luftmassen gut durchmischt werden, sind die Messwerte der Station Rigi-Seebodenalp von regionaler Bedeutung

und widerspiegeln das Emissions- und Immissionsgeschehen im vorgelagerten schweizerischen Mittelland. Im Winter liegt die Station Rigi-Seebodenalp teilweise über der Inversionsschicht und ist so vermehrt auch überregionalen Luftmassen ausgesetzt.

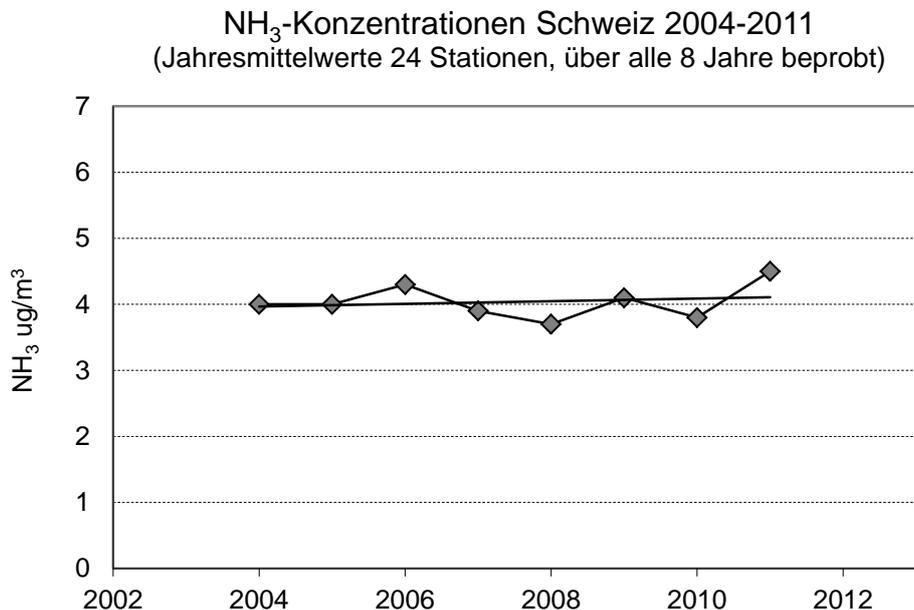


Abbildung 10: Entwicklung der Ammoniak-Immissionskonzentrationen in der Schweiz von 2004 bis 2011 (Mittel der Jahresmittel von 24 Stationen, an welchen seit 2004 einheitlich mit den Passivsammlern „Radiello®“ gemessen wird).

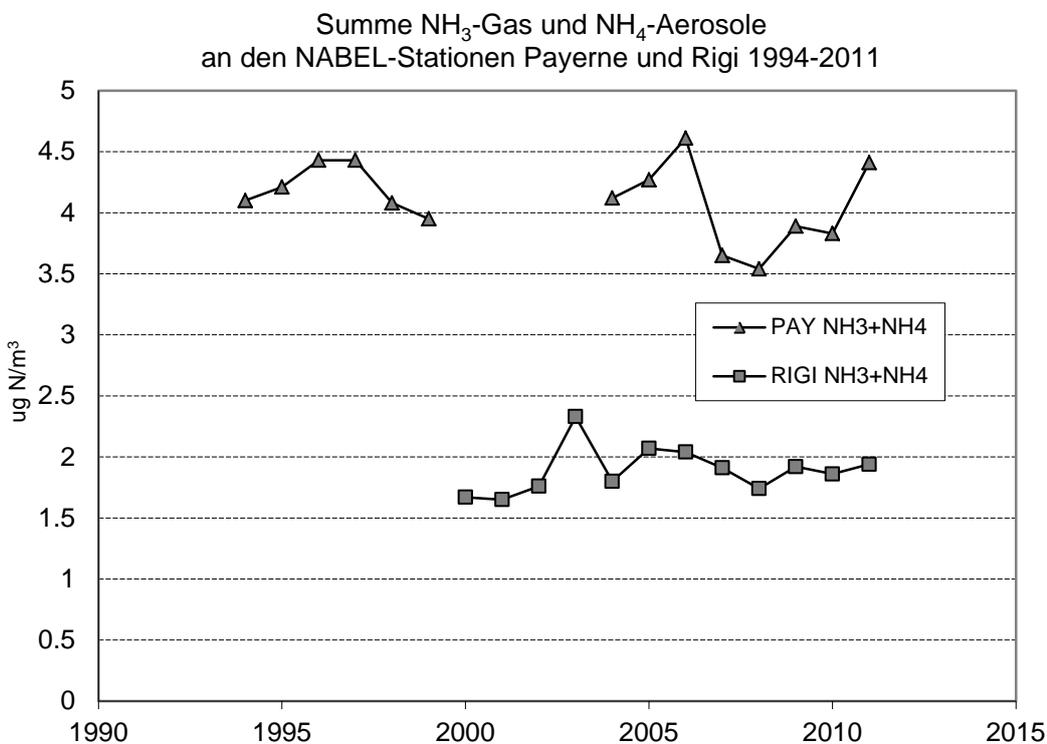


Abbildung 11: Summe des gasförmigen Ammoniaks (NH₃) und des Ammoniums (NH₄⁺) in Aerosolen an den NABEL- Messstationen Payerne und Rigi-Seebodenalp von 1994 bis 2008.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die vorhandenen Ergebnisse der Immissionsmessungen bei den reduzierten N-haltigen Luftschadstoffen (Ammoniak, Ammonium) keine Hinweise auf signifi-

kante Zu- oder Abnahmen der Belastungen seit dem Beginn der jeweiligen Messungen geben. Die vorhandenen Messreihen, die sich für eine Trendanalyse eignen, stehen nicht im Widerspruch zur berechneten zeitlichen Entwicklung der Ammoniakemissionen zwischen 1990 und 2002. Die Datengrundlage für einen Vergleich zwischen Emissionen und Immissionen ist allerdings für den Zeitraum von 1990 bis 2000 sowohl auf der Seite der berechneten Emissionen als auch auf der Seite der vorhandenen Immissionsmessungen schlechter als für die Zeit ab 2000. So sind zwischen 1990 und 2000 viel weniger Messungen des gasförmigen Ammoniaks vorhanden als ab 2000, so dass für Vergleiche vor 2000 nur die grossräumig beeinflussten Konzentrationen der Summe von Ammoniak und ammoniumhaltigen Aerosolen herangezogen werden können. Beim Input für die Berechnungen der Emissionen konnte für 1990 und 1995 nicht auf die Ergebnisse von gezielten Umfragen bei Landwirtschaftsbetrieben zurückgegriffen werden, welche erst für 2002, 2007 und 2010 durchgeführt wurden, weshalb die Beurteilung der Emissionssituation für 1990 bis 2000 stärker auf Annahmen beim Input abgestützt werden musste als ab 2002. Ab 2002 stimmt der Verlauf der gemessenen Immissionen mit der ganz leichten Zunahme der berechneten Emissionen gut überein.

Vor diesem Hintergrund ist es schwierig, von einer wirklich homogenen Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2010 auszugehen, und ein Vergleich mit dem zeitlichen Verlauf der Immissionen kann nicht zuletzt wegen der geringen Datendichte bei den Immissionen vor 2000 nicht zu einem gesicherten und solide abgestützten Ergebnis führen. Fragen in diesem Zusammenhang müssen somit teilweise offen bleiben.

Im Weiteren sind für die Analyse der Beziehungen zwischen Emissionen und Immissionen auch zeitlich höher aufgelöste Verläufe der Ammoniak-Konzentrationen von Interesse. Diese geben Hinweise, wie stark kurzzeitig auftretende Spitzenbelastungen von Ammoniak (z.B. nach dem Ausbringen von Hofdüngern) im Vergleich zur Hintergrundbelastung, die vorwiegend von den dauernden Emissionen aus Punktquellen wie Ställe und Lager stammen, zur Gesamtemission beitragen. Eine diesbezügliche Analyse der schweizerischen Situation unter Einbezug von unterschiedlich mit Ammoniak belasteten Standorten hat ergeben, dass im Jahresmittel die kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen je nach Standort zwischen 20 und 40 % zur Gesamtbelastung beitragen (BAFU, 2007). Eine neuere Analyse von zeitlich hoch aufgelösten Ammoniak-Messungen an vier NABEL-Stationen (Härkingen, Magadino, Payerne, Tänikon) zur Abschätzung des Beitrags der Hofdüngerausbringung an den Ammoniak-Immissionen in ländlichen Gebieten hat je nach Station einen Beitrag der gesamten Hofdüngerausbringung an den Immissionen von 23 bis 45 % ergeben (Locher, 2012). Interessant ist, dass die im vorliegenden Bericht vorgestellten neuen Emissionsberechnungen für das Jahr 2010 einen Anteil der Hofdüngerausbringung an den gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen von 46 % ausweisen. Dieser gesamtschweizerische Durchschnittswert liegt im oberen Bereich der erwähnten Abschätzungen auf der Basis der gemessenen Immissionen, hat aber gegenüber früheren Berechnungen der Emissionen deutlich abgenommen. Hier haben sich also die emissions- und immissionsseitigen Bewertungen angenähert. Die Beziehungen zwischen Emissionen und Immissionen sollten auch künftig vertieft analysiert werden. Hinweise auf die anscheinend recht grosse Bedeutung der dauernden Emissionen aus Punktquellen gibt auch ein Vergleich der in den Wintermonaten (Dezember bis Februar) gemessenen Ammoniakkonzentrationen mit jenen im Frühling, Herbst und Sommer (FUB 2012).

4.3 Unsicherheiten und deren Auswirkungen

4.3.1 Eingabeparameter

Aus der Art der Generierung der Eingabeparameter, welche den jeweiligen Stand der Produktionstechnik widerspiegeln, ergeben sich zwangsläufig gewisse Unsicherheiten. Die Eingabeparameter von 1990 und 1995 basieren auf Expertenannahmen und den für diese Zeit verfügbaren Unterlagen zur Produktionstechnik (vgl. Kap. 2.1.5). Somit lassen sich die realen Verhältnisse dieser Periode kaum abschliessend rekonstruieren. Man kann aber davon ausgehen, dass zumindest die wichtigen

Trends korrekt abgebildet wurden. Dies liess sich mit unabhängigen Daten in vielen Fällen verifizieren. Die Zunahme von Laufställen oder Labelställen zwischen 1990 und 2010 wird beispielsweise durch die Daten zur Teilnahme der Betriebe an den BTS-/RAUS-Programmen untermauert. Soweit in Zukunft aufgrund neuer oder bisher nicht bekannter Quellen neue Kenntnisse resultieren, sollen diese in künftige Emissionsinventare einfließen.

Aufgrund der Methodik, auf welchen die Umfragen basieren (Schichtung der Betriebe sowie der Ziehung der Stichprobe) kann man die ausgewerteten Datensätze als repräsentativ für die Grundgesamtheit der Schweiz betrachten (Potterat, 2004). Eine eigene Überprüfung der aus den Umfragen resultierenden Datensätze (vgl. Kap. 2.1.5.3) führte zum gleichen Schluss.

Eine Auswertung der Datensätze der Umfrage 2007 (Kupper et al., 2010) und 2010 hinsichtlich des Anteils fehlender und nicht eindeutiger Einträge zeigte, dass insgesamt ca. 10 % der Daten im Rahmen der Plausibilisierung korrigiert wurden. Dabei mussten zwangsläufig Annahmen getroffen werden, welche mit der Realität nicht in jedem Fall übereinstimmen. Aufgrund des verhältnismässig geringen Anteils korrigierter Daten wird die Methodik der Umfrage als zweckmässig und die Qualität der aus der Umfrage resultierenden Daten als gut eingeschätzt. Dies zeigt sich auch im hohen Rücklauf der Fragebogen. Weiter stimmten Resultate anderer Untersuchungen mit der vorliegenden Studie gut überein (z.B. Proteingehalt von Schweinefutter im Kanton Luzern; Bracher, Spring, 2010).

Wie in Kap. 2.1.5.3 beschrieben, wurde die Plausibilisierung in Richtung Überschätzung der Emissionen angelegt. Dieses Vorgehen vermindert das Risiko, dass die Emissionszahlen am Ende der Zeitreihe unterschätzt und damit die ausgewiesene Reduktion der Emissionen überschätzt werden.

4.3.2 Technische Parameter

Emissionsraten und Annahmen zur Wirkung verschiedener Einflussgrössen beruhten soweit möglich auf wissenschaftlichen Versuchen in der Schweiz sowie auf Daten von anderen europäischen Ländern. Die Aufbereitung der Daten erfolgte nach bestem Fachwissen. Die für das Modell verwendeten Werte wurden einer interdisziplinär zusammengesetzten Expertengruppe vorgelegt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um eine möglichst hohe Plausibilität der technischen Parameter zu erreichen. Soweit in Zukunft aufgrund neuer oder bisher nicht bekannter Quellen verbesserte Kenntnisse resultieren, sollen diese in das Modell integriert werden.

4.4 Schlussfolgerungen

Das gewählte Vorgehen zur Berechnung der Ammoniakemissionen von 1990 bis 2010 entspricht dem „state of the art“. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass die Eingabeparameter für die 1990er Jahre weniger gut abgesichert sind als für die Zeit ab 2002. Deshalb unterliegt die Beurteilung der Emissionssituation für 1990 bis 2002 einer stärkeren Unsicherheit als für die Zeit ab 2002. Für die Jahre 2002, 2007 und 2010 bildeten Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik die Grundlage für die Modellrechnungen. Der Vergleich der Resultate der Umfrage 2010 mit der Zusatzerhebung des BFS zeigte im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung, in einzelnen Punkten aber auch Differenzen. Gemäss Modellrechnungen wirkten sich diese nur in geringem Ausmass auf die Resultate der Emissionsrechnungen aus.

Die Reduktion der Gesamtemissionen bzw. der Emissionen aus der Tierproduktion um 13 bzw. 14 % über 20 Jahre erscheint als moderat. Dieser Verlauf lässt sich weitgehend mit der Entwicklung der Tierbestände und den Veränderungen der Produktionstechnik erklären, die vor allem auf die neue Agrarpolitik und die darin enthaltenen Massnahmen zugunsten des Tierwohls zurückzuführen sind. Die damit verbundenen Veränderungen beeinflussten die Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Stufen (Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und -ausbringung) relativ stark. Sowohl Techniken, welche eine Zunahme der Emissionen (Lauf- und Labelställe) bzw. eine Emissionsminderung bewirken (z.B. emissionsmindernde Ausbringungsverfahren), haben sich stark verbreitet. Diese Entwicklung und die damit einhergehenden komplexen Wechselwirkungen innerhalb des Systems sowie

die bedeutenden laufenden Veränderungen in der Landwirtschaft erfordern eine möglichst genaue Abbildung der Produktionstechnik. Der gewählte Ansatz mit Umfragen zur Produktionstechnik und einzelbetrieblichen Emissionsrechnungen dürfte diesen Rahmenbedingungen am ehesten gerecht werden. Der damit verbundene Aufwand dürfte daher gerechtfertigt sein.

Die Zeitreihe der Immissionsmessungen steht nicht im Widerspruch zur modellierten Zeitreihe der Emissionen ab 2002 (vgl. Kap. 4.2). Allerdings lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Datenqualität der Eingabeparameter keine vollständig homogene Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2010 generieren. Insgesamt ist davon auszugehen, dass das vorliegende Emissionsinventar die Ammoniakemissionen entsprechend dem Stand der Kenntnisse abbildet. Daraus kann aber nicht der Anspruch von abschliessenden Resultaten abgeleitet werden. Sowohl die Methodik der Modellierung als auch die Modellparameter müssen in den nächsten Jahren weiter überprüft, verfeinert und soweit nötig angepasst werden.

5 Verdankungen

Wir danken dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität für die finanzielle Unterstützung.

Die Flussdiagramme wurden mit der Software STAN 2.5 (Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien) erstellt.

6 Literatur

- Agricura. 2011. Agricura Plattform, Nr. 3, Tätigkeitsbericht 2010/2011. Agricura Sekretariat, CH-3000 Bern URL: <http://www.agricura.ch/> (20130524).
- Agridea, BLW. 2011a. Wegleitung Suisse-Bilanz. Auflage 1.9, August 2011. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- Agridea, BLW. 2011b. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.4, September 2011. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- BAFU. 2007. Analyse der zeitlichen Entwicklung von Emissionen und Immissionen sowie der Beziehung zwischen Emissionen und Immissionen bei reduzierten N-Verbindungen (Ammoniak, Ammonium). Bundesamt für Umwelt, Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität. Bern.
- BAFU. 2012a. Emissionsdaten für Ammoniak aus der Emissionsdatenbank EMIS des BAFU für 1990 bis 2020. Pers. Mitteilung. S. Liechti. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU. 2012b. NABEL, Luftbelastung 2011, Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt und von der Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA. Bern, 2012.
- BFS. 2008. Arealstatistik Schweiz 1992/97 - 74 Grundkategorien nach Nomenklatur 1992 (NOAS92), Hektarraster. Bundesamt für Statistik (BFS) GEOSTAT, Neuchâtel.
- BFS. 2011. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2010. Pers. Mitteilung. M. Bencheikh, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- Bracher, A., Spring, P. 2010. Möglichkeiten zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen bei Schweinen. Bericht der Vorstudie. SHL Zollikofen, Agroscope Liebefeld-Posieux, Bundesamt für Landwirtschaft.
- Brändli, R.C., Bucheli, T.D., Kupper, T., Furrer, R., Stahel, W., Stadelmann, F.X., Tarradellas, J. 2007. Organic pollutants in Swiss compost and digestate. 1. Polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons and molecular markers, determinant processes, and source apportionment. *J. Environ. Monit.* 9(5): 456-464.
- Bretscher, D., Kupper, T. 2012. Categorization of livestock animals in Switzerland. CH-8046 Zürich: Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station (ART).
- Bundesamt für Landwirtschaft. 2008. Förderung der Tierzucht durch den Bund und die Kantone im Jahre 2007. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- Bundesamt für Landwirtschaft. 2011. Agrarbericht 2011 des Bundesamtes für Landwirtschaft. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- Bundesamt für Landwirtschaft. 2009. Entwicklung der GVE-Anteile von RAUS und BTS 1993-1998 und Beteiligung am RAUS-Programm 1999-2007 (unveröffentlichte Daten). Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 1996. Luftschadstoff-Emissionen aus natürlichen Quellen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 257. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 2000. Handbuch der Emissionsfaktoren für stationäre Quellen, Ausgabe 2000. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Candinas, T., Golder, E., Kupper, T., Besson, J.-M. 1999. Nähr- und Schadstoffe im Kompost. *Agrarforschung* 6(11-12): 421-424.

- EMEP/EEA. 2009. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009. Technical guidance to prepare national emission inventories. Prepared by the Task Force on Emission Inventories and Projections under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE). Published by the European Environment Agency (EEA).
- EMEP/CORINAIR. 2007. Emission Inventory Guidebook – 2007. Prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emission Inventories and Projections under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE). Published by the LRTAP Convention (UNECE) and the European Environment Agency (EEA).
- EMPA. 2005. Ammoniakemissionen von benzinbetriebenen Euro-3 Personenwagen. EMPA Materials Science & Technology, Untersuchungsbericht Nr. 203425 im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Empa Dübendorf.
- Flisch, R., Sinaj, S., Charles, R., Richner, W. 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau - Kapitel 11-14. Agrarforschung 16(2), 50-71.
- FUB. 2012. Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2011. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, der OSTLUFT, der ZUDK, des Fürstentums Liechtenstein und der Kantone AI, AG, BE, FR, GR, LU, TG und ZG. Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil. 51pp.
- Gilhespy, S., Webb, J., Retter, A., Chadwick, D. 2006. Dependence of ammonia emissions from housing on the time cattle spent inside. J. Environ. Qual. 35(5): 1659-1667.
- Hügi, M., Gerber, P., Hauser, A., Laube, A., Quartier, R., Schenk, K., Wysser, M. 2008. Abfallwirtschaftsbericht 2008. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Umwelt-Zustand Nr. 0830. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds): Published: IGES, Japan.
- Kessler, J., Zogg, M., Bächler, E. 1994. Ein kritischer Blick in den Schweinetrog. Agrarforschung 1(7): 313-316.
- Kettler, R. 2002. Abfallstatistik 2000. Umweltmaterialien Nr. 152. Abfall. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
- Külling, D., Candinas, T., Stadelmann, F.X. 2002. Nährstoffe und Schwermetalle im Klärschlamm 1975 - 1999. Agrarforschung 9(5): 200-205.
- Kupper, T., Bonjour, C., Achermann, B., Rihm, B., Zaucker, F., Nyfeler-Brunner, A., Leuenberger, C., Menzi, H. 2010. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2007. Prognose bis 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität, 3003 Bern. URL: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>.
- Locher, R. 2012. Abschätzung des Beitrags der Hofdüngerausbringung an den Ammoniakimmissionen in ländlichen Gebieten der Schweiz. Eine Analyse der NABEL-Messungen 2006-2010, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (zhaw), 8401 Winterthur. 37pp.
- Meier, B. 2000. Neue Methodik für die Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten an der FAT. CH-8356 Tänikon: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) <http://www.art.admin.ch/themen/00763/00767/index.html?lang=de> (Zugriff 26.06.2009).
- Menzi, H., Shariatmadari, H., Meierhans, D., Wiedmer, H. 1997. Nähr- und Schadstoffbelastung von Geflügelausläufen. Agrarforschung 4(9): 361-364.

- Meyre, S., Steinhöfel, H., Braun, M. 2000. Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Ausgabe 1999. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- Peter, S., Hartmann, M., Bösch, I., 2010: Umsetzungsvarianten für die Einführung eines Freihandelsabkommens zwischen der Schweiz und der EU für den Agrar- und Lebensmittelbereich. Studie zuhanden des Bundesamtes für Landwirtschaft, Gruppe Agrar-, Lebensmittel und Umweltökonomie, ETH Zürich (unveröffentlicht).
- Phillips, V.R., Bishop, S.J., Price, J.S., You, S. 1998. Summer emissions of ammonia from a slurry-based, UK, dairy cow house. *Bioresour. Technol.* 65(3): 213-219.
- Potterat, J. 2004. Methodenbericht Landwirtschaftliche Betriebszählung 2003. Stichprobenplan der Zusatzerhebung. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- Reidy, B., Menzi, H. 2006. Reduktionspotenzial der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen. Technischer Schlussbericht zuhanden BUWAL. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Zollikofen Bern.
- SAEFL. 2004. Modeling of NO₂ and benzene ambient concentrations in Switzerland 2000 to 2020. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Environmental Documentation No. 188, Berne.
- Saxer, M., Steinhöfel, H., Bohnenblust, D., Borluz, N., Murbach, F. 2004. Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Ausgabe 2004. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- Schjoerring, J.K., Mattsson, M. 2001. Quantification of ammonia exchange between agricultural cropland and the atmosphere: measurements over two complete growth cycles of oilseed rape, wheat, barley and pea. *Plant and Soil* 228(1): 105-115.
- Schleiss, K. 2011. Jahresbericht 2011. Ergebnisse der inspizierten Anlagen in 19 Kantonen. Münchenbuchsee: Arge Inspektorat der Kompostier- und Vergäranlagen der Schweiz.
- Schweiz. Bundesrat, 2008. Verordnung des EVD über Ethoprogramme (Ethoprogrammverordnung), 25. Juni 2008 (Stand am 1. Oktober 2008). Der Schweiz. Bundesrat, Bern, Schweiz.
- Schweiz. Bundesrat, 2012. Tierschutzverordnung (TSchV), 23. April 2008 (Stand am 1. Juni 2012). Der Schweiz. Bundesrat, Bern, Schweiz.
- Sutton, M.A., Dragosits, U., Tang, Y.S., Fowler, D. 2000. Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK. *Atmospheric Environment* 34(6): 855-869.
- Treuhandstelle der Schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter. 2007. Geschäftsbericht 2006/2007 - 57. Geschäftsjahr. Bern.
- van der Weerden, T.J., Jarvis, S.C. 1997. Ammonia emission factors for N fertilizers applied to two contrasting grassland soils. *Environmental Pollution* 95(2), 205-211.
- Walther, U., Menzi, H., Ryser, J.-P., Flisch, R., Jeangros, B., Maillard, A., Siegenthaler, A., Vuilloud, P.A. 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 1(7): 1-40.
- Walther, U., Ryser, J.-P., Flisch, R. 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 8(6): 1-80.
- UNECE. 2007. Guidance document on control techniques for Preserving and abating emissions of ammonia. United Nations Economic and Social Council, Geneva, Switzerland (<http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/G07/237/85/PDF/G0723785.pdf?OpenElement>)
- Webb, J., Sommer, S.G., Kupper, T., Groenestein, C.M., Hutchings, N., Eurich-Menden, B., Rodhe, L., Misselbrook, T., Amon, B. 2012. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during the management of solid manures. A review. In: Lichtfouse, E., (eds.). *Agroecology and Strategies for Climate Change*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH. pp 67-108.

7 Anhang

7.1 Umfrage 2010: Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge

Rindvieh: Aufstallung, Laufhof, Weide

	Aufstallung ^a		Laufhof ^b						Weide ^c			
	Fehlend	Nicht eindeutig	Typ		Zutrittsdauer		Oberfläche		Stunden/Tag		Tage/Jahr	
			Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Milchkühe												
∅ Anteil pro Fragebogen	8.7%	17%	28%	0.6%	24%	0.7%	16%	13%	13%	1.1%	15%	0.2%
∅ Anteil nach Summe Tiere	2.3%	24%	22%	3.5%	6.9%	0.8%	7.3%	13%	6.2%	1.3%	7.7%	0.2%
∅ Bestandesgrösse total*	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
∅ Bestandesgrösse betroffen**	6	30	17	125	6	24	10	21	10	26	11	29
Mutterkühe												
∅ Anteil pro Fragebogen	41%	25%	9.9%	1.0%	76%	0.6%	78%	4.8%	42%	2.1%	41%	0.3%
∅ Anteil nach Summe Tiere	13%	40%	13%	13%	10%	1.6%	11%	2.5%	16%	3.5%	15%	0.1%
∅ Bestandesgrösse total	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
∅ Bestandesgrösse betroffen	4	18	14	150	2	30	2	6	4	19	4	4
Aufzuchtrinder unter 1-jährig												
∅ Anteil pro Fragebogen	15%	18%	29%	1.1%	34%	0.4%	29%	2.4%	29%	1.0%	30%	0.2%
∅ Anteil nach Summe Tiere	13%	22%	27%	1.5%	30%	0.2%	25%	2.0%	27%	1.0%	29%	0.2%
∅ Bestandesgrösse total	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
∅ Bestandesgrösse betroffen	9	13	10	13	9	5	9	9	10	10	10	12
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig												
∅ Anteil pro Fragebogen	11%	17%	29%	0.8%	20%	0.3%	19%	3.7%	18%	1.2%	19%	0.2%
∅ Anteil nach Summe Tiere	5.7%	23%	26%	1.1%	12%	0.3%	11%	3.2%	14%	1.4%	13%	0.2%
∅ Bestandesgrösse total	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
∅ Bestandesgrösse betroffen	5	11	8	12	5	9	5	7	6	10	6	7
Aufzuchtrinder über 2-jährig												
∅ Anteil pro Fragebogen	30%	13%	25%	0.4%	36%	0.3%	35%	3.8%	33%	1.3%	33%	0.1%
∅ Anteil nach Summe Tiere	22%	15%	24%	0.9%	25%	0.6%	26%	4.0%	26%	1.3%	26%	0.1%
∅ Bestandesgrösse total	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
∅ Bestandesgrösse betroffen	3	5	4	9	3	8	3	5	4	5	4	3
Mastkälber												
∅ Anteil pro Fragebogen	7.1%	8.3%	17.7%	0.5%	13%	0.7%	16%	0.0%	61%	0.2%	62%	0.2%
∅ Anteil nach Summe Tiere	3.5%	11%	18%	0.2%	25%	0.4%	22%	0.0%	55%	0.2%	56%	0.2%
∅ Bestandesgrösse total	7	7	7	7	8	7	8	7	7	7	7	7
∅ Bestandesgrösse betroffen	4	10	8	3	15	4	11	-	7	6	7	6
Mutterkuhkälber												
∅ Anteil pro Fragebogen	6.5%	7.9%	Wie Mutterkühe						Wie Mutterkühe			
∅ Anteil nach Summe Tiere	8.6%	7.6%	Wie Mutterkühe						Wie Mutterkühe			
∅ Bestandesgrösse total	15	15	Wie Mutterkühe						Wie Mutterkühe			
∅ Bestandesgrösse betroffen	20	14	Wie Mutterkühe						Wie Mutterkühe			
Masttiere Rindviehmast												
∅ Anteil pro Fragebogen	0.7%	22%	31%	1.6%	24%	0.5%	28%	2.3%	45%	1.1%	47%	0.2%
∅ Anteil nach Summe Tiere	4.3%	41%	22%	3.3%	13%	0.1%	10%	2.8%	33%	0.8%	34%	0.0%
∅ Bestandesgrösse total	27	27	27	27	29	27	29	27	27	27	27	27
∅ Bestandesgrösse betroffen	171	50	20	57	17	5	10	33	20	20	20	5

^a Fragebogen Ziffer 2.1, a-e,j; ^b Fragebogen Ziffer 2.3, a,d-h, 2.4, a-g; ^c Fragebogen Ziffer 2.6, a-j

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

** Durchschnittliche Bestandesgrösse der Betriebe mit fehlenden bzw. nicht eindeutigen Einträgen

Pferde und andere Equiden, Kleinwiederkäuer: Weide

	Weide: Stunden/Tag ^a		Weide: Tage/Jahr ^a	
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Pferde über 3-jährig				
Ø Anteil pro Fragebogen	20%	0.3%	21%	0.9%
Ø Anteil nach Summe Tiere	12%	0.8%	16%	1.2%
Ø Bestandesgrösse total*	7	7	7	7
Bestandesgrösse betroffen**	4	15	5	9
Pferde unter 3-jährig				
Ø Anteil pro Fragebogen	33%	0.0%	33%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	25%	0.0%	20%	0.0%
Ø Bestandesgrösse tot	4	4	4	4
Ø Bestandesgrösse betr.	3	-	3	-
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters				
Ø Anteil pro Fragebogen	44%	0.0%	46%	0.6%
Ø Anteil nach Summe Tiere	30%	0.0%	35%	0.8%
Ø Bestandesgrösse total	3	3	3	3
Ø Bestandesgrösse betroffen	2	-	3	5
Schafe				
Ø Anteil pro Fragebogen	37%	0.2%	36%	0.2%
Ø Anteil nach Summe Tiere	26%	1.8%	22%	0.3%
Ø Bestandesgrösse total	29	29	29	29
Ø Bestandesgrösse betroffen	21	215	18	42
Milchschafe				
Ø Anteil pro Fragebogen	48%	4.0%	40%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	15%	0.4%	9%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	70	70	70	70
Ø Bestandesgrösse betroffen	22	7	16	-
Ziegen				
Ø Anteil pro Fragebogen	35%	0.8%	36%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	19%	0.3%	28%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	8	8	8	8
Ø Bestandesgrösse betroffen	4	3	6	-

^a Fragebogen Ziffer 2.6, a- j

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

** Durchschnittliche Bestandesgrösse der Betriebe mit fehlender bzw. nicht eindeutigen Einträgen

Milchkühe: Fütterung Raufutter, Kraffutter

	Fütterung Raufutter ^a		Fütterung Kraffutter ^a			
	Sommer	Winter	Sommer		Winter	
	Fehlend	Fehlend	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Ø Anteil pro Fragebogen	7.7%	9.5%	13%	0.7%	9.4%	1.1%
Ø Anteil nach Summe Tiere	4.0%	13%	5.2%	0.8%	3.3%	1.1%
Ø Bestandesgrösse total*	21	21	21	21	21	21
Bestandesgrösse betroffen**	11	29	9	24	8	20

^a Fragebogen Ziffer 2.7, a-e

Schweine: Aufstallung, Proteingehalt des Futters

	Aufstallung ^a		Proteingehalt des Futters ^b					
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend ^c	Nicht eindeutig	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1-3 ^d
Säugende Sauen								
Ø Anteil pro Fragebogen	5.6%	2.0%	9.1%	0.0%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	3.2%	2.4%	7.3%	0.0%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total*	14	14	14	14	-	-	-	-
Bestandesgrösse betroffen**	8	17	11	-	-	-	-	-
Galtsauen								
Ø Anteil pro Fragebogen	5.3%	4.1%	11%	1%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	1.8%	4.4%	7.3%	1.0%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total	41	41	41	41	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen	14	45	27	51	-	-	-	-
Ferkel abgesetzt bis 25 kg								
Ø Anteil pro Fragebogen	6.9%	4.1%	12%	0.8%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	5.1%	4.1%	10%	0.8%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total	146	146	146	146	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen	109	147	117	139	-	-	-	-
Mastschweine								
Ø Anteil pro Fragebogen	11%	6.5%	31%	-	0.2%	0.0%	0.5%	5.3%
Ø Anteil nach Summe Tiere	4.2%	13%	15%	-	0.3%	0.0%	1.6%	4.7%
Ø Bestandesgrösse total	128	128	128	-	128	128	128	128
Ø Bestandesgrösse betroffen	48	264	63	-	240	-	394	116

^a Fragebogen Ziffer 3.1, a- e; ^b Fragebogen Ziffer 3.3, a- f; ^c für Mastschweine: Phase 1-3, a- e; ^d Höherer Gehalt in nachfolgender Mastphase eingegeben.

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

** Durchschnittliche Bestandesgrösse der Betriebe mit fehlender bzw. nicht eindeutigen Einträgen

Geflügel: Aufstallung, Tränkeeinrichtung, Freilandauslauf, Entmistungsintervall Kotband

	Aufstallung ^a		Tränkeeinrichtung ^b		Freilandauslauf ^b		Entmistungsintervall ^d	
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Junghennen								
∅ Anteil pro Fragebogen	35%	5.9%	35%	0%	65%	0.0%	18%	5.9%
∅ Anteil nach Summe Tiere	13%	7.5%	13%	0%	65%	0.0%	14%	2.2%
∅ Bestandesgrösse total*	3148	3148	3148	3148	3148	3148	7975	7975
∅ Bestandesgrösse betroffen**	1166	4000	1166	-	3160	-	6181	2920
Legehennen								
∅ Anteil pro Fragebogen	57%	5.5%	60%	0.9%	62%	0.0%	4.4%	6.7%
∅ Anteil nach Summe Tiere	13%	5.1%	14%	2.5%	29%	0.0%	16%	13%
∅ Bestandesgrösse total	409	409	409	409	409	409	4368	4368
∅ Bestandesgrösse betroffen	96	380	97	1115	188	-	15259	8520
Mastpoulets								
∅ Anteil pro Fragebogen	2.0%	-	12%	0.9%	72%	0%	-	-
∅ Anteil nach Summe Tiere	12%	-	4.7%	0.9%	78%	0%	-	-
∅ Bestandesgrösse total	6106	-	6106	6106	6106	6106	-	-
∅ Bestandesgrösse betroffen	38389	-	2362	6000	6627	-	-	-
Mastruten								
∅ Anteil pro Fragebogen	1.1%	-	54%	0.0%	54%	0%	-	-
∅ Anteil nach Summe Tiere	1.0%	-	18%	0.0%	18%	0%	-	-
∅ Bestandesgrösse total	1164	-	1164	1164	1164	1164	-	-
∅ Bestandesgrösse betroffen	1118	-	393	-	393	-	-	-
Anderes Geflügel								
∅ Anteil pro Fragebogen	11%	0.0%	93%	0.0%	93%	0%	-	-
∅ Anteil nach Summe Tiere	0%	0.0%	67%	0.0%	67%	0%	-	-
∅ Bestandesgrösse total	10	10	10	10	10	10	-	-
∅ Bestandesgrösse betroffen	0	-	7	-	7	-	-	-

^a Fragebogen Ziffer 4.1, a-c; ^b Fragebogen Ziffer 4.1, j- k; ^c Fragebogen Ziffer 4.1, d- f; ^d Fragebogen Ziffer 4.2, a-d

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

** Durchschnittliche Bestandesgrösse der Betriebe mit fehlender bzw. nicht eindeutigen Einträgen

Hofdüngerlagerung

	Lagervolumen ^a		Lagertiefe ^b		Häufigkeit des Aufrührens von Gülle ^c		Verdünnung der Gülle ^d		Abdeckung der Güllebehälter ^e	
	Fehlend	Fehlerhaft ^f	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
∅ Anteil pro Fragebogen	2.4%	8.7%	4.7%	13%	17%	0.4%	19%	1.3%	9.6%	17%
∅ Anteil nach Summe Lagervolumen	0.9%	7.1%	3.0%	5.6%	9.4%	0.4%	14%	1.3%	9.0%	31%
∅ Lagervolumen total m ^{3*}	513	513	513	513	513	513	513	513	513	513
∅ Lagervolumen betroffen m ^{3**}	179	417	324	222	284	544	376	494	481	930

^a Fragebogen Ziffer 6.1, a; ^b Fragebogen Ziffer 6.1, b; ^c Fragebogen Ziffer 6.1, a- f; ^d Fragebogen Ziffer 6.1, a-f;

^e Fragebogen Ziffer 6.1, a-f; ^f Lagervolumen kleiner oder gleich 50 % des berechneten Gülleanfalls; ^g Lagertiefe >6 m oder < 1m

* Durchschnittliches Lagervolumen aller Betriebe

** Durchschnittliches Lagervolumen der Betriebe mit fehlender bzw. nicht eindeutigen Einträgen

Hofdüngerausbringung: Gülle

	Ausbringtechnik ^a			Jahreszeit bei Ausbringung ^b		Acker und Futterbau ^c		Ausbringmenge ^d		Witterung ^e		Tageszeit ^f
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend
Ø Anteil pro Fragebogen	7.5%	0.8%	45%	4.2%	42.0%	13%	4.7%	4.2%	2.2%	3.5%	2.5%	11%
Ø Anteil nach Summe Gülleproduktion	5.0%	0.5%	53%	2.7%	4.4%	8.8%	5.4%	2.9%	2.9%	2.6%	2.8%	8.7%
Ø Gülleproduktion total m ^{3*}	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
Ø Gülleproduktion m ^{3**}	658	563	1163	628	1108	702	1133	676	1305	750	1131	789

^a Fragebogen Ziffer 7.1.2, a-k; ^b Fragebogen Ziffer 7.2, a; ^c Fragebogen Ziffer 7.3, a; ^d Fragebogen Ziffer 7.4, a-j;

^e Fragebogen Ziffer 7.5.2, a-d; ^f Fragebogen Ziffer 7.5.1, a-d; ^g Summe der Einträge ≠100%

* Durchschnittliche berechnete Gülleproduktion aller Betriebe (Berechnung der Gülleproduktion nach Flisch et al., 2009)

** Durchschnittliche berechnete Gülleproduktion der Betriebe mit fehlenden bzw. nicht eindeutigen Einträgen (Berechnung der Gülleproduktion nach Flisch et al., 2009)

Hofdüngerausbringung: Mist

	Einarbeitung von Mist ^a		Jahreszeit bei Ausbringung ^b			
	Fehlend	Nicht eindeutig	Stapelmist, Tiefstreumist		Geflügelmist	
Fehlend			Fehlerhaft ^c	Fehlend	Fehlerhaft ^c	
Ø Anteil pro Fragebogen	33%	3.9%	7.2%	3.4%	34%	4.2%

^a Fragebogen Ziffer 7.1.4, a-g; ^b Fragebogen Ziffer 7.2, b-d; ^c Summe der Einträge ≠100%

Verbrauch stickstoffhaltiger Mineraldünger

	Mineralischer Stickstoff ^a	Anteil Harnstoff ^b
	Fehlend	Fehlerhaft ^c
Ø Anteil pro Fragebogen	7.3%	0.8%
Ø Anteil nach landw. Nutzfläche	5.8%	0.7%
Ø landw. Nutzfläche total ha*	23.6	23.6
Ø landw. Nutzfläche ha**	18.6	22.5

^a Fragebogen Ziffer 8.1.1; ^b Fragebogen Ziffer 8.1.2; ^c Einträge > 100%

* Durchschnittliche Fläche LN aller Betriebe

** Durchschnittliche Fläche LN der Betriebe mit fehlenden bzw. fehlerhaften Einträgen

7.2 Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2020

1. Für die Berechnung der Ammoniakemissionen verwendete Tierzahlen der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007 und 2010 (Quelle: BFS, 2011) sowie 2020 (abgeleitet von: Peter et al., 2010); Tierkategorien gemäss Flisch et al. (2009) für die Kategorien R bis K; bzw. gemäss Agridea, BLW (2011a) für die Kategorie A

*	Tierkategorie	1990	1995	2002	2007	2010	2020
R	Milchkühe	783'100	739'641	657'924	614'795	589'024	560'424
R	Mutterkühe	12'000	23'000	58'103	93'545	111'291	142'855
R	Aufzuchtrinder unter 1-jährig	346'400	294'738	229'514	223'261	226'352	228'693
R	Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	253'300	238'564	219'092	210'491	212'778	218'056
R	Aufzuchtrinder über 2-jährig	150'700	139'357	126'028	109'072	119'163	122'119
R	Mutterkuhkälber	9'600	18'400	46'925	72'166	88'095	113'081
R	Masttiere	187'800	192'888	141'706	147'958	145'084	134'930
R	Mastkälber	112'300	101'686	114'405	100'476	99'446	103'536
S	Säugende Sauen	37'384	33'015	36'499	34'876	33'508	33'354
S	Galtsauen	129'256	108'886	108'582	105'680	106'070	105'581
S	Ferkel abgesetzt bis 25 kg	299'417	274'756	326'586	344'754	350'908	354'567
S	Eber	8'400	7'112	5'784	4'170	3'685	3'668
S	Mastschweine und Remonten	1'024'627	767'906	767'887	766'890	788'149	812'671
G	Legehennen	3'083'000	2'118'248	2'154'133	2'197'685	2'438'051	2'438'051
G	Junghennen	718'900	714'448	753'918	901'798	925'522	925'522
G	Mastpoulets	2'019'900	3'230'958	4'298'170	5'002'357	5'580'103	6'261'611
G	Masttruten	94'651	170'150	123'905	112'459	58'074	58'074
G	Übriges Geflügel	21'778	16'859	8'490	14'165	23'153	23'153
P	Pferde über 3-jährig	22'092	30'364	41'709	48'078	53'441	58'491
P	Pferde unter 3-jährig	6'070	11'005	9'527	9'642	8'672	9'532
P	Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters	5'879	7'556	13'209	17'161	20'407	22'431
K	Schafe	190'600	191'382	219'877	229'985	228'178	228'178
K	Milchschafe	4'265	3'023	7'159	10'212	12'362	12'362
K	Ziegen	44'800	34'606	43'003	51'878	54'739	54'739
A	Bisons über 3-jährig	-	-	143	156	222	-
A	Bisons unter 3-jährig	-	-	162	264	291	-
A	Damhirsche	-	-	5'372	7'956	9'773	-
A	Rothirsche	-	-	749	942	1311	-
A	Lamas über 2-jährig	--	--	703	1'549	2'127	--
A	Lamas unter 2-jährig	-	-	296	554	842	-
A	Alpakas über 2-jährig	-	-	467	1'205	2'295	-
A	Alpakas unter 2-jährig	-	-	123	545	821	-

*R: Rindvieh; S: Schweine; G: Geflügel; P: Pferde und andere Equiden; K: Kleinwiederkäuer; A: Raufutter verzehrende Nutztiere; die Kategorien P, K und A werden teilweise unter „übrige Tierkategorien“ zusammengefasst

2. Herleitung der Tierkategorien 2002, 2007 und 2010 aus den Daten gemäss BFS (2011).

Tierkategorie	2002	2007	2010
Milchkühe	Summe(x1111,x1112)	Summe (x1111,x1112,x1116)	Summe(x1110)
Mutterkühe	Summe (x1131,x1132,x1136,x1137)	Summe (x1131,x1132,x1136,x1137)	Summe(x1150)
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	Summe(x1122,x1127)	Summe(x1122,x1127)	Herleitung gemäss folgen- der Tabelle
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	Summe(x1121,x1126)	Summe(x1121,x1126)	Herleitung gemäss folgen- der Tabelle
Aufzuchtrinder über 2-jährig	Summe(x1151)	Summe(x1151)	Summe(x1123,X1124)
Mutterkuhkälber	Summe(x1156)	Summe(x1156)	Herleitung gemäss folgen- der Tabelle
Masttiere	Summe(x1161-1163)	Summe (x1161-1163,x1117)	Herleitung gemäss folgen- der Tabelle
Mastkälber	Summe(x1171)	Summe(x1171)	Herleitung gemäss folgen- der Tabelle
Säugende Sauen	Summe(x1611)	Summe(x1611)	Summe(x1611)
Galtsauen	Summe(x1615)	Summe(x1615)	Summe(x1615)
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	Summe(x1631)	Summe(x1631)	Summe(x1631)
Eber	Summe(x1621)	Summe(x1621)	Summe(x1621)
Mastschweine und Remonten	Summe(x1639)	Summe(x1639)	Summe(x1639)
Legehennen	Summe(x1751,x1753)	Summe(x1751,x1753)	Summe (x1751,x1753,x1754)
Junghennen	Summe(x1755)	Summe(x1755)	Summe(x1755)
Mastpoulets	Summe(x1757)	Summe(x1757)	Summe(x1757)
Masttruten	Summe(x1761)	Summe(x1761)	Summe (x1761,x1762,x1763)
Übriges Geflügel	Summe (x1871,x1872,x1873, x1874,x1875,x1876)	Summe (x1871,x1872,x1873, x1874,x1875,x1876)	Summe(x1871,x1872, x1874,x1875,x1876,x1877, x1878,x1880)
Pferde über 3-jährig	Summe(x1211,x1215)	Summe(x1211,x1215)	Summe (x1211,x1214,x1216)
Pferde unter 3-jährig	Summe(x1212,x1221)	Summe(x1212,x1221)	Summe(x1212,x1219)
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultie- re/Maulesel jeden Alters	Summe (x1231,x1234,x1237)	Summe (x1231,x1234,x1237)	Summe (x1244,x1246,x1249, x1254,x1256,x1259)
Schafe	Summe(x1353)	Summe(x1353)	Summe(x1353)
Milchschafe	Summe(x1351)	Summe(x1351)	Summe(x1351)
Ziegen	Summe(x1461,x1463)	Summe(x1461,x1463)	Summe(x1461,x1463)
Bisons über 3-jährig	Summe(x1571)	Summe(x1571)	Summe(x1571)
Bisons unter 3-jährig	Summe(x1572)	Summe(x1572)	Summe(x1572)
Damhirsche	Summe(x1578)	Summe(x1578)	Summe(x1578)
Rothirsche	Summe(x1581)	Summe(x1581)	Summe(x1581)
Lamas über 2-jährig	Summe(x1581)	Summe(x1581)	Summe(x1581)
Lamas unter 2-jährig	Summe(x1582)	Summe(x1582)	Summe(x1582)
Alpakas über 2-jährig	Summe(x1585)	Summe(x1585)	Summe(x1585)
Alpakas unter 2-jährig	Summe(x1586)	Summe(x1586)	Summe(x1586)

3. Herleitung der Tierkategorien gemäss GRUDAF (Fleisch et al., 2009) für die Betriebe der Umfrage HAFL 2010“ aus den Tierkategorien gemäss TVD

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja						
Masttiere							100%	25%	25%	25%	25%
Mutterkuhkälber								25%	25%	25%	25%
Mastkälber								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder <1J								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja						
Masttiere						100%	100%	25%	25%	25%	25%
Mutterkuhkälber								25%	25%	25%	25%
Mastkälber								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder <1J								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja						
Masttiere							100%	33%	33%	33%	33%
Mutterkuhkälber								33%	33%	33%	33%
Mastkälber								33%	33%	33%	33%
Aufzuchtrinder <1J								33%	33%	33%	33%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja						
Masttiere						100%	100%	33%	33%	33%	33%
Mutterkuhkälber								33%	33%	33%	33%
Mastkälber								33%	33%	33%	33%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja						
Masttiere							100%	33%	50%	33%	50%
Mutterkuhkälber								33%	50%	33%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								33%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja						
Masttiere						100%	100%	33%	50%	33%	50%
Mutterkuhkälber								33%	50%	33%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								33%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J											

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja						
Masttiere							100%	50%	50%	50%	50%
Mutterkuhkälber								50%	50%	50%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja						
Masttiere						100%	100%	50%	50%	50%	50%
Mutterkuhkälber								50%	50%	50%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein						
Masttiere							100%		100%	33%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										33%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein						
Masttiere						100%	100%		100%	33%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										33%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein						
Masttiere							100%	100%	100%	50%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein						
Masttiere						100%	100%	100%	100%	50%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein						
Masttiere							100%		100%		100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%		100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein						
Masttiere						100%	100%		100%		100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%		100%	
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein						
Masttiere							100%	100%	100%	100%	100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein						
Masttiere						100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber										50%	50%
Mastkälber									50%	50%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%	50%		
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	50%	50%
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie gemäss GRUDAF	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkategorien nach GRUDAF					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w	Jungvieh 120-365 Tage m	Kälber bis 120 Tage w	Kälber bis 120 Tage m
	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

7.3 Einfluss von Modelländerungen auf die Resultate der Hochrechnungen

Vergleich der Resultate der Hochrechnung von 1990. 1995, 2002 und 2007 berechnet mit Version 3.0 (Kupper et al., 2010) und der Version 4.0 im vorliegenden Bericht

	1990		1995		2002		2007		Δ 1990	Δ 1995	Δ 2002	Δ 2007
Version	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0				
	kt NH ₃ -N								Prozent			
Emissionsstufe												
Weide	0.6	0.6	0.7	0.7	1.2	1.2	1.3	1.2	0.1%	-0.4%	-0.7%	-2.9%
Stall/Laufhof	10.5	11.0	10.4	10.7	13.2	12.3	15.1	14.1	4.6%	3.4%	-7.0%	-7.1%
Lager Gülle	2.9	2.9	3.2	3.3	4.8	4.5	4.4	4.4	0.3%	0.3%	-7.3%	0.1%
Lager Mist	6.0	6.0	5.1	5.1	3.3	3.8	2.7	2.8	-0.1%	-0.3%	13%	4.0%
Ausbringung Gülle	23.6	23.8	21.7	21.9	16.4	16.7	16.6	17.1	1.0%	0.9%	2.2%	2.8%
Ausbringung Mist	5.8	5.9	5.6	5.7	3.8	3.7	3.9	4.3	1.6%	1.8%	-2.9%	9.6%
Tierkategorie												
Rindvieh	38.5	38.6	37.5	37.6	33.2	32.7	34.7	34.4	0.3%	0.2%	-1.7%	-0.7%
Schweine	8.5	9.1	6.7	7.2	7.0	6.8	6.5	6.5	6.6%	6.2%	-2.0%	0.2%
Geflügel	1.3	1.4	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.4	7.4%	6.4%	17%	6.4%
Übrige	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	2.7%	3.7%	2.9%	7.2%
Emissionen Tierproduktion	49.5	50.3	46.7	47.3	42.7	42.2	43.9	43.9	1.7%	1.4%	-1.0%	-0.1%
Emissionen Pflanzenbau	7.3	7.0	6.4	6.3	5.5	5.4	5.0	5.0	-4.7%	-1.3%	-2.6%	-1.1%
Total landw. Emissionen	56.8	57.3	53.0	53.6	48.2	47.6	49.0	48.9	0.9%	1.1%	-1.2%	-0.2%

7.4 Vergleich der Emissionsfaktoren und TAN Flüsse von 1990 und 2010

7.4.1 Einleitung

Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen hängt neben der Tierzahl von den Emissionsfaktoren der einzelnen Tierkategorien ab. Diese werden durch die Produktionstechnik und das Hofdüngermanagement beeinflusst. Im vorliegenden Kapitel werden die Auswirkungen der Produktionstechnik auf die modellierten Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.8) jeder Emissionsstufe und TAN Flüsse am Beispiel der wichtigsten Tierkategorien aufgezeigt (Emissionsfaktoren und N Flüsse pro Tier jeder Tierkategorie sind in Anhang 7.8 und 7.12 aufgeführt).

7.4.2 Milchkühe

Die Ausscheidung von löslichem Stickstoff betrug 1990 57.2 kg $N_{lös}$ pro Milchkuh und Jahr (Abbildung 12). Dies entspricht 96.1 kg N_{tot} . Der entsprechende Wert lag 2010 bei 62.3 kg $N_{lös}$ pro Milchkuh und Jahr bzw. 108.2 kg N_{tot} . Die Ursache für den Anstieg ist die höhere Milchleistung (1990: 4940 kg; 2010: 7156 kg pro Kuh und Jahr), welche zu einem höheren Verzehr und demzufolge einer Zunahme der N-Ausscheidung führte. Diese wurde allerdings aufgrund der zunehmenden Verabreichung von Heu und Maissilage im Sommer bzw. Maissilage im Winter sowie den höheren Kraffttermengen im Jahr 2010 etwas abgeschwächt. Vom ausgeschiedenen Stickstoff gelangten 1990 4.7 kg TAN auf die Weide und 52.5 kg TAN in den Stall bzw. den Laufhof. Der TAN Fluss auf die Weide war im Jahr 2010 um einen Faktor von mehr als 2 höher (10.6 kg TAN) und derjenige in den Stall bzw. den Laufhof um 2 % tiefer (51.7 kg TAN). Dementsprechend stieg der EF Weide zwischen 1990 und 2010 um einen Faktor von mehr als 2 von 0.4 kg NH_3-N auf 0.9 NH_3-N an. Dies ist auf die Zunahme der durchschnittlichen Anzahl Weidestunden von 1080 (jährliche Weidetage: 135; tägliche Weidestunden: 8.0) auf 1595 (jährliche Weidetage: 185; tägliche Weidestunden: 8.6) zurückzuführen.

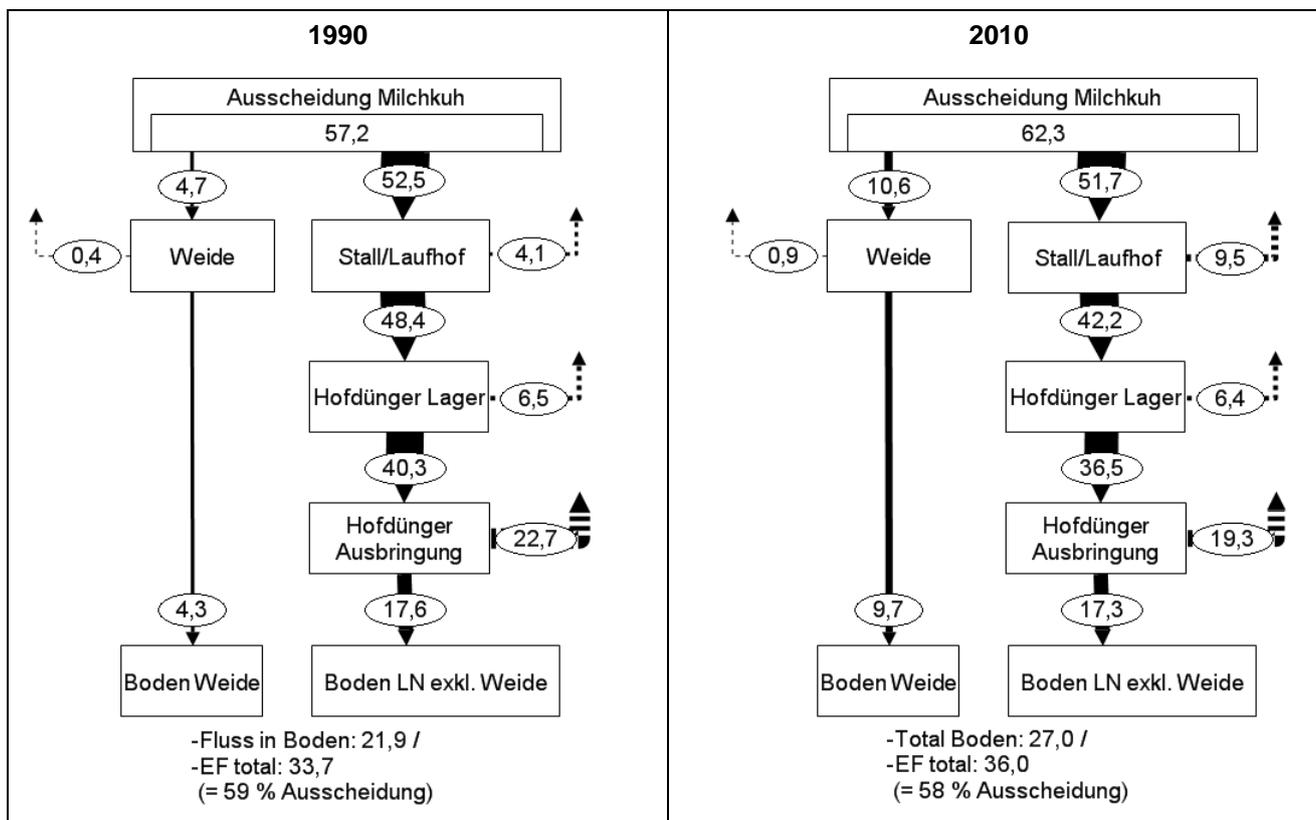


Abbildung 12: Mittlere Ausscheidung von $N_{lös}$ sowie TAN Fluss und mittlere Emissionsfaktoren (EF) für Milchkühe bezogen auf die Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2010. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von $N_{lös}$ und TAN (kg TAN pro Tier und Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die EF in kg NH_3-N pro Tier und Jahr dar. Weiter sind der TAN Fluss in den Boden und das Total der EF sowie das Total der EF in Prozent der Ausscheidung von $N_{lös}$ angegeben.

Der EF von Stall/Laufhof nahm zwischen 1990 und 2010 um einen Faktor von rund 2.3 von 4.1 kg NH₃-N auf 9.5 NH₃-N zu. Dies ist auf die Zunahme der Laufställe und die Einführung von Laufhöfen zurückzuführen (Anteil der Milchkühe in Laufställen 1990: 6 %; 2010: 48 %). Laufhöfe kamen 1990 noch kaum vor, 2010 hatten praktisch sämtliche Milchkühe Zutritt zu einem Laufhof (Anzahl Tage pro Jahr mit Zutritt zum Laufhof: 184). Der EF Hofdüngerlager blieb praktisch konstant. Allerdings war der Verlauf für die Lagerung Güllelager und Mist gegenläufig. Während sich der EF der Güllelager aufgrund der Zunahme von Stallsystemen mit Produktion von Vollgülle (1990: 31 %; 2010: 53 % der Milchkühe), der Erhöhung des Güllelagervolumens und des Anteils ungedeckter Lager (Tabelle 7) mehr als verdoppelte, nahmen die Lageremissionen von Mist um 58 % ab. Die bis Emissionsstufe Lager erhöhten Emissionen bewirkten eine Reduktion des TAN Flusses, welcher in die Ausbringung gelangte, um 9 %. Dies führte in Kombination mit dem zunehmenden Einsatz von emissionsmindernden Ausbringungsverfahren (2010: Ausbringung von 25 % der Güllemenge mittels Schleppschauch) zu einer Abnahme der EF um 11 % beim Ausbringen von Gülle trotz höherem Gülleanfall pro Milchkühe im Vergleich zu 1990. Die Reduktion des EF bei der Ausbringung von Mist von 33 % ist hauptsächlich mit der Abnahme der Mistproduktion zu erklären. So nahm der EF Ausbringung Hofdünger um 15 % ab. Die Änderungen der EF der verschiedenen Emissionsstufen kompensieren sich teilweise gegenseitig, so sich dass der EF total zwischen 1990 und 2010 nur wenig veränderte (Zunahme um 7 %).

7.4.3 Übrige Rinderkategorien

Die EF der übrigen Rinderkategorien verliefen ähnlich wie diejenigen der Milchkühe. Sie wurden durch die gleichen Parameter beeinflusst. Als Beispiel sind in Abbildung 13 die EF und TAN Flüsse der Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig aufgeführt. Die Zunahme des EF Weide von 0.51 kg NH₃-N auf 0.68 NH₃-N bzw. 35 % zwischen 1990 und 2010 fiel geringer aus im Vergleich zu den Milchkühen, da schon in den 1990er Jahren der grösste Teil der Tiere geweidet wurde und Ganztagesweide vorherrschte. Da die Aufzuchtrinder zunehmend in Laufställen gehalten wurden und bis 2010 praktisch sämtliche Tiere Zutritt zu einem Laufhof hatten, nahm der EF von Stall/Laufhof wie bei den Milchkühen zu, wenn auch in etwas geringerem Ausmass (Zunahme: 85 %). Im Vergleich zu den Milchkühen sind Stallsysteme mit Produktion von Gülle und Mist oder ausschliesslich Mist bei Aufzuchtrindern weiter verbreitet (Anteil bei Aufzuchtrindern 1 bis 2-jährig 2010: 76 %). Dies wirkte sich auf die Entwicklung der Emissionen aus. Der EF Hofdüngerlager nahm insgesamt um 14 % ab. Einer Zunahme des EF Lager Gülle von 91 % stand eine Abnahme der Lagerung von Mist von 49 % gegenüber. Letztere ist vor allem durch die Abnahme von 34 % des TAN Flusses in das Mistlager und der Zunahme des Anteils von direkt ausgebrachtem Rindermist (1990: 0%; 2010; 24%) zu erklären. Gleich wie bei den Milchkühen bewirkten die bis Emissionsstufe Lager erhöhten Emissionen eine Reduktion des TAN Flusses, welcher in die Ausbringung gelangte, um 24 %. Dies führte in Kombination mit der zunehmenden Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion der Emissionen beim Ausbringen (Schleppschauch, Einarbeitung von Mist) zu einer Abnahme des EF Ausbringung von 25 %. Der EF total veränderte sich zwischen 1990 und 2010 nur wenig (Abnahme um 3 %).

7.4.4 Mastschweine

Zwischen 1990 und 2010 nahm der Anteil von Labelställen mit Mehrflächenbuchten und Auslauf stark zu (1990: 0 %; 2010: 60 %). Dies würde wegen der doppelt so hohen Emissionsrate der Labelställe gegenüber konventionellen Ställen eine deutliche Erhöhung der Stallemissionen pro Tierplatz erwarten lassen. Die geringe Erhöhung von 9 % (Abbildung 14) ist darauf zurückzuführen, dass die N-Ausscheidung aufgrund des züchterischen Fortschritts und der Reduktion der Rohproteingehaltes in den Rationen (von 184 g/kg im Jahr 1990 auf 159 g/kg im Jahr 2010) um 29 % abnahm (vgl. Kap. 2.2.4.1). Die Weidehaltung hat in der Schweinproduktion keine grosse Bedeutung. Der EF Weide betrug 0.003 kg NH₃-N im Jahr 2010. Trotz Zunahme des Lagervolumens infolge der Neuerstellung von Güllelagern in den 1990er Jahren (vgl. Kap. 7.4.2) blieb der EF Lager zwischen 1990 und 2010

nahezu unverändert. Mögliche Gründe sind die grössere Tiefe der Lager im Jahr 2010 (3.0 m) gegenüber 1990 (2.5 m) und unterschiedliche Anteile von Rinder- und Schweinegülle in den Lagern.

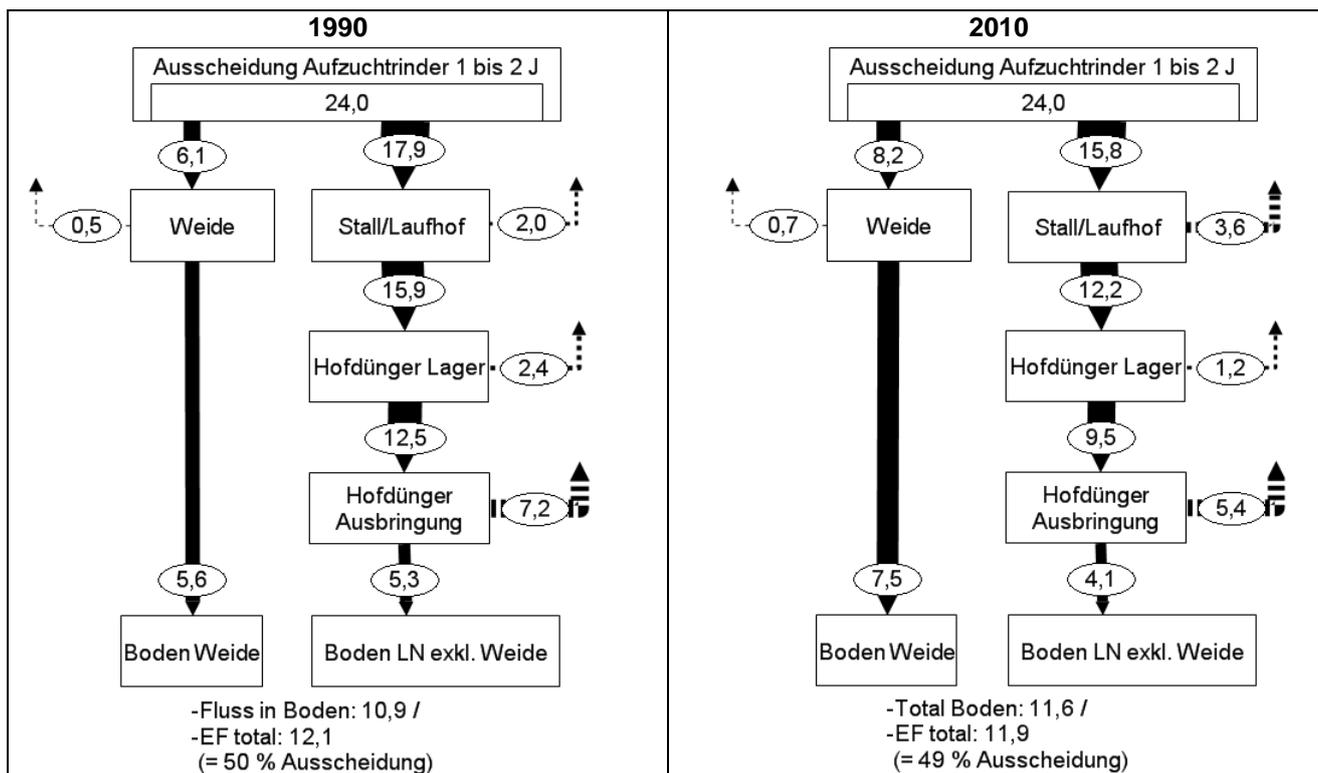


Abbildung 13: Mittlere Ausscheidung von $N_{lös}$ sowie TAN Fluss und mittlere Emissionsfaktoren (EF) für Aufzuchttrinder 1 bis 2-jährig bezogen auf die Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2010. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von $N_{lös}$ und TAN (kg TAN pro Tier und Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die EF in kg NH_3-N pro Tier und Jahr dar. Weiter angegeben sind: TAN Fluss in den Boden, Total der EF, Total der EF in Prozent der Ausscheidung von $N_{lös}$.

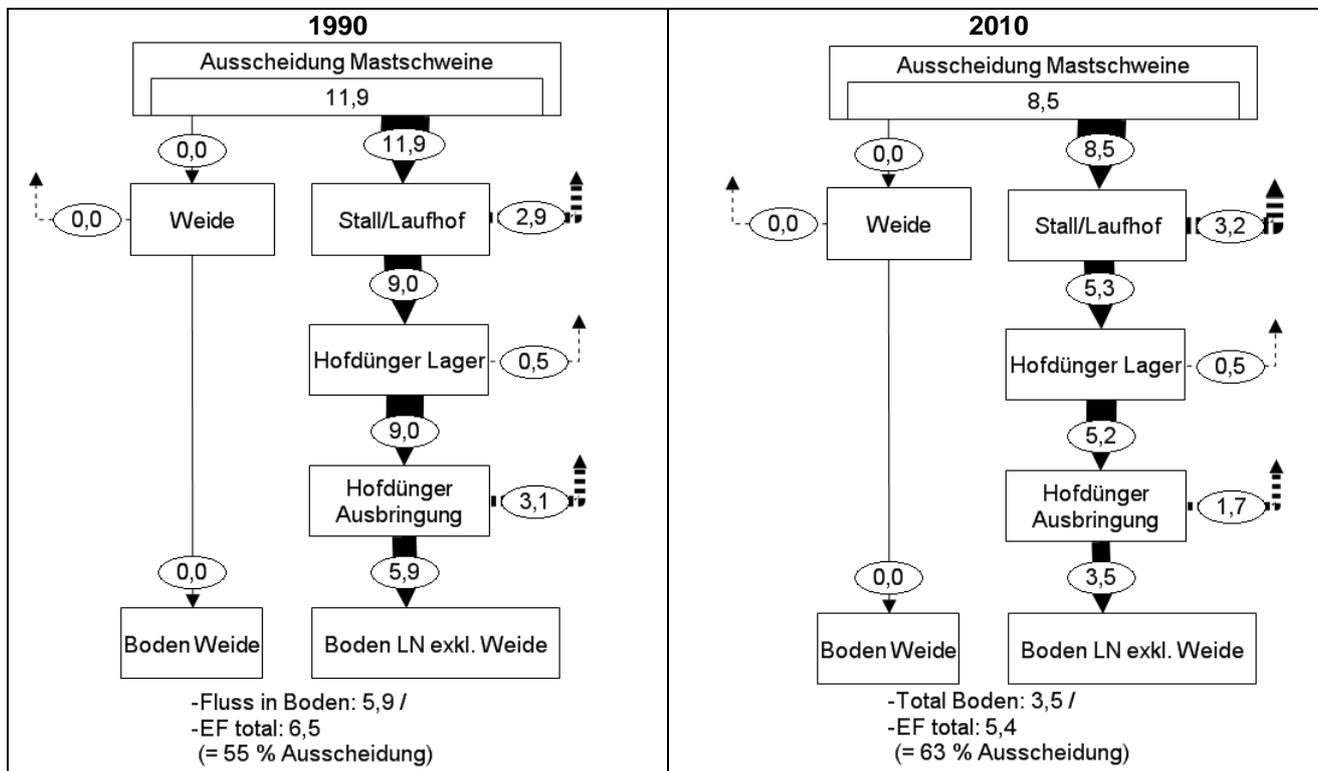


Abbildung 14: Mittlere Ausscheidung von $N_{lös}$ sowie TAN Fluss und mittlere Emissionsfaktoren (EF) für Mastschweine bezogen auf die Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2010.

dünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2010. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von $N_{\text{lös}}$ und TAN (kg TAN pro Tier und Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die EF in kg $\text{NH}_3\text{-N}$ pro Tier und Jahr dar. Weiter angegeben sind: TAN Fluss in den Boden, Total der EF, Total der EF in Prozent der Ausscheidung von $N_{\text{lös}}$.

Die gegenüber 1990 geringere N-Ausscheidung der Mastschweine und der höhere EF bei Stall/Laufhof im Jahr 2010 führte zu einer Verminderung des TAN Flusses aus dem Lager um 43 % von 9.0 kg TAN auf 5.2 kg TAN. In Kombination mit der Anwendung von emissionsmindernden Ausbringetechniken nahm der EF Ausbringung um 46 % von 3.1 $\text{NH}_3\text{-N}$ auf 1.7 $\text{NH}_3\text{-N}$ ab.

7.4.5 Übrige Tierkategorien

Bei den Mastpoulets nahm der EF total von 1990 bis 2010 von 0.13 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ auf 0.12 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ ab. Die Tiere wurden sowohl 1990 als auch 2010 ausschliesslich in Bodenhaltungssystemen gehalten. Eine Reduktion der Stallemissionen pro Tier von 4 % ist auf den weitgehenden Ersatz von Tränkebecken durch Nippeltränken zurückzuführen. Dies kompensierte die Auswirkungen bezüglich Emissionen der höheren N-Ausscheidung im Jahr 2010. Die Weideemissionen fallen bei den Mastpoulets kaum ins Gewicht.

Bei den Legehennen nahm der EF total von 1990 bis 2010 von 0.32 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ auf 0.28 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ ab, obwohl die N-Ausscheidung im Jahr 2010 um 0.09 kg bzw. 13 % höher lag im Vergleich zu 1990, was zu einer Erhöhung des N-Flusses im System führte. Die Abnahme ist mit der Entwicklung der Produktionstechnik zu erklären: Ersatz von Kotgruben und Bodenhaltung durch Kotbandsysteme sowie von Tränkebecken durch Nippeltränken, Erhöhung der Entmistungsintervalle, Zunahme der Einarbeitung von Mist nach dem Ausbringen. Die Einführung der Weide, welche bei den Legehennen Emissionen von 0.02 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ verursachten, ist von untergeordneter Bedeutung.

Bei den Pferden und übrigen Equiden sowie bei den Kleinwiederkäuern nahmen die EF total um 2 bis 23 % ab. Die entscheidenden Grössen waren hier die EF von Weide und Stall/Laufhof. Allerdings sind bei diesen Tierkategorien die Unsicherheiten vor allem für 1990 gross, da kaum Grundlagen zur Festlegung von Annahmen verfügbar waren.

7.5 Vergleich der Resultate zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS

Tabelle 20: Anteil Tiere mit Zugang zu Weide (Prozent) sowie Weidetage pro Jahr und Weidestunden pro Tag von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2010 und Differenz der Daten nach Zusatzerhebung BFS 2010 zum Datensatz gemäss Umfrage HAFL 2010 in Prozent

	Zusatzerhebung BFS 2010 (%)							Differenz zu Umfrage HAFL 2010 (%)						
	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg
Milchkühe														
Anteil Tiere mit Weide (%)	95	95	96	96	95	97	94	0	-1	1	-1	0	1	-3
Mutterkühe														
Anteil Tiere mit Weide (%)	92	89	92	94	94	93	89	4	-2	4	7	5	8	-3
Aufzuchtrinder														
Anteil Tiere mit Weide (%)	81	80	78	86	73	86	87	-3	-10	-6	5	-6	2	-6
Masttiere														
Anteil Tiere mit Weide (%)	17	12	17	23	13	25	30	7	36	-57	29	-6	25	20
Mastkälber														
Anteil Tiere mit Weide (%)	10	8	5	20	7	11	18	59	65	34	67	54	49	66
Milchkühe														
Weidetage pro Jahr	158	158	164	150	168	161	137	-12	-10	-8	-20	-12	-8	-5
Weidestunden pro Tag	8.6	7.4	7.8	11.4	8.0	8.4	9.9	0	15	0	-3	3	-6	-10
Mutterkühe														
Weidetage pro Jahr	151	147	169	137	164	152	125	-10	-8	-1	-20	-8	-6	-12
Weidestunden pro Tag	15.1	13.5	13.4	17.8	14.5	15.1	16.0	-2	-8	0	3	-6	4	-4
Aufzuchtrinder														
Weidetage pro Jahr	132	128	135	134	126	144	128	-14	-16	-13	-14	-24	-7	-9
Weidestunden pro Tag	13.6	12.7	12.2	15.7	12.5	14.5	14.0	-4	-16	-5	5	-5	3	-14
Masttiere														
Weidetage pro Jahr	28	20	30	36	24	39	40	-245	-371	-280	-141	-336	-132	-54
Weidestunden pro Tag	2.7	1.8	2.5	4.2	2.1	4.1	4.9	15	51	-51	35	4	30	28
Mastkälber														
Weidetage pro Jahr	16	14	9	31	11	20	26	-166	-365	-408	2	-385	-79	16
Weidestunden pro Tag	1.6	1.1	0.7	3.8	1.0	1.9	2.9	80	73	69	89	68	89	85

Tabelle 21: Aufstallungssysteme von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie) und Differenz zum Datensatz gemäss Umfrage HAFL 2010 in Prozent

	Zusatzerhebung BFS 2010 (%)							Differenz zu Umfrage HAFL 2010 (%)						
	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg
Milchkühe														
Anbindestall Gülle	20	23	21	13	19	23	18	10	3	4	18	9	4	27
Anbindestall Gülle/Mist	36	35	35	39	26	35	54	4	19	-1	-1	-4	-2	-6
Laufstall Gülle	32	33	32	31	42	32	15	-11	-26	-6	-7	-3	3	-29
Laufstall Gülle/Mist	12	9	12	16	14	9	13	7	24	15	0	8	-5	23
Laufstall Tiefstreue	0.2	0.0	0.1	0.5	0.3	0.1	0.1	-300	-4801	-419	-10	-170	-764	-313
Mutterkühe														
Anbindestall Gülle	1	1	2	1	1	1	2	-154	7	-130	-294	-15	-427	-261
Anbindestall Gülle/Mist	8	8	6	9	5	6	13	-57	-25	-107	-46	-132	-71	0
Laufstall Gülle	26	23	38	17	22	36	22	11	-4	10	16	-3	19	23
Laufstall Gülle/Mist	60	66	52	64	64	52	62	9	8	14	7	14	4	3
Laufstall Tiefstreue	5	1	3	9	7	4	1	-40	-304	-84	0	-23	-14	-202
Aufzuchtrinder														
Anbindestall Gülle	3	3	4	3	3	4	3	8	-23	19	14	-20	39	-1
Anbindestall Gülle/Mist	31	40	28	26	18	31	48	14	29	0	2	-2	13	14
Laufstall Gülle	11	10	13	11	11	15	8	-50	-46	-67	-27	-56	-34	-66
Laufstall Gülle/Mist	50	43	50	55	62	46	38	20	15	33	16	26	19	16
Laufstall Tiefstreue	5	4	5	6	7	4	3	-187	-317	-176	-126	-129	-235	-263
Masttiere														
Anbindestall Gülle	2	2	2	1	2	2	1	-85	-112	-117	-87	-154	100	-64
Anbindestall Gülle/Mist	4	4	3	7	3	5	11	-19	-5	-121	27	28	-32	-104
Laufstall Gülle	25	29	30	5	25	30	11	39	18	24	46	45	13	37
Laufstall Gülle/Mist	66	63	63	80	67	61	72	3	7	11	7	-4	11	42
Laufstall Tiefstreue	3	2	3	8	3	3	5	-298	-319	-341	-113	-210	-388	-442
Mastkälber														
Anbindestall Gülle	1	1	1	1	0	1	2	100	100	100	100	100	100	100
Anbindestall Gülle/Mist	17	22	16	9	9	21	34	100	100	100	100	100	100	100
Laufstall Gülle	2	2	2	3	1	3	3	44	-28	100	49	-26	88	100
Laufstall Gülle/Mist	63	58	64	71	72	55	50	50	55	57	39	68	18	6
Laufstall Tiefstreue	17	16	16	16	17	19	11	-294	-335	-345	-246	-330	-180	-366

Tabelle 22: Laufhofoberflächen von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie) und Differenz zum Datensatz gemäss Umfrage HAFL 2010 in Prozent

	Zusatzerhebung BFS 2010 (%)							Differenz zu Umfrage HAFL 2010 (%)						
	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg
Milchkühe	80													
Planbefestigt	57	58	57	54	61	56	51	0	-5	-3	8	3	-2	4
Perforiert	15	15	17	13	18	15	10	9	5	18	-3	11	23	7
Unbefestigt	23	22	22	27	17	24	34	33	28	25	47	22	32	34
Kein Laufhof	5	4	4	6	4	5	6	-187	-88	-148	-271	-172	-200	-240
Mutterkühe														
Planbefestigt	78	77	77	79	80	75	77	-11	-17	-13	-5	-11	-13	-7
Perforiert	14	16	18	9	13	19	13	47	66	63	0	37	61	48
Unbefestigt	6	6	3	10	5	6	9	39	63	-77	61	74	-4	12
Kein Laufhof	2	1	2	2	2	1	1	-44	-110	51	-74	8	-157	-192
Aufzuchtrinder														
Planbefestigt	66	65	67	66	71	66	59	-1	-16	0	8	-2	1	3
Perforiert	10	11	12	7	9	11	10	46	64	46	25	44	44	51
Unbefestigt	18	19	14	21	12	18	26	27	36	-5	40	25	23	23
Kein Laufhof	6	6	7	6	8	6	5	-138	-61	-65	-236	-72	-174	-247
Masttiere														
Planbefestigt	70	62	69	81	67	72	89	-6	-10	-10	3	-15	15	9
Perforiert	7	10	7	5	6	12	3	-57	-78	-134	50	-103	13	100
Unbefestigt	2	1	1	5	2	4	6	-56	7	-244	-12	-27	-130	8
Kein Laufhof	21	27	23	9	25	12	1	48	50	86	-52	68	-66	-858
Mastkälber														
Planbefestigt	74	73	74	75	74	75	72	-5	3	-7	-12	-4	-3	-13
Perforiert	3	3	4	2	3	3	4	83	93	95	41	83	95	71
Unbefestigt	3	3	1	4	1	2	6	10	10	-62	39	28	-102	16
Kein Laufhof	20	21	21	18	21	20	18	5	-25	10	36	0	6	33

Tabelle 23: Aufstallungssysteme von Schweinen und Geflügel ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie) und Differenz zum Datensatz gemäss Umfrage HAFL 2010 in Prozent

	Zusatzerhebung BFS 2010 (%)							Differenz zu Umfrage HAFL 2010 (%)						
	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg
Galtsauen														
Labelstall*	70	59	79	57	68	73	70	-20	-39	-11	-21	-30	6	-16
Konventioneller Stall	29	40	20	39	30	26	28	47	56	36	42	65	-22	45
Tiefstreue/Tretmist	1	1	1	2	1	1	1	94	100	90	90	100	71	83
Freilandhaltung	0	0	0	1	0	0	1	-219	-540	100	-477	-197	100	-311
Säugende Sauen														
Labelstall*	10	10	10	8	10	11	10	-219	-273	-148	-462	-224	-159	-303
Konventioneller Stall	86	86	85	87	86	86	83	21	28	13	38	20	16	30
Tiefstreue/Tretmist	4	4	4	4	5	3	6	91	69	99	100	88	96	100
Freilandhaltung	0	0	0	0	0	0	1	100	100	100	100	100	100	100
Absetzferkel														
Labelstall*	10	8	11	3	10	10	7	-208	-238	-126	-1267	-216	-195	-227
Konventioneller Stall	86	89	83	93	86	88	88	21	25	13	42	23	20	14
Tiefstreue/Tretmist	4	3	5	3	5	2	5	34	-95	61	100	18	74	100
Freilandhaltung	0	0	0	0	0	0	0	63	-	100	17	-	100	100
Mastschweine														
Labelstall*	50	42	60	43	52	46	39	-21	-10	-14	-48	-24	-6	-46
Konventioneller Stall	49	57	39	55	47	53	60	20	7	20	39	27	4	30
Tiefstreue/Tretmist	1	0	1	1	1	0	1	89	100	100	80	85	100	100
Freilandhaltung	0	1	0	0	0	1	0	-78	39	13	-649	-158	54	-312
Junghennen														
Kotband o. Belüftung	70	82	94	41	79	66	40	-22	11	-5	-100	-15	-30	100
Kotband mit Belüftung	6	0	0	17	4	0	17	100	-	-	100	100	-	100
Bodenhaltung	24	18	6	42	16	34	43	39	-52	75	57	49	57	-135
Legehennen														
Kotband o. Belüftung	70	78	73	49	70	63	78	-3	-9	-11	1	-9	-9	27
Kotband mit Belüftung	4	0	7	8	5	5	0	-82	-	100	-202	-111	100	-
Bodenhaltung	26	22	21	43	25	32	22	22	32	5	39	48	4	-98

*Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf

Tabelle 24: Lagerung von Gülle und Ausbringung von Gülle und Mist ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals) und Differenz zum Datensatz gemäss Umfrage HAFL 2010 in Prozent

	Zusatzerhebung BFS 2010 (%)							Differenz zu Umfrage HAFL 2010 (%)						
	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg	CH	Ost	Zentral	West/Süd	Tal	Hügel	Berg
Lagerung														
Lager gedeckt	78.2	83	75	77	73	79	89	15	13	13	18	16	12	12
Lager perforiert	11.5	10	11	16	13	11	8	-42	-62	-21	-36	-28	-49	-73
Lager offen	10.3	8	15	6	13	10	3	-62	-48	-51	-108	-55	-41	-148
Verdünnung Gülle 1:x	1.22	1.13	1.36	1.12	1.26	1.27	1.08	4	4	10	-5	3	8	2
Ausbringung														
Prallteller	71	75	64	75	66	73	77	-4	1	2	-21	-5	-2	-11
Schleppschlauch	22	21	32	9	28	21	14	-14	-19	-16	12	-6	-21	-1
Injektion	6	3	3	15	5	5	8	87	64	85	93	85	81	94
Tiefe Injektion	1	1	1	0	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Unmittelbare Einarbeitung Mist*	34	29	39	35	51	30	14	24	25	13	45	32	5	80

* Der Wert der Zusatzerhebung BFS 2010 wurde verglichen mit der Summe der Rubriken innerhalb 1 Stunde; innerhalb 4 Stunde, innerhalb 8 Stunden, innerhalb 24 Stunden gemäss Umfrage HAFL 2010

7.6 Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2010

Landwirtschaftliche Produktionstechnik basierend auf den Umfragen 2002, 2007 und 2010

	2002	2007	2010
Milchkühe			
Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh	6001	7029	7156
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten	56%	68%	66%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten	25%	37%	40%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten	24%	20%	18%
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten	40%	48%	50%
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten	56%	61%	58%
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten	18%	15%	15%
Durchschnittliche Kraffuttermenge im Sommer	1.3	1.6	1.7
Durchschnittliche Kraffuttermenge im Winter	2.1	2.4	2.4
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	27.9%	24.5%	17.8%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	44.4%	34.5%	34.7%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	18.2%	31.7%	35.5%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	9.3%	8.5%	11.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	0.2%	0.8%	0.8%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	151	174	184
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	59.3%	76.8%	75.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	37.7%	17.7%	18.4%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.0%	5.5%	6.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	51.6%	56.1%	56.5%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	12.7%	19.0%	15.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	20.5%	10.3%	13.7%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	15.1%	14.6%	14.2%
Anteil der Tiere mit Weidegang	85.3%	96.5%	95.5%
Jährliche Weidetage	165	181	177
Tägliche Weidestunden	8.7	8.5	8.6
Weidestunden pro Jahr	1575	1598	1595

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Mutterkühe (Kälber von Mutterkühen)			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	0.9%	1.6%	3.4%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	9.3%	11.5%	11.9%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	18.1%	23.5%	23.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	59.0%	58.6%	54.8%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	12.7%	4.8%	6.7%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	231	206	190
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	62.6%	57.1%	48.5%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	28.1%	17.5%	29.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	9.3%	25.3%	22.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	65.6%	82.4%	86.3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	10.7%	5.1%	3.9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	16.6%	9.0%	7.6%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	7.1%	3.5%	2.3%
Anteil der Tiere mit Weidegang	91.6%	94.2%	88.6%
Jährliche Weidetage	168	167	165
Tägliche Weidestunden	17.6	16.0	15.4
Weidestunden pro Jahr	3251	2814	2884
Aufzuchtrinder über 2-jährig			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	9.2%	8.5%	5.8%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	41.1%	40.8%	28.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	17.3%	17.4%	23.3%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	22.2%	27.1%	36.3%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	10.1%	6.2%	6.2%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	179	175	207
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	50.6%	61.7%	52.9%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	46.1%	32.8%	39.3%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.3%	5.6%	7.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	56.9%	60.2%	67.1%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	11.6%	17.6%	11.9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	16.6%	5.3%	6.3%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	14.9%	16.8%	14.7%
Anteil der Tiere mit Weidegang	85.7%	88.8%	81.0%
Jährliche Weidetage	156	160	146
Tägliche Weidestunden	16.1	15.8	14.9
Weidestunden pro Jahr	2939	2840	2695

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	7.6%	4.8%	3.6%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	40.7%	36.6%	27.9%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	14.6%	15.1%	19.1%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	23.6%	33.9%	39.1%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	13.6%	9.6%	10.3%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	176	180	196
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	51.6%	64.2%	62.2%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	43.8%	27.7%	27.6%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	4.5%	8.1%	10.2%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	54.8%	59.3%	64.1%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	13.5%	18.1%	13.3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	15.6%	5.5%	7.6%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	16.1%	17.0%	15.1%
Anteil der Tiere mit Weidegang	90.3%	93.9%	92.6%
Jährliche Weidetage	167	173	171
Tägliche Weidestunden	17.6	17.4	17.2
Weidestunden pro Jahr	3264	3215	3178
Aufzuchtrinder unter 1-jährig			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	2.1%	2.0%	1.1%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	34.8%	31.8%	25.0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	8.1%	7.8%	12.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	20.4%	35.5%	41.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	34.6%	22.9%	20.2%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	189	188	206
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	45.6%	55.9%	48.3%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	51.0%	39.7%	45.2%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.3%	4.4%	6.5%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	61.5%	62.6%	67.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	12.1%	16.7%	13.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	12.7%	2.8%	2.9%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	13.7%	17.9%	15.7%
Anteil der Tiere mit Weidegang	83.1%	82.4%	76.7%
Jährliche Weidetage	153	144	137
Tägliche Weidestunden	12.9	11.8	11.1
Weidestunden pro Jahr	2301	2063	1938

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Masttiere/Rindviehmast			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	1.0%	1.1%	3.1%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	3.8%	4.0%	4.8%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	31.4%	20.9%	15.6%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	52.5%	67.6%	64.0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	11.2%	6.4%	12.6%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	98	135	156
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	24.6%	33.6%	49.7%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	64.5%	56.4%	35.3%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	10.9%	10.1%	15.0%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	88.3%	78.5%	73.9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	1.8%	2.0%	3.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	8.1%	5.8%	11.5%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	1.8%	13.7%	10.8%
Anteil der Tiere mit Weidegang	11.4%	15.0%	15.7%
Jährliche Weidetage	74	86	97
Tägliche Weidestunden	1.9	2.5	2.3
Weidestunden pro Jahr	333	481	455
Mastkälber			
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	0.6%	0.0%	0.0%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	15.9%	0.0%	0.0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	0.3%	0.2%	1.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	14.2%	37.5%	31.5%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	69.0%	62.3%	67.3%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	38	59	58
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	15.4%	16.8%	27.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	83.1%	76.5%	71.5%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	1.5%	6.7%	1.5%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	93.0%	84.4%	77.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	1.3%	3.0%	2.3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	4.8%	1.2%	0.5%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	0.8%	11.4%	19.4%
Anteil der Tiere mit Weidegang	2.7%	2.1%	4.1%
Jährliche Weidetage	48	34	74
Tägliche Weidestunden	0.38	0.21	0.5
Weidestunden pro Jahr	80	34	103

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Galtsauen			
Rohproteingehalt der Ration	145.0	147.9	145.5
Energiegehalt der Ration	12.5	12.5	12.5
Konventioneller Stall ohne Auslauf	28.7%	16.9%	15.3%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	70.2%	81.9%	83.7%
Tiefstreustall	0.5%	0.2%	0.1%
Weidehaltung	0.6%	1.0%	1.0%
Säugende Sauen			
Rohproteingehalt der Ration	165.0	159.9	160.7
Energiegehalt der Ration	13.5	13.5	13.5
Konventioneller Stall ohne Auslauf	89.9%	77.2%	67.9%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	7.8%	21.9%	31.7%
Tiefstreustall	2.3%	0.5%	0.4%
Weidehaltung	0.0%	0.4%	0.0%
Ferkel abgesetzt bis 25 kg			
Rohproteingehalt der Ration	176.1	167.2	165.2
Energiegehalt der Ration	13.5	13.5	13.5
Konventioneller Stall ohne Auslauf	89.1%	80.5%	67.8%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	9.1%	17.7%	29.5%
Tiefstreustall	1.8%	1.2%	2.7%
Weidehaltung	0.0%	0.6%	0.0%
Mastschweine			
Rohproteingehalt der Ration Phase 1	170.0	162.1	161.9
Rohproteingehalt der Ration Phase 2	170.0	156.5	156.0
Rohproteingehalt der Ration Phase 3	170.0	154.6	153.2
Energiegehalt der Ration	13.5	13.5	13.5
Konventioneller Stall ohne Auslauf	47.9%	35.8%	39.3%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	51.1%	63.5%	60.0%
Tiefstreustall	0.7%	0.0%	0.1%
Weidehaltung	0.3%	0.7%	0.6%

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Legehennen			
Zugang zu Weide	0.0%	76.0%	70.7%
Kotbandentmistung	63.7%	80.9%	79.8%
Kotgrube	6.6%	2.2%	5.0%
Bodenhaltung	29.7%	16.9%	15.1%
Entmistungsintervall <2/Monat	1.2%	0.0%	0.0%
Entmistungsintervall 2/Monat	11.0%	19.7%	30.8%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	46.8%	38.7%	32.5%
Entmistungsintervall >4/Monat	41.0%	41.6%	36.7%
Entmistungsintervall <2/Monat	0.0%	0.0%	0.0%
Entmistungsintervall 2/Monat	0.0%	15.9%	24.6%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	0.0%	31.4%	25.9%
Entmistungsintervall >4/Monat	0.0%	33.6%	29.3%
Keine Kotbandentmistung	36.3%	19.1%	20.2%
Tränkenippel	39.0%	78.9%	69.2%
Wasserbehälter	61.0%	21.1%	30.8%
Junghennen			
Zugang zu Weide	0.0%	21.2%	19.2%
Kotbandentmistung	67.5%	83.4%	85.1%
Kotgrube	0.0%	1.7%	8.4%
Bodenhaltung	32.5%	14.9%	6.6%
Entmistungsintervall <2/Monat (nur Kotbandentmistung)	0.0%	45.6%	7.9%
Entmistungsintervall 2/Monat (nur Kotbandentmistung)	41.3%	33.5%	50.8%
Entmistungsintervall <3-4/Monat (nur Kotbandentmistung)	44.0%	11.7%	25.2%
Entmistungsintervall >4/Monat (nur Kotbandentmistung)	14.7%	9.2%	16.1%
Entmistungsintervall <2/Monat		38.1%	6.7%
Entmistungsintervall 2/Monat	0.0%	27.9%	43.2%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	0.0%	9.7%	21.4%
Entmistungsintervall >4/Monat	0.0%	7.7%	13.7%
Keine Kotbandentmistung	32.5%	16.6%	14.9%
Tränkenippel	29.4%	72.0%	76.0%
Wasserbehälter	70.6%	28.0%	24.0%
Mastpoulets			
Zugang zu Weide	0.0%	37.6%	14.6%
Bodenhaltung	100.0%	100.0%	100.0%
Tränkenippel	51.6%	86.8%	87.8%
Wasserbehälter	48.4%	13.2%	12.2%
Masttruten			
Zugang zu Weide	0.0%	100.0%	61.7%
Bodenhaltung	100.0%	100.0%	100.0%
Tränkenippel	0.0%	11.1%	43.2%
Wasserbehälter	100.0%	88.9%	56.8%
Anderes Geflügel			
Zugang zu Weide	0.0%	100.0%	70.0%
Aufstallung	100.0%	100.0%	100.0%
Tränkenippel	0.0%	0.0%	0.0%
Wasserbehälter	100.0%	100.0%	100.0%

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Pferde über 3-jährig			
Anteil der Tiere mit Weidegang	92.0%	90.6%	90.4%
Jährliche Weidetage	217.08	221.84	224.04
Tägliche Weidestunden	9.3	8.8	8.9
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	252	262	263
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	7.1	10.4	10.7
Pferde unter 3-jährig			
Anteil der Tiere mit Weidegang	72.2%	88.1%	87.5%
Jährliche Weidetage	215	203	212
Tägliche Weidestunden	12.3	12.6	13.6
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	228	264	259
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	9.0	8.3	12.0
Übrige Equiden			
Anteil der Tiere mit Weidegang	53.4%	69.2%	73.5%
Jährliche Weidetage	204	226	225
Tägliche Weidestunden	6.8	8.5	8.9
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	241	249	233
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	9.0	11.6	11.7
Schafe			
Anteil der Tiere mit Weidegang	80.0%	77.1%	86.4%
Jährliche Weidetage	219	222	204
Tägliche Weidestunden	16.1	14.7	15.3
Milchschafe			
Anteil der Tiere mit Weidegang	41.2%	81.9%	91.0%
Jährliche Weidetage	197	212	201
Tägliche Weidestunden	9.0	10.8	9.4
Ziegen			
Anteil der Tiere mit Weidegang	75.4%	73.8%	75.2%
Jährliche Weidetage	182	194	176
Tägliche Weidestunden	4.5	5.7	7.1

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

	2002	2007	2010
Güllelager			
Volumen gesamt	710236	1290507	1152121
Intervall Aufrühren: max. 2 Mal pro Jahr	10.6%	5.3%	5.9%
Intervall Aufrühren: 3-6 Mal pro Jahr	0.0%	0.0%	0.0%
Intervall Aufrühren: 7-12 Mal pro Jahr	29.4%	63.7%	65.5%
Intervall Aufrühren: 13-20 Mal pro Jahr	21.8%	14.9%	12.6%
Intervall Aufrühren: 21-30 Mal pro Jahr	13.8%	11.7%	11.9%
Intervall Aufrühren: mehr als 30 Mal pro Jahr	24.5%	4.4%	4.1%
Abdeckung des Güllelagers: ungedeckt	11.7%	9.9%	10.6%
Abdeckung des Güllelagers: feste Abdeckung Beton, Holz	70.7%	69.5%	66.5%
Abdeckung des Güllelagers: perforierte Abdeckung	12.5%	13.3%	16.3%
Abdeckung des Güllelagers: Folienzelt	0.0%	0.1%	0.2%
Abdeckung des Güllelagers: Schwimmfolie	0.0%	0.1%	0.3%
Abdeckung des Güllelagers: natürliche Schwimmschicht	5.1%	7.1%	6.1%
Lager : enthält Rindergülle	73.6%	73.4%	71.6%
Lager : enthält Schweinegülle	26.4%	26.6%	28.4%
Lager : Tiefe des Güllelagers	2.9	3.0	3.0
Anteil direkt ausgebrachter Geflügelmist	2.6%	4.8%	6.1%
Anteil direkt ausgebrachter Rindermist	9.6%	21.9%	23.9%
Anteil direkt ausgebrachter Schweinemist	0.0%	0.0%	10.9%
Hofdüngerausbringung			
Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer	89.9%	85.6%	74.1%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschauch	9.2%	13.5%	25.1%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh	0.0%	0.0%	0.0%
Anteil Gülleausbringung mit Gölledrill	0.9%	0.9%	0.8%
Anteil Gülleausbringung mittels tiefer Injektion	0.0%	0.0%	0.0%
Gülleverdünnung (Liter Wasser / Liter unverdünnte Gülle)	1.2	1.2	1.2
Mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe	25.6	24.9	25.2
Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00	18.4%	21.5%	19.7%
Ausbringung von Gülle im Sommer (Juni, Juli, August)	51.9%	53.8%	43.9%
Ausbringung von Gülle von September bis und mit Mai	48.1%	46.2%	56.1%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Stunde	0.4%	0.7%	0.9%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 4 Stunden	2.6%	3.4%	3.6%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 8 Stunden	3.2%	3.7%	4.2%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Tag	18.2%	18.3%	17.3%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 3 Tagen	22.3%	24.9%	21.7%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von mehr als 3 Tagen	7.7%	6.8%	7.8%
Keine Einarbeitung von Mist	45.6%	42.3%	44.5%
Ausbringung von Mist im Sommer (Juni, Juli, August)	24.6%	27.8%	23.5%
Ausbringung von Mist von September bis und mit Mai	75.4%	72.2%	76.5%

Landwirtschaftliche Produktionstechnik basierend auf Expertenannahmen für 1990 und 1995

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
	Milchkühe					
1.	N-Ausscheidung		kg/a	115	115	Die Basis N-Ausscheidung basiert auf den Zahlen der Grundlagen der Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF) von 2009 (Flisch et al., 2009).
2.	Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh		kg/a	4940	5200	Die Milchleistungen basieren auf der Gesamtmilchmenge gemäss Meyre et al. (2000) und Saxer et al. (2003) und der Anzahl Milchkühe. Die so berechneten Milchleistungen sind höher im Vergleich zu den diesen Berichten aufgeführten Zahlen, da die Gesamtmilchmenge nicht durch die totale Anzahl Kühe (inkl. Mutterkühe) dividiert wurde, sondern nur durch die Anzahl Milchkühe. Die berechneten Zahlen stimmen gut überein mit den Leistungen der Herdebuchtiere gemäss den Daten der Zuchtviehverbände unter der Annahme, dass die Leistungen der Nichtherdebuchbetriebe um 20 bis 30 % tiefer liegen im Vergleich zu den Herdebuchbetrieben.
3.	Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten		%	20	20	Grundsätzlich sind Daten zur Fütterung von Grundfutter oder Futtermittel wie Maiswürfel für die Jahre 90/95 kaum verfügbar. Es ist aber davon auszugehen, dass Futtermittel wie Heu im Sommer oder Maiswürfel (Sommer und Winter) relativ breit eingesetzt wurden. Für diese beiden Futtermittel wurden pauschale Annahmen getroffen: 20 % der Milchkühe erhalten im Sommer Heu; 30 % Maiswürfel im Sommer und im Winter. Maissilage und Grassilage im Winter wurden in den 1990er Jahren auch eingesetzt. Da die Anteile schwierig zu eruieren sind, wurde Null eingesetzt. Man kann davon ausgehen, dass sich die emissionsmindernde Wirkung von Maissilage bzw. der emissionserhöhende Effekt von Grassilage weitgehend kompensieren. Die Verfütterung von Maissilage im Sommer war im Jahr 1990 gemäss Milchlieferungsregulativ verboten (mündliche Mitteilung U. Wyss, ALP Posieux). Daher wurde der Anteil der Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten, auf Null gesetzt.
4.	Anteil d. Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten		%	0	0	
5.	Anteil d. Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten		%	30	30	
6.	Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten		%	0	0	
7.	Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten		%	0	0	
8.	Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten		%	30	30	
9.	Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Sommer		kg/d	0.8	1.0	
10.	Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Winter		kg/d	2.0	2.0	
11.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	260	Annahmen für 1990: Generell sind keine Laufhöfe vorhanden; Begründung: in der Tierschutzgesetzgebung gab es 1990 keine Vorgaben betr. Auslauf ausserhalb der Vegetationszeit;

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
						<p>die RAUS-Verordnung (Schweiz. Bundesrat, 2008) existierte noch nicht; demnach bestand weder eine gesetzliche Verpflichtung noch ein Anreiz zur Installation von Laufhöfen; Praxiserfahrungen aus dieser Zeit weisen darauf hin, dass Rindvieh nur auf ganz wenigen Betrieben ausserhalb der Vegetationszeit Auslauf erhielten (dies gilt nicht für Ställe ohne Tränkeeinrichtungen, wie sie v.a. im Berggebiet noch vorkamen. Insgesamt war aber die Tierzahl, welche sich ausserhalb der Vegetationszeit im Freien aufhielt, hinsichtlich Ammoniakemissionen unbedeutend).</p> <p>Annahmen für 1995:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof gilt nur für Betriebe mit Laufställen. Der gewählte Wert ist leicht niedriger als der Durchschnittswert von 2002 für Betriebe mit Laufställen (die in der Tabelle aufgeführten Werte für 2002 und 2007 sind Durchschnittswerte der Betriebe mit Laufställen) <p>Weitere Bemerkungen zu Laufhöfen für 1995:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 12 % des Rindviehbestands wurde gemäss RAUS-Verordnung gehalten. Diese Tiere hatten Zutritt zu einem Laufhof. – Sämtliche Laufhöfe wiesen einen befestigten Boden auf (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007). – keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007)
12.	Anteil der Tiere mit Weidengang		%	67%	70%	<p>Die Schätzung des Anteils geweideter Tiere für 1990/95 basiert weitgehend auf den Resultaten der Umfragen von 2002 und 2007 und der Annahme, dass die Weide über die letzten 20 Jahre aufgrund der Förderung von tiergerechten Haltungssystemen und verschärften Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung sowie von betriebswirtschaftlichen Gründen stark zugenommen hatte. Es wurde weiter angenommen, dass zwischen 1990 und 1995 der Anteil geweideter Tiere um 10 % angestiegen war. Für den Zeitraum von 1995 bis 2003 wurde eine grössere Zunahme dieses Anteils unterstellt. Diese Annahme wird gestützt durch den Rückgang der am häufigsten verwendeten Maschine zur Einbringung von Grünfutter, dem Motormäher, um 12.7 % zwischen 1990 und 1996 bzw. 16.6 % zwischen 1996 und 2003 (Saxer et al., 2004).</p>
13.	Jährliche Weidetage		d/a	135	150	<p>Die durchschnittliche Anzahl jährlicher Weidetage bzw. täglicher Weidestunden basieren auf den gleichen Überlegungen wie denjenigen von Ziff. 12. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Grundgesamtheit der Milchkühe. Folgende Annahmen bzw. Erfahrungswerte wurden berücksichtigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die jährlichen Weidetage haben zugenommen über die 90er Jahre, u.a. aus folgenden Gründen: Unterbrechen der Weide an heissen Sommertagen, wä-
14.	Tägliche Weidestunden		h/d	8.0	8.0	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
						rend Regenperioden oder bei Arbeitsspitzen war anfangs der 90er Jahre üblicher als heute; Stallsysteme und Einrichtungen, welche das Auslassen und Einstallen der Tiere weniger aufwändig machten, fanden im Laufe der Zeit grössere Verbreitung. – Ganztagesweide wurde anfangs der 90er Jahre weniger häufig praktiziert. Deshalb kann man von einer Zunahme der täglichen Weidestunden ausgehen.
15.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	25%	27%	Expertenschätzung für 1990: 30 % der Stallsysteme produzierten Vollgülle, 70 % der Stallsysteme Gülle und Mist; 15 % der Stallsysteme mit Produktion von Vollgülle und 1 % der Stallsysteme mit Produktion von Gülle und Mist waren Laufställe. Für 1995 wurde interpoliert basierend auf den Annahmen für 1990 und den Resultaten der Umfrage von 2002. Für 1995 stimmen die Zahlen mit den Daten von Saxer et al. (2004) gut überein (Anteil Stallplätze von Kühen in Laufställen 1996: 15 %; nach Abzug des Anteils von Mutterkühen und unter der Annahme, dass sämtliche Mutterkühe in Laufställen gehalten werden, betrug der Anteil von Milchkühen in Laufställen 12-13 %). Im Agrarbericht 2003 wird ein Anteil von Milchkühen in Laufställen von 7 % für 1996 angegeben (Bundesamt für Landwirtschaft, 2003). Wir rechnen hier mit dem höheren Anteil nach Saxer et al. (2004).
16.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	69%	60%	
17.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	11%	
18.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	1%	2%	
19.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	0%	0%	
Mutterkühe (für die Kälber von Mutterkühen wurden für 1990 und 1995 die gleichen Parameter wie für Mutterkühe gewählt)						
20.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	230	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
21.	Anteil der Tiere mit Weidegang		%	90%	90%	Die Mutterkuhhaltung war von Anfang an als extensives und tierfreundliches Produktionssystem angelegt mit einem hohen Anteil an Weidehaltung. Es ist davon auszugehen, dass über die letzten 20 Jahre aufgrund der Förderung von tiergerechten Haltungssystemen und verschärften Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung sowie betriebswirtschaftlichen Gründen die Weide zugenommen hatte, jedoch in wesentlich geringerem Ausmass als bei den Milchkühen. Daher wurde der Anteil geweideter Tiere für 1990, 1995 nur leicht tiefer eingeschätzt im Vergleich zu 2002.
22.	Jährliche Weidetage (exkl. Tage Alpung)		d/a	160	160	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 21
23.	Tägliche Weidestunden		h/d	16	16	
24.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	9%	2%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002 sowie auf den Angaben von Mutterkuh Schweiz (mündliche Mitteilung U. Vogt, Mutterkuh,

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
25.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	20%	15%	Schweiz). Es wurde angenommen, dass die Anteile der Systeme Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist der Anbindeställe 1990/95 höher sowie das System Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist tiefer lagen im Vergleich zu 2002. Für die Laufställe mit Produktion von Vollgülle wurde von einer relativ konstanten Entwicklung ausgegangen. Es ist zu beachten, dass Laufställe mit Produktion von Vollgülle für die Kälber immer einen eingestreuten Bereich (meist Tiefstreu) und damit Produktion von Mist aufweisen.
26.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	15%	15%	
27.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	36%	48%	
28.		Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	%	20%	20%	
29.	Aufzuchtrinder unter 1-jährig					
30.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	235	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
31.	Anteil der Tiere mit Weidegang		%	80%	81%	Die Rinderaufzucht wies schon in den 1990er Jahren und zuvor einen hohen Anteil an Weidehaltung auf. Es ist davon auszugehen, dass über die letzten 20 Jahre aufgrund der Förderung von tiergerechten Haltungssystemen und verschärften Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung sowie betriebswirtschaftlichen Gründen die Weide zugenommen hatte, jedoch in wesentlich geringerem Ausmass als bei den Milchkühen. Daher wurde der Anteil geweideter Tiere für 1990, 1995 nur leicht tiefer eingeschätzt im Vergleich zu 2002. Es wurde weiter angenommen, dass zwischen 1990 und 1995 der Anteil nicht geweideter Tiere leicht abgenommen hatte.
32.	Jährliche Weidetage		d/a	140	140	Die Haltung von Aufzuchtrindern war schon in der Vergangenheit stark auf Weidehaltung ausgerichtet. Daher wurden ähnliche Zahlen wie für 2002 eingesetzt.
33.	Tägliche Weidestunden		h/d	11	11	
34.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	5%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002. Es wurde angenommen, dass die Anteile der Laufställe 1990/95 geringer waren im Vergleich zu 2002 mit Ausnahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist. Für die Anbindeställe wurde von einer Halbierung der Anteile zwischen 1990 und 2007 ausgegangen.
35.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	60%	52%	
36.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	1%	3%	
37.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	4%	10%	
38.		Laufstall m. Tiefstreu/Tretmist	%	30%	30%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
39.	Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig					
40.	Jährl. Zutrittsdauer Laufhof		d/a	0	240	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
41.	Anteil der Tiere mit Weide		%	87%	88%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 31
42.	Jährliche Weidetage		d/a	160	160	Die Haltung von Aufzuchtrindern war schon in der Vergangenheit stark auf Weidehaltung ausgerichtet. Daher wurden ähnliche Zahlen wie für 2002 eingesetzt.
43.	Tägliche Weidestunden		h/d	16	16	
44.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	17%	15%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002. Es wurde angenommen, dass die Anteile der Laufställe 1990/95 geringer waren im Vergleich zu 2002 mit Ausnahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist. Für die Anbindeställe wurde von einer Halbierung der Anteile zwischen 1990 und 2007 ausgegangen. Im Vergleich dazu geben Saxer et al. (2004) für die Jahre 1990, 1996 und 2003 einen Anteil von Laufställen in der Rindviehaufzucht von 14 %, 36 % und 45 % an.
45.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	60%	55%	
46.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	10%	
47.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	8%	12%	
48.		Laufstall Tiefstreue/Tretmist	%	10%	8%	
49.	Aufzuchtrinder über 2-jährig					
50.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	250	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
51.	Anteil der Tiere mit Weide		%	83%	85%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 31
52.	Jährliche Weidetage		d/a	150	150	Die Haltung von Aufzuchtrindern war schon in der Vergangenheit stark auf Weidehaltung ausgerichtet. Daher wurden ähnliche Zahlen wie für 2002 eingesetzt.
53.	Tägliche Weidestunden		h/d	14	14	
54.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	20%	17%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002. Es wurde angenommen, dass die Anteile der Laufställe 1990/95 geringer waren im Vergleich zu 2002 mit Ausnahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist. Für die Anbindeställe wurde von einer Halbierung der Anteile zwischen 1990 und 2007 ausgegangen.
55.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	57%	51%	
56.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	10%	
57.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	10%	14%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
58.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	8%	8%	
59.						
60.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	0	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
61.	Anteil der Tiere mit Weidengang		%	0%	0%	Es wurde angenommen, dass die Masttiere in den 1990er Jahren kaum geweidet wurden. Daher wurde der Anteil geweideter Tiere für 1990, 1995 auf 0% gesetzt. Es ist davon auszugehen, dass Anreizsysteme zur tiergerechten Haltung und verschärfte Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung oder betriebswirtschaftliche Gründe erst in den letzten Jahren eine Zunahme des Anteils der Weide bewirkt haben.
62.	Jährliche Weidetage		d/a	0	0	Gilt im Gegensatz zu andern Rinderkategorien, wo Durchschnittswerte für sämtliche Tiere angegeben sind, nur für diejenigen Tiere, die geweidet werden.
63.	Tägliche Weidestunden		h/d	0	0	
64.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	1%	1%	Anbindeställe waren in der Rindviehmast seit den 1990er Jahren wenig verbreitet. Es ist davon auszugehen, dass ein kleiner Anteil der Tiere in alten Anbindeställen oder zusammen mit Aufzuchtieren gehalten wurde. Es wurde angenommen, dass Anreizsysteme zur tiergerechten Haltung und verschärfte Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung eine Zunahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist zulasten der Laufställe mit Produktion von Vollgülle bewirkt hatten. Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist wurde eine leicht Abnahme unterstellt. Im Vergleich dazu geben Saxer et al. (2004) für die Jahre 1990, 1996 und 2003 einen Anteil von Laufställen in der Rindviehmast von 22 %, 25 % und 33 % an. Die Differenz dieser Zahlen zu den Resultaten der Umfrage von 2002 können nicht erklärt werden. Es wurden die Resultate der Umfrage 2002 als Grundlage verwendet und für die Werte der Jahre 1990 und 1995 mit Zahlen gerechnet, die eine plausible Zeitreihe ergeben.
65.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	5%	5%	
66.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	50%	40%	
67.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	29%	39%	
68.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	15%	15%	
69.	Mastkälber					
70.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	0	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
71.	Anteil der Tiere mit Weidengang		%	0%	0%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 61
72.	Jährliche Weidetage		d/a	0	0	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 62

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
73.	Tägliche Weidestunden		h/d	0	0	
74.	Aufstallung	Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	%	0%	0%	Anbindeställe waren in der Kälbermast seit den 1990er Jahren wenig verbreitet. Bis 2002 wurde eine konstante Verteilung der Aufstallungssysteme angenommen. Im Vergleich dazu geben Saxer et al. (2004) für die Jahre 1996 und 2003 Jahr einen Anteil von Anbindeställen in der Kälbermast von 31 % an. Wir stützen uns für die Annahme der Werte von 1990 und 1995 auf die Resultate der Umfrage 2002.
75.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	20%	20%	
76.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	0%	0%	
77.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	5%	5%	
78.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	75%	75%	
79.	Säugende Sauen					
80.	Rohproteingehalt der Ration		gRP/kg	181	181	Für RP und VES wurden die Gehalte der Untersuchung von Kessler et al. (1994) eingesetzt.
81.	Energiegehalt der Ration		MJVES/kg	12.3	12.3	
82.	Aufstallung	Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	%	0%	0%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
83.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	100%	
84.		Weidehaltung	%	0%	0%	
85.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
86.	Galtsauen⁸					
87.	Rohproteingehalt der Ration		gRP/kg	169	169	Für RP und VES wurden die Gehalte der Untersuchung von Kessler et al. (1994) eingesetzt.
88.	Energiegehalt der Ration		MJVES/kg	12.3	12.3	
89.	Aufstallung	Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	%	0%	5%	1990 waren Labelställe noch kaum vorhanden. 1995 wurde 2.4 % des Schweinebestands gemäss RAUS-Verordnung gehalten (Bundesamt für Landwirtschaft, 2009). Es wurde angenommen, dass sich dieser Anteil auf die Kategorien Mast-
90.		Konventioneller Stall ohne	%	100%	95%	

⁸ Für Eber wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Galtsauen.

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
		Auslauf				schweine/Remonten und Galtsschweine verteilt, was für beide Tierkategorien einen Anteil von je 5 % nach RAUS ergibt. Diese Tiere wurden dem Typ Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf zugeordnet.
91.		Weidehaltung	%	0%	0%	
92.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
93.	Ferkel abgesetzt bis 25 kg					
94.	Rohproteingehalt der Ration		gRP/kg	175	175	Für RP und VES wurden die Gehalte der Untersuchung von Kessler et al. (1994) eingesetzt.
95.	Energiegehalt der Ration		MJVES/kg	13.5	13.5	
96.	Aufstallung	Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	%	0%	0%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
97.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	100%	
98.		Weidehaltung	%	0%	0%	
99.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
100.	Mastschweine⁹					
101.	N-Ausscheidung		kg/a	15	15	Die N-Ausscheidung basiert auf den Grundlagen der GRUDAF von 1994 (Walther et al., 1994), diejenige von 2002/07 auf der GRUDAF von 2001 bzw. 2007 (Walther et al., 2001; Flisch et al., 2009).
102.	Rohproteingehalt der Ration		gRP/kg	184	184	Für RP und VES wurden die Gehalte der Untersuchung von Kessler et al. (1994) eingesetzt.
103.	Energiegehalt der Ration		MJVES/kg	13.3	13.5	
104.	Aufstallung	Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	%	0%	5%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 89 bis 92
105.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	95%	
106.		Weidehaltung	%	0%	0%	
107.		Tiefstreustall	%	0%	0%	

⁹ Für Remonten wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Mastschweine.

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
108	Legehennen					
109	N-Ausscheidung		kg/a	0.71	0.71	Die N-Ausscheidung von 1990/95 sowie 2002 basiert auf der GRUDAF von 2001 (Walther et al., 2001), diejenige von 2007 auf der GRUDAF von 2007 (Flisch et al., 2009)
110	Intervall Kotbandentmistung	Entmistungsintervall <2/Monat	%	0%	0%	Es wurde diejenige Kategorie „Entmistungsintervall 2/Monat“ für sämtliche Tiere übernommen, bei welcher keine Korrektur der Emissionsrate erfolgt.
111		Entmistungsintervall 2/Monat	%	100%	100%	
112		Entmistungsintervall <3-4/Monat	%	0%	0%	
113		Entmistungsintervall >4/Monat	%	0%	0%	
114	Aufstallung	Kotbandentmistung	%	25%	30%	
115		Kotgrube	%	15%	10%	Es wurde angenommen, dass das System Kotbandentmistung zunimmt zulasten der Systeme Bodenhaltung und Kotgrube.
116		Bodenhaltung	%	60%	60%	
117	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	70%	65%	
118		Nippeltränken	%	30%	35%	Zwischen 2002 und 2007 wurde eine Zunahme der Nippeltränken beobachtet und dementsprechend für 1990/95 extrapoliert.
119	Junghennen					
120	Intervall Kotbandentmistung	Entmistungsintervall <2/Monat	%	0%	0%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 110 bis 113
121		Entmistungsintervall 2/Monat	%	100%	100%	
122		Entmistungsintervall <3-4/Monat	%	0%	0%	
123		Entmistungsintervall >4/Monat	%	0%	0%	
124	Aufstallung	Kotbandentmistung	%	5%	25%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 114bis 116
125		Kotgrube	%	0%	0%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
126.		Bodenhaltung	%	95%	75%	
127.	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	100%	95%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 117 bis 118
128.		Nippeltränken	%	0%	5%	
129.	Mastpoulets					
130.	N-Ausscheidung		kg/a	0.4	0.4	N-Ausscheidung 1990/95 gemäss GRUDAF von 2001 (Walther et al., 2001)
131.	Aufstallung	Bodenhaltung	%	100%	100%	
132.	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	100%	60%	Zwischen 2002 und 2007 wurde eine Zunahme der Nippeltränken beobachtet und dementsprechend für 1990/95 extrapoliert.
133.		Nippeltränken	%	0%	40%	

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95
	Güllelager					
134.	Abdeckung des Güllelagers	keine Abdeckung	m ³	1'608'360/ 13%	1'930'240/ 13%	Das Volumen für Güllelager wurde von Saxer et al. (2004) übernommen (Jahre: 1990; 1996 für 1995). Für 2002/07 ist das Volumen nur für die Betriebe der Umfrage angegeben. Der Anteil der Lager ohne Abdeckung sowie mit fester Abdeckung. Als Grundlage für die Schätzung der Abdeckung der Güllelager wurde eine Umfrage (vgl. Kap.Schätzung der Abdeckung der Güllelager, Seite 102) verwendet. Für 1990 und 1995 wurde der gleiche Wert angenommen. Zum Vergleich: Saxer et al. (2004) geben für 2003 einen Anteil von ungedeckten Lagern von 12 % an.
135.	Abdeckung des Güllelagers	Fest (Beton, Holz)	m ³	10'763'640/ 87%	12'917'760/ 87%	
136.	Abdeckung des Güllelagers	perforiert	m ³	0%	0%	
137.	Abdeckung des Güllelagers	Folien / Folienzelt	m ³	0%	0%	
138.	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmfolie	m ³	0%	0%	
139.	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmschicht	m ³	0%	0%	
140.	Lager 1	enthält Rindergülle	%	ja	ja	Es wurde angenommen, dass heute im Vergleich zu den 1990er Jahren die Spezialisierung der Betriebe geringer und dementsprechend mehr Mischgülle vorhanden war.
141.		enthält Schweinegülle	%	ja	ja	
142.		Tiefe des Güllelagers	m	2.5	2.5	Annahme: ähnliche Werte wie 2002
143.	Lager 2	enthält Rindergülle	%	ja	ja	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 140/141

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95
144.	enthält Schweinegülle	%	ja	ja	
145.	Tiefe des Güllelagers	m	2.0	2.2	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 142
146.	Anteil direkt ausgebrachter Mist	Geflügel	0%	0%	Es wurde angenommen, dass in den 1990er Jahren im Vergleich heute der Anteil direkt ausgebrachter Mist geringer war.
147.		Rindvieh	0%	5%	
148.		Schweine	0%	0%	
Hofdüngerausbringung					
149.	Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer	%	100%	100%	Emissionsmindernde Ausbringsysteme waren vor 1995 kaum vorhanden.
150.	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschlauch	%	0%	0%	
151.	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh	%	0%	0%	
152.	Anteil Gülleausbringung mit Gülledrill	%	0%	0%	
153.	Anteil Gülleausbringung mittels tiefer Injektion	%	0%	0%	
154.	Gülleverdünnung (Liter Wasser / Liter unverdünnte Gülle)	%	1.0	1.0	Annahme: geringere Verdünnung als 2002
155.	Mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe	m ³	30	30	Annahme: leicht höhere Menge als 2002
156.	Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00	%	5%	5%	Annahme: deutlich tiefere Werte als 2002
157.	Bringen Sie Gülle an für die Jahreszeit besonders warmen Tagen aus?		manchmal		Es wurde generell der Standardwert eingesetzt
158.	Ausbringung von Gülle im Sommer (Juni, Juli, August)	%	52%	52%	Annahme: geringe Veränderung der Ausbringung im Jahresverlauf
159.	Ausbringung von Gülle von September bis und mit Mai	%	48%	48%	
160.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Stunde	%	0%	0%	Die Zahlen der Umfragen von 2002/07 weisen auf eine leichte Zunahme der Einarbeitung von Mist nach dem Ausbringen hin. Für 1990/95 wurden leicht niedrigere Werte im Vergleich zu 2002 angenommen.
161.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 4 Stunden	%	0%	0%	
162.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 8 Stunden	%	0%	0%	
163.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Tag	%	15%	15%	
164.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 3 Tagen	%	20%	20%	
165.	Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von mehr als 3 Tagen	%	10%	10%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95
166	Keine Einarbeitung von Mist	%	55%	55%	
167	Ausbringung von Mist im Sommer (Juni, Juli, August)	%	21%	21%	Annahme: geringe Veränderung der Ausbringung im Jahresverlauf
168	Ausbringung von Mist von September bis und mit Mai	%	79%	79%	

Schätzung der Abdeckung der Güllelager¹⁰

Zwecks Schätzung der Abdeckung der Güllelager wurden verschiedene kantonale Stellen der Kantone Freiburg, Bern, Solothurn, Aargau und Luzern bezüglich Daten oder Schätzungen zum Anteil offener Lagerbehälter zum Zeitpunkt 1990 und 2000 angefragt (Tabelle 1).

Tabelle A1. Anteil offener Lagerbehälter 1990 und 2000.

Kanton	Befragte Personen	Grundlage	Anteil offener Lager 1990	Anteil offener Lager 2000
FR	P. Dougoud	Schätzung	max. 10%	max. 20%
BE	M. Andrini, S. Schär	Schätzung	5%	20-30%
SO	E. Gisiger	Ausgewertete Umfrage	0%	4%
AG	D. Schärer,	Ausgewertete Umfrage	ca. 10%	ca. 12%
LU	F. Birrer	Schätzung	25%	20-30%

Um zu einem gesamtschweizerischen Mittelwert zum Anteil offener Lagerbehälter im 1990 zu gelangen, wurden die Angaben und Schätzungen in der Tabelle A1 mit dem jeweiligen Lagervolumen im Jahr 1990 gewichtet und daraus ein gewichteter Mittelwert für den Anteil der offenen Lagerbehälter für die 5 Kantone berechnet (Tabelle A2). Der so berechnete Anteil offener Lagerbehälter von 13 % für 1990 stimmt sehr gut mit der im Reviewbericht geschätzten Zunahme der offenen Lagerbehälter seit 1990 von 34-67 % (bzw. Anteil offener Lager in 1990 von 12-15 % bei einem Anteil von 20 % im 2000) überein.

Für 1990 wurde deshalb von einem gesamtschweizerischen Anteil offener Lagerbehälter von 13 % ausgegangen.

Tabelle A2. Berechnung des gesamtschweizerischen Anteils offener Lagerbehälter für 1990 mit Hilfe von Schätzungen und Angaben einzelner Kantone.

	Lagervolumen 1990 total gemäss BFS (m ³)	Anteil offener Lager gemäss Angaben Tabelle 1	Anteil am gesamt- schweizerischen Lagervolumen	Volumen offener Lager (m ³)
FR	691'784	10 %	6 %	69'178
BE	2'502'173	5 %	20 %	125'109
SO	295'790	0 %	2 %	-
AG	878'946	10 %	7 %	87'895
LU	2'257'430	25 %	18 %	564'358
CH gew. Ø	12'372'276		54 %	13 %

¹⁰ Übernommen aus dem Dokument „Vorgenommene Anpassungen für die Berechnung neuer Zeitreihen für die landwirtschaftlichen NH₃ Emissionen“; Beat Reidy und Harald Menzi, SHL Zollikofen, 2006

7.7 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2010

Tierkategorie	Emission (kt NH ₃ -N/Jahr)							Fluss N _{tot} (kt N/Jahr)									Fluss TAN (kt N/Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.52	5.59	2.68	1.08	9.69	1.68	21.2	63.7	10.8	52.9	38.9	8.46	36.2	7.38	26.5	5.70	10.3	36.7	6.24	30.4	20.2	4.66	19.4	2.15	9.69	0.47	5.72
Mutterkühe	0.14	0.99	0.29	0.17	0.91	0.29	2.78	8.90	2.89	6.02	3.66	1.37	3.37	1.20	2.46	0.92	2.74	5.34	1.73	3.61	1.87	0.75	1.76	0.35	0.85	0.06	1.59
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.06	0.61	0.14	0.22	0.57	0.32	1.91	5.66	1.22	4.44	2.18	1.65	2.04	1.44	1.47	1.12	1.16	3.40	0.73	2.67	1.14	0.91	1.11	0.42	0.54	0.10	0.67
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.15	0.77	0.25	0.20	0.83	0.31	2.51	8.51	2.92	5.59	3.26	1.56	3.01	1.36	2.18	1.05	2.77	5.11	1.75	3.36	1.72	0.87	1.62	0.40	0.79	0.09	1.61
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.10	0.57	0.18	0.16	0.77	0.26	2.04	6.55	2.01	4.55	2.72	1.26	2.55	1.10	1.78	0.83	1.91	3.93	1.20	2.73	1.46	0.71	1.40	0.33	0.64	0.06	1.10
Mutterkuhkälber	0.03	0.35	0.06	0.11	0.35	0.15	1.05	3.00	0.63	2.37	1.17	0.85	1.12	0.74	0.76	0.59	0.59	1.80	0.38	1.42	0.61	0.46	0.61	0.21	0.26	0.06	0.34
Masttiere	0.01	0.61	0.19	0.21	0.55	0.27	1.82	4.79	0.19	4.60	2.45	1.54	2.26	1.34	1.71	1.07	0.18	2.87	0.11	2.76	1.30	0.85	1.23	0.39	0.68	0.12	0.10
Mastkälber	0.00	0.15	0.01	0.13	0.06	0.17	0.52	1.29	0.00	1.29	0.21	0.93	0.19	0.80	0.14	0.63	0.00	0.78	0.00	0.77	0.11	0.51	0.11	0.23	0.05	0.06	0.00
Säugende Sauen	-	0.34	0.07	0.00	0.17	0.00	0.58	1.38	-	1.38	1.04	0.00	0.97	0.00	0.80	0.00	-	0.97	-	0.97	0.63	0.00	0.60	0.00	0.43	0.00	-
Galtsauen	0.00	0.67	0.11	0.00	0.23	0.00	1.01	2.09	0.00	2.09	1.42	0.00	1.31	0.00	1.08	0.00	0.00	1.46	0.00	1.46	0.79	0.00	0.74	0.00	0.51	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.39	0.07	0.01	0.19	0.00	0.66	1.53	0.00	1.53	1.11	0.03	1.04	0.02	0.85	0.02	0.00	1.07	0.00	1.07	0.67	0.01	0.63	0.00	0.45	0.00	0.00
Eber	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.07	0.00	0.07	0.05	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	2.50	0.38	0.00	1.32	0.00	4.20	9.53	0.01	9.51	7.01	0.00	6.63	0.00	5.32	0.00	0.01	6.67	0.01	6.66	4.16	0.00	4.06	0.00	2.75	0.00	0.01
Legehennen	0.05	0.33	-	0.11	-	0.20	0.69	1.95	0.12	1.83	-	1.50	-	1.39	-	1.19	0.07	1.17	0.07	1.10	-	0.77	-	0.66	-	0.45	0.02
Junghennen	0.00	0.04	-	0.02	-	0.03	0.09	0.29	0.00	0.28	-	0.24	-	0.22	-	0.19	0.00	0.17	0.00	0.17	-	0.13	-	0.11	-	0.08	0.00
Mastpoulets	0.00	0.31	-	0.06	-	0.31	0.68	2.51	0.01	2.50	-	2.20	-	2.13	-	1.83	0.00	1.51	0.00	1.50	-	1.20	-	1.13	-	0.82	0.00
Masttruten	0.00	0.01	-	0.00	-	0.01	0.02	0.08	0.00	0.08	-	0.07	-	0.07	-	0.06	0.00	0.05	0.00	0.05	-	0.04	-	0.03	-	0.03	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	-	0.01	-	0.00	-	0.00	0.00
Pferde über 3-jährig	0.03	0.23	-	0.12	-	0.14	0.52	2.35	0.57	1.78	-	1.55	-	1.42	-	1.28	0.54	0.94	0.23	0.71	-	0.48	-	0.21	-	0.07	0.20
Pferde unter 3-jährig	0.01	0.03	-	0.02	-	0.02	0.07	0.36	0.12	0.24	-	0.21	-	0.19	-	0.18	0.12	0.15	0.05	0.10	-	0.06	-	0.03	-	0.01	0.04
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.00	0.03	-	0.01	-	0.02	0.07	0.32	0.07	0.25	-	0.22	-	0.21	-	0.18	0.06	0.13	0.03	0.10	-	0.07	-	0.03	-	0.01	0.02
Schafe	0.06	0.27	-	0.17	-	0.19	0.70	3.42	1.18	2.24	-	1.97	-	1.80	-	1.60	1.12	1.37	0.47	0.90	-	0.62	-	0.27	-	0.08	0.41
Milchschafe	0.00	0.03	-	0.01	-	0.02	0.06	0.26	0.06	0.20	-	0.17	-	0.16	-	0.14	0.06	0.10	0.02	0.08	-	0.05	-	0.02	-	0.01	0.02
Ziegen	0.00	0.09	-	0.06	-	0.06	0.21	0.88	0.09	0.79	-	0.70	-	0.64	-	0.58	0.08	0.35	0.04	0.32	-	0.22	-	0.10	-	0.04	0.03

7.8 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.88	9.50	4.54	1.83	16.4	2.85	36.0	108	18.3	89.8	66.0	14.4	61.5	12.5	45.0	9.67	17.4	62.3	10.6	51.7	34.3	7.91	32.9	3.65	16.5	0.79	9.72
Mutterkühe	1.29	8.87	2.60	1.50	8.15	2.59	25.0	80.0	26.0	54.0	32.9	12.3	30.3	10.8	22.1	8.23	24.7	48.0	15.6	32.4	16.8	6.76	15.8	3.16	7.65	0.57	14.3
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.27	2.69	0.62	0.95	2.53	1.40	8.45	25.0	5.38	19.6	9.62	7.31	9.01	6.36	6.48	4.96	5.11	15.0	3.23	11.8	5.05	4.03	4.89	1.85	2.36	0.45	2.96
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.68	3.63	1.17	0.95	3.89	1.46	11.8	40.0	13.7	26.3	15.3	7.32	14.2	6.38	10.3	4.91	13.0	24.0	8.23	15.8	8.06	4.07	7.62	1.87	3.73	0.41	7.55
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.84	4.76	1.50	1.36	6.44	2.20	17.1	55.0	16.8	38.2	22.9	10.6	21.4	9.19	14.9	6.99	16.0	33.0	10.1	22.9	12.2	5.92	11.8	2.74	5.35	0.53	9.26
Mutterkuhkälber	0.35	3.96	0.63	1.27	4.01	1.69	11.9	34.0	7.10	26.9	13.3	9.64	12.7	8.38	8.66	6.69	6.74	20.4	4.26	16.1	6.92	5.26	6.93	2.40	2.92	0.71	3.90
Masttiere	0.07	4.21	1.29	1.42	3.76	1.84	12.6	33.0	1.31	31.7	16.9	10.6	15.6	9.21	11.8	7.37	1.24	19.8	0.78	19.0	8.96	5.85	8.46	2.66	4.70	0.82	0.72
Mastkälber	0.00	1.54	0.14	1.30	0.56	1.73	5.27	13.0	0.03	13.0	2.08	9.35	1.94	8.05	1.38	6.32	0.03	7.80	0.02	7.78	1.11	5.14	1.06	2.30	0.50	0.57	0.02
Säugende Sauen	-	10.0	2.16	0.01	4.99	0.00	17.2	41.2	-	41.2	31.1	0.05	29.0	0.04	24.0	0.03	-	28.8	-	28.8	18.8	0.03	17.9	0.01	12.9	0.00	-
Galtsauen	0.00	6.34	1.02	0.00	2.18	0.00	9.54	19.7	0.03	19.7	13.4	0.00	12.3	0.00	10.2	0.00	0.03	13.8	0.02	13.8	7.45	0.00	7.02	0.00	4.84	0.00	0.02
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	1.11	0.21	0.02	0.54	0.00	1.89	4.36	0.00	4.36	3.17	0.08	2.95	0.06	2.41	0.05	0.00	3.05	0.00	3.05	1.90	0.04	1.81	0.01	1.27	0.01	0.00
Eber	0.02	5.56	0.89	0.04	2.07	0.00	8.58	18.2	0.12	18.0	12.3	0.15	11.4	0.11	9.36	0.11	0.10	12.7	0.08	12.6	6.98	0.08	6.63	0.03	4.55	0.02	0.07
Mastschweine und Remonten	0.00	3.17	0.48	0.00	1.67	0.00	5.33	12.1	0.02	12.1	8.90	0.00	8.41	0.00	6.74	0.00	0.02	8.46	0.01	8.45	5.28	0.00	5.16	0.00	3.49	0.00	0.01
Legehennen	0.02	0.14	-	0.04	-	0.08	0.28	0.80	0.05	0.75	-	0.61	-	0.57	-	0.49	0.03	0.48	0.03	0.45	-	0.31	-	0.27	-	0.19	0.01
Junghennen	0.00	0.05	-	0.02	-	0.03	0.10	0.31	0.00	0.31	-	0.26	-	0.24	-	0.21	0.00	0.19	0.00	0.18	-	0.14	-	0.12	-	0.09	0.00
Mastpoulets	0.00	0.06	-	0.01	-	0.06	0.12	0.45	0.00	0.45	-	0.39	-	0.38	-	0.33	0.00	0.27	0.00	0.27	-	0.21	-	0.20	-	0.15	0.00
Masttruten	0.01	0.18	-	0.05	-	0.14	0.38	1.40	0.03	1.37	-	1.19	-	1.14	-	1.00	0.02	0.84	0.02	0.82	-	0.64	-	0.59	-	0.46	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	-	0.04	-	0.08	0.21	0.56	0.01	0.55	-	0.47	-	0.43	-	0.35	0.00	0.34	0.00	0.33	-	0.25	-	0.21	-	0.13	0.00
Pferde über 3-jährig	0.54	4.33	-	2.32	-	2.59	9.78	44.0	10.7	33.3	-	28.9	-	26.6	-	24.0	10.2	17.6	4.29	13.3	-	8.98	-	4.00	-	1.40	3.76
Pferde unter 3-jährig	0.71	3.70	-	1.98	-	1.95	8.33	42.0	14.1	27.9	-	24.2	-	22.2	-	20.2	13.4	16.8	5.65	11.2	-	7.45	-	3.28	-	1.34	4.94
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.16	1.56	-	0.73	-	1.19	3.65	15.7	3.25	12.5	-	10.9	-	10.2	-	8.97	3.09	6.28	1.30	4.98	-	3.42	-	1.61	-	0.42	1.14
Schafe	0.26	1.19	-	0.75	-	0.85	3.05	15.0	5.18	9.82	-	8.63	-	7.88	-	7.03	4.92	6.00	2.07	3.93	-	2.74	-	1.19	-	0.34	1.81
Milchschafe	0.24	2.13	-	1.00	-	1.38	4.76	21.0	4.80	16.2	-	14.1	-	13.1	-	11.7	4.56	8.40	1.92	6.48	-	4.35	-	2.01	-	0.62	1.68
Ziegen	0.08	1.68	-	1.11	-	1.01	3.88	16.0	1.60	14.4	-	12.7	-	11.6	-	10.6	1.52	6.40	0.64	5.76	-	4.08	-	1.78	-	0.77	0.56

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.9 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.92	8.75	4.29	1.73	18.0	2.75	36.5	108	19.2	89.0	66.7	13.6	62.4	11.9	44.4	9.12	18.2	62.5	11.1	51.4	35.1	7.54	34.0	3.49	16.0	0.74	10.17
Mutterkühe	1.15	9.69	2.42	1.76	9.09	2.79	26.9	80.0	23.2	56.8	33.5	13.7	31.0	11.9	21.9	9.11	22.0	48.0	13.9	34.1	16.9	7.50	16.1	3.44	7.04	0.65	12.8
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.29	2.41	0.64	0.99	2.60	1.53	8.46	25.0	5.81	19.2	9.15	7.62	8.51	6.63	5.91	5.10	5.52	15.0	3.49	11.5	4.88	4.22	4.66	1.94	2.06	0.41	3.20
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.73	3.22	1.16	0.96	4.13	1.53	11.7	40.0	14.6	25.4	14.8	7.38	13.6	6.42	9.49	4.89	13.9	24.0	8.77	15.2	7.88	4.13	7.41	1.90	3.27	0.37	8.04
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.87	4.38	1.77	1.32	6.54	2.25	17.1	55.0	17.5	37.5	22.6	10.5	20.8	9.22	14.3	6.97	16.6	33.0	10.5	22.5	12.2	5.95	11.5	2.77	4.91	0.52	9.62
Mutterkuhkälber	0.51	4.18	1.05	0.67	3.80	1.10	11.3	34.0	10.2	23.8	14.3	5.32	13.2	4.65	9.41	3.55	9.74	20.4	6.15	14.3	7.16	2.92	6.82	1.35	3.02	0.25	5.64
Masttiere	0.07	4.27	1.49	1.09	4.29	1.86	13.1	33.0	1.4	31.6	18.0	9.26	16.5	8.17	12.3	6.32	1.36	19.8	0.86	18.9	9.58	5.09	8.93	2.40	4.64	0.54	0.79
Mastkälber	0.00	1.61	0.12	1.20	0.71	1.66	5.31	13.0	0.0	13.0	2.59	8.78	2.46	7.58	1.76	5.92	0.02	7.80	0.01	7.79	1.35	4.82	1.35	2.17	0.64	0.51	0.01
Säugende Sauen	0.02	8.84	2.20	0.05	6.66	0.01	17.8	44.2	0.2	44.0	35.0	0.19	32.8	0.14	26.1	0.13	0.13	30.9	0.11	30.8	21.9	0.11	21.0	0.03	14.3	0.03	0.08
Galtsauen	0.03	6.16	0.64	0.00	2.37	0.00	9.21	19.4	0.2	19.2	13.0	0.01	12.4	0.01	10.0	0.01	0.17	13.6	0.14	13.4	7.28	0.01	7.21	0.00	4.83	0.00	0.11
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.87	0.22	0.01	0.66	0.00	1.76	4.42	0.0	4.40	3.5	0.02	3.29	0.02	2.62	0.02	0.01	3.09	0.01	3.08	2.19	0.01	2.11	0.00	1.44	0.00	0.01
Eber	0.03	5.33	0.67	-	2.34	-	8.37	17.5	0.2	17.3	12.0	-	11.3	-	9.0	-	0.17	12.3	0.14	12.1	6.79	-	6.63	-	4.30	-	0.11
Mastschweine und Remonten	0.02	3.27	0.52	0.00	1.73	0.00	5.54	11.9	0.2	11.7	8.4	0.00	7.92	0.00	6.2	0.00	0.15	8.32	0.12	8.20	4.93	0.00	4.41	0.00	2.68	0.00	0.10
Legehennen	0.02	0.11	-	0.07	-	0.08	0.28	0.80	0.1	0.74	-	0.63	-	0.56	-	0.48	0.03	0.48	0.04	0.44	-	0.33	-	0.26	-	0.19	0.01
Junghennen	0.00	0.05	-	0.03	-	0.02	0.11	0.31	0.0	0.31	-	0.25	-	0.22	-	0.20	0.00	0.19	0.00	0.18	-	0.13	-	0.10	-	0.08	0.00
Mastpoulets	0.00	0.05	-	0.02	-	0.04	0.12	0.45	0.0	0.44	-	0.39	-	0.37	-	0.33	0.00	0.27	0.00	0.27	-	0.21	-	0.19	-	0.15	0.00
Masttruten	0.02	0.20	-	0.06	-	0.20	0.48	1.40	0.0	1.36	-	1.16	-	1.09	-	0.89	0.02	0.84	0.03	0.81	-	0.61	-	0.55	-	0.35	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	-	0.05	-	0.05	0.19	0.56	0.0	0.54	-	0.46	-	0.41	-	0.36	0.01	0.34	0.01	0.33	-	0.25	-	0.19	-	0.15	0.00
Pferde über 3-jährig	0.40	4.66	-	2.75	-	2.84	10.7	44.0	7.96	36.0	-	31.4	-	28.6	-	25.8	7.57	17.6	3.19	14.4	-	9.75	-	4.20	-	1.36	2.79
Pferde unter 3-jährig	0.80	3.24	-	2.05	-	1.82	7.9	42.0	16.1	25.9	-	22.7	-	20.6	-	18.8	15.3	16.8	6.43	10.4	-	7.12	-	3.05	-	1.23	5.63
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.19	1.54	-	0.84	-	0.91	3.48	15.7	3.89	11.8	-	10.3	-	9.4	-	8.52	3.70	6.28	1.56	4.72	-	3.18	-	1.41	-	0.50	1.36
Schafe	0.30	1.06	-	0.66	-	0.82	2.84	15.0	6.02	9.0	-	7.92	-	7.26	-	6.44	5.72	6.00	2.41	3.59	-	2.53	-	1.12	-	0.31	2.11
Milchschafe	0.25	2.06	-	1.29	-	1.21	4.81	21.0	5.06	15.9	-	13.9	-	12.6	-	11.4	4.80	8.40	2.02	6.38	-	4.32	-	1.82	-	0.61	1.77
Ziegen	0.06	1.71	-	0.61	-	1.60	3.98	16.0	1.14	14.9	-	13.2	-	12.5	-	10.9	1.08	6.40	0.46	5.94	-	4.24	-	2.17	-	0.57	0.40

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.10 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.90	6.79	4.06	2.63	17.1	2.44	33.9	104	18.60	85.0	62.6	15.6	58.5	13.0	41.4	10.53	17.69	60.5	10.9	49.6	34.1	8.78	32.9	3.69	15.8	1.25	9.98
Mutterkühe	1.56	7.19	2.32	2.33	6.95	2.19	22.5	80.0	31.3	48.7	27.3	14.2	25.0	11.9	18.1	9.67	29.7	48.0	18.8	29.2	14.3	7.79	13.2	3.28	6.29	1.09	17.2
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.34	2.06	0.50	1.43	2.13	1.29	7.76	25.0	6.76	18.2	7.55	8.63	7.05	7.20	4.91	5.90	6.42	15.0	4.05	10.9	4.10	4.78	3.94	2.01	1.81	0.72	3.72
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.76	2.60	0.86	1.41	3.91	1.30	10.9	40.0	15.4	24.6	13.6	8.40	12.8	6.99	8.87	5.69	14.59	24.0	9.21	14.8	7.47	4.71	7.23	1.98	3.32	0.68	8.45
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.95	3.61	1.31	1.89	6.11	1.78	15.7	55.0	19.1	35.9	21.0	11.2	19.7	9.31	13.6	7.53	18.2	33.0	11.5	21.5	11.6	6.31	11.2	2.65	5.12	0.87	10.53
Mutterkuhkälber	0.63	3.38	0.84	1.00	3.08	0.95	9.87	34.0	12.7	21.3	11.9	6.07	11.0	5.07	7.96	4.12	12.0	20.4	7.60	12.8	6.09	3.33	5.83	1.40	2.75	0.45	6.97
Masttiere	0.04	4.22	1.51	1.42	4.80	1.27	13.2	33.0	0.72	32.3	19.4	8.64	17.9	7.22	13.1	5.95	0.69	19.8	0.4	19.4	10.4	4.76	9.79	2.00	4.99	0.73	0.40
Mastkälber	0.00	1.47	0.16	1.47	0.70	1.21	5.03	13.0	0.04	13.0	2.53	8.96	2.37	7.48	1.66	6.27	0.04	7.80	0.0	7.77	1.39	4.92	1.34	2.07	0.63	0.85	0.02
Säugende Sauen	-	7.51	2.04	0.06	6.72	0.01	16.4	42.0	-	42.0	34.2	0.24	32.2	0.18	25.5	0.17	-	29.4	-	29.4	21.8	0.13	21.0	0.04	14.2	0.03	-
Galtsauen	0.00	5.48	0.79	0.00	2.52	0.00	8.80	19.0	0.01	19.0	13.5	0.00	12.7	0.00	10.2	0.00	0.01	13.3	0.0	13.3	7.80	0.00	7.59	0.00	5.06	0.00	0.01
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	-	0.87	0.24	0.00	0.64	0.00	1.76	4.60	-	4.60	3.70	0.03	3.45	0.03	2.82	0.02	-	3.22	-	3.22	2.33	0.02	2.23	0.01	1.59	0.00	-
Eber	0.01	4.77	0.85	0.01	2.31	0.01	7.96	17.1	0.04	17.1	12.2	0.07	11.4	0.06	9.06	0.05	0.03	12.0	0.0	11.9	7.14	0.04	6.79	0.02	4.48	0.01	0.02
Mastschweine und Remonten	0.00	3.49	0.86	0.01	1.70	0.00	6.07	13.0	0.02	13.0	9.46	0.03	8.60	0.02	6.90	0.02	0.02	9.1	0.0	9.08	5.58	0.01	4.72	0.01	3.01	0.01	0.01
Legehennen	0.02	0.10	-	0.09	-	0.09	0.29	0.80	0.04	0.76	-	0.66	-	0.57	-	0.48	0.02	0.48	0.0	0.46	-	0.35	-	0.27	-	0.18	0.01
Junghennen	0.00	0.10	-	0.02	-	0.02	0.14	0.31	0.00	0.31	-	0.21	-	0.19	-	0.17	0.00	0.19	0.0	0.19	-	0.09	-	0.07	-	0.05	0.00
Mastpoulets	0.00	0.06	-	0.02	-	0.05	0.12	0.45	0.00	0.45	-	0.39	-	0.37	-	0.32	0.00	0.27	0.0	0.27	-	0.21	-	0.19	-	0.15	0.00
Masttruten	0.02	0.20	-	0.05	-	0.15	0.42	1.40	0.04	1.36	-	1.16	-	1.10	-	0.96	0.02	0.84	0.0	0.81	-	0.61	-	0.56	-	0.42	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	-	0.05	-	0.05	0.18	0.56	0.02	0.54	-	0.47	-	0.42	-	0.37	0.01	0.34	0.0	0.33	-	0.25	-	0.20	-	0.15	0.00
Pferde über 3-jährig	0.46	4.47	-	2.84	-	2.25	10.0	44.0	9.12	34.9	-	30.4	-	27.6	-	25.32	8.67	17.6	3.65	14.0	-	9.48	-	3.98	-	1.73	3.19
Pferde unter 3-jährig	0.80	3.38	-	2.09	-	1.76	8.04	42.0	16.06	25.9	-	22.6	-	20.5	-	18.71	15.25	16.8	6.42	10.4	-	6.99	-	2.94	-	1.18	5.62
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.18	1.55	-	0.98	-	0.72	3.43	15.7	3.62	12.1	-	10.5	-	9.55	-	8.83	3.44	6.28	1.45	4.83	-	3.28	-	1.38	-	0.66	1.27
Schafe	0.25	1.23	-	0.83	-	0.74	3.05	15.0	5.03	10.0	-	8.74	-	7.92	-	7.18	4.77	6.00	2.01	3.99	-	2.76	-	1.16	-	0.42	1.76
Milchschafe	0.27	1.91	-	1.29	-	0.84	4.31	21.0	5.47	15.5	-	13.6	-	12.3	-	11.49	5.20	8.40	2.19	6.21	-	4.30	-	1.81	-	0.97	1.92
Ziegen	0.10	1.69	-	1.18	-	0.93	3.89	16.0	1.95	14.1	-	12.4	-	11.2	-	10.26	1.85	6.40	0.78	5.62	-	3.93	-	1.65	-	0.72	0.68

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.11 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.46	4.98	2.64	3.74	18.8	4.11	34.8	98.7	9.41	89.2	61.4	22.8	58.8	19.1	39.9	15.0	8.95	58.6	5.59	53.0	34.9	13.1	34.9	5.64	16.1	1.53	5.13
Mutterkühe	1.05	6.99	1.20	3.76	8.55	4.12	25.7	80.0	21.0	59.0	27.9	24.1	26.7	20.4	18.1	16.3	20.0	48.0	12.6	35.4	15.2	13.2	15.3	5.66	6.74	1.53	11.6
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.18	1.68	0.38	1.75	2.70	1.92	8.61	25.0	3.56	21.4	8.81	11.0	8.44	9.20	5.73	7.28	3.38	15.0	2.13	12.9	5.04	6.15	5.04	2.64	2.34	0.71	1.96
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.51	2.22	0.76	1.61	5.40	1.76	12.3	40.0	10.3	29.7	17.6	9.93	16.8	8.32	11.4	6.56	9.75	24.0	6.15	17.8	9.99	5.63	10.0	2.42	4.60	0.66	5.64
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.56	3.36	1.13	2.30	8.05	2.52	17.9	55.0	11.2	43.8	26.2	14.2	25.1	11.9	17.1	9.42	10.6	33.0	6.70	26.3	14.9	8.06	14.9	3.46	6.84	0.94	6.15
Mutterkuhkälber	0.44	2.97	0.51	1.60	3.63	1.75	10.9	34.0	8.92	25.1	11.8	10.26	11.3	8.66	7.71	6.91	8.48	20.4	5.35	15.0	6.47	5.61	6.50	2.40	2.87	0.65	4.91
Masttiere	-	3.58	0.84	1.55	6.01	1.70	13.7	33.0	-	33.0	19.6	9.81	18.8	8.27	12.7	6.57	-	19.8	-	19.8	10.8	5.43	10.8	2.33	4.82	0.63	-
Mastkälber	-	1.28	0.08	1.57	0.55	1.72	5.20	13.0	-	13.0	1.79	9.93	1.71	8.36	1.16	6.64	-	7.80	-	7.80	1.02	5.50	1.02	2.36	0.47	0.64	-
Säugende Sauen	-	8.09	1.69	-	8.48	-	18.3	47.6	-	47.6	39.5	-	37.8	-	29.3	-	-	33.3	-	33.3	25.2	-	24.9	-	16.5	-	-
Galtsauen	-	4.33	0.86	-	4.28	-	9.47	24.3	-	24.3	20.0	-	19.1	-	14.8	-	-	17.0	-	17.0	12.7	-	12.5	-	8.26	-	-
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	-	0.78	0.16	-	0.82	-	1.77	4.60	-	4.60	3.82	-	3.65	-	2.83	-	-	3.22	-	3.2	2.44	-	2.41	-	1.59	-	-
Eber	-	3.49	0.73	-	3.65	-	7.87	20.5	-	20.5	17.0	-	16.3	-	12.6	-	-	14.4	-	14.4	10.9	-	10.7	-	7.10	-	-
Mastschweine und Remonten	-	2.96	0.59	-	2.94	-	6.50	16.7	-	16.7	13.7	-	13.1	-	10.2	-	-	11.7	-	11.7	8.71	-	8.12	-	5.18	-	-
Legehennen	0.00	0.20	-	0.04	-	0.07	0.32	0.71	0.00	0.71	-	0.50	-	0.46	-	0.39	0.0	0.43	0.0	0.42	-	0.22	-	0.18	-	0.11	0.00
Junghennen	0.00	0.11	-	0.02	-	0.03	0.16	0.34	0.00	0.34	-	0.23	-	0.21	-	0.18	0.0	0.20	0.0	0.20	-	0.10	-	0.08	-	0.05	0.00
Mastpoulets	0.00	0.05	-	0.03	-	0.05	0.13	0.40	0.00	0.40	-	0.34	-	0.32	-	0.27	0.0	0.24	0.0	0.24	-	0.19	-	0.16	-	0.11	0.00
Masttruten	0.00	0.20	-	0.10	-	0.16	0.46	1.40	0.01	1.39	-	1.19	-	1.10	-	0.93	0.0	0.84	0.0	0.84	-	0.64	-	0.54	-	0.38	0.00
Übriges Geflügel	-	0.08	-	0.04	-	0.07	0.18	0.56	-	0.56	-	0.48	-	0.44	-	0.38	-	0.34	-	0.34	-	0.26	-	0.22	-	0.15	-
Pferde über 3-jährig	0.15	4.67	-	3.34	-	3.21	11.4	44.0	3.01	41.0	-	36.3	-	33.0	-	29.8	2.86	17.6	1.21	16.4	-	11.7	-	5.03	-	1.82	1.05
Pferde unter 3-jährig	0.14	4.46	-	3.19	-	3.06	10.9	42.0	2.88	39.1	-	34.7	-	31.5	-	28.4	2.73	16.8	1.15	15.6	-	11.2	-	4.80	-	1.74	1.01
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.05	1.67	-	1.19	-	1.14	4.06	15.7	1.08	14.6	-	13.0	-	11.8	-	10.6	1.02	6.28	0.43	5.85	-	4.18	-	1.79	-	0.65	0.38
Schafe	0.23	1.40	-	0.79	-	0.76	3.17	15.0	4.60	10.4	-	9.00	-	8.21	-	7.46	4.37	6.00	1.84	4.16	-	2.76	-	1.18	-	0.43	1.61
Milchschafe	0.12	2.17	-	1.50	-	1.44	5.23	21.0	2.40	18.6	-	16.4	-	14.9	-	13.5	2.28	8.40	0.96	7.44	-	5.27	-	2.26	-	0.82	0.84
Ziegen	0.11	1.71	-	1.09	-	1.04	3.95	16.0	2.18	13.8	-	12.1	-	11.0	-	9.98	2.07	6.40	0.87	5.53	-	3.82	-	1.64	-	0.59	0.76

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.12 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufh	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.39	4.11	2.10	4.39	18.5	4.28	33.7	96.1	7.93	88.1	58.6	25.4	56.5	21.0	38.1	16.7	7.54	57.2	4.73	52.5	33.7	14.6	34.1	6.15	15.7	1.87	4.34
Mutterkühe	1.05	6.23	1.06	3.79	9.34	3.70	25.2	80.0	21.0	59.0	29.7	23.0	28.6	19.2	19.3	15.5	20.0	48.0	12.6	35.4	16.5	12.6	16.8	5.31	7.41	1.61	11.6
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.18	1.49	0.31	1.91	2.73	1.86	8.48	25.0	3.52	21.5	8.68	11.3	8.4	9.40	5.64	7.54	3.34	15.0	2.11	12.9	5.03	6.37	5.08	2.67	2.35	0.81	1.93
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.51	1.96	0.61	1.85	5.37	1.80	12.1	40.0	10.1	29.9	17.1	10.8	16.4	8.99	11.1	7.19	9.64	24.0	6.09	17.9	9.80	6.15	9.91	2.58	4.55	0.78	5.58
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.55	2.91	0.93	2.55	8.21	2.49	17.6	55.0	11.0	44.0	26.1	15.0	25.2	12.4	16.9	9.94	10.5	33.0	6.61	26.4	15.0	8.50	15.2	3.57	6.94	1.08	6.06
Mutterkuhkälber	0.45	2.65	0.45	1.61	3.97	1.57	10.7	34.0	8.94	25.1	12.6	9.79	12.2	8.18	8.20	6.61	8.50	20.4	5.37	15.0	7.01	5.37	7.12	2.26	3.15	0.69	4.92
Masttiere	-	3.49	0.74	1.45	6.53	1.42	13.6	33.0	-	33.0	20.8	8.75	20.0	7.30	13.5	5.88	-	19.8	-	19.8	11.5	4.84	11.7	2.03	5.12	0.62	-
Mastkälber	-	1.25	0.06	1.67	0.54	1.63	5.15	13.0	-	13.0	1.72	10.0	1.7	8.36	1.12	6.74	-	7.80	-	7.80	0.99	5.56	1.00	2.33	0.46	0.71	-
Säugende Sauen	-	8.09	1.41	-	8.70	-	18.2	47.6	-	47.6	39.5	-	38.1	-	29.4	-	-	33.3	-	33.3	25.2	-	25.2	-	16.5	-	-
Galtsauen	-	4.13	0.72	-	4.44	-	9.29	24.3	-	24.3	20.1	-	19.4	-	15.0	-	-	17.0	-	17.0	12.9	-	12.9	-	8.43	-	-
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	-	0.78	0.14	-	0.84	-	1.76	4.60	-	4.60	3.8	-	3.7	-	2.84	-	-	3.22	-	3.2	2.44	-	2.44	-	1.60	-	-
Eber	-	3.49	0.61	-	3.75	-	7.85	20.5	-	20.5	17.0	-	16.4	-	12.7	-	-	14.4	-	14.4	10.9	-	10.9	-	7.12	-	-
Mastschweine und Remonten	-	2.89	0.51	-	3.11	-	6.51	17.0	-	17.0	14.1	-	13.6	-	10.5	-	-	11.9	-	11.9	9.01	-	8.51	-	5.40	-	-
Legehennen	-	0.21	-	0.04	-	0.06	0.32	0.71	-	0.71	-	0.50	-	0.45	-	0.39	-	0.43	-	0.43	-	0.21	-	0.17	-	0.11	-
Junghennen	-	0.12	-	0.02	-	0.03	0.17	0.34	-	0.34	-	0.22	-	0.20	-	0.17	-	0.20	-	0.20	-	0.09	-	0.07	-	0.04	-
Mastpoulets	-	0.06	-	0.03	-	0.04	0.13	0.40	-	0.40	-	0.34	-	0.31	-	0.27	-	0.24	-	0.24	-	0.18	-	0.15	-	0.11	-
Masttruten	-	0.20	-	0.11	-	0.15	0.46	1.40	-	1.40	-	1.20	-	1.09	-	0.94	-	0.84	-	0.84	-	0.64	-	0.53	-	0.38	-
Übriges Geflügel	-	0.08	-	0.04	-	0.06	0.18	0.56	-	0.56	-	0.48	-	0.44	-	0.38	-	0.34	-	0.34	-	0.26	-	0.21	-	0.15	-
Pferde über 3-jährig	0.15	4.67	-	3.52	-	3.00	11.3	44.0	3.01	41.0	-	36.3	-	32.8	-	29.8	2.86	17.6	1.21	16.4	-	11.7	-	4.92	-	1.92	1.05
Pferde unter 3-jährig	0.14	4.46	-	3.36	-	2.86	10.8	42.0	2.88	39.1	-	34.7	-	31.3	-	28.4	2.73	16.8	1.15	15.6	-	11.2	-	4.70	-	1.84	1.01
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.05	1.67	-	1.25	-	1.07	4.05	15.7	1.08	14.6	-	13.0	-	11.7	-	10.6	1.02	6.28	0.43	5.85	-	4.18	-	1.76	-	0.69	0.38
Schafe	0.23	1.40	-	0.83	-	0.71	3.16	15.0	4.60	10.4	-	9.00	-	8.17	-	7.46	4.37	6.00	1.84	4.16	-	2.76	-	1.16	-	0.45	1.61
Milchschafe	0.12	2.17	-	1.58	-	1.35	5.22	21.0	2.40	18.6	-	16.4	-	14.8	-	13.5	2.28	8.40	0.96	7.44	-	5.27	-	2.21	-	0.86	0.84
Ziegen	0.11	1.71	-	1.15	-	0.98	3.94	16.0	2.18	13.8	-	12.1	-	11.0	-	9.99	2.07	6.40	0.87	5.53	-	3.82	-	1.60	-	0.63	0.76

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.13 Abkürzungen

ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BTS	Besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme (BTS-Programm)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
CORINAIR	CORe Inventory of AIR emissions
DeNOx-System	Entstickungssystem
EF	Emissionsfaktor
EMIS	Schweizerische Luftschadstoff- und Klimagas-Emissionsinventar
EMEP	European Monitoring and Evaluation Program
EEA	European Environment Agency
EMPA	Eidgenössische Materialprüfanstalt
GVE	Grossvieheinheit
ha	Hektare (100m x100m)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kt	Kilo Tonne
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
N	Stickstoff
N ₂	Luftstickstoff, molekularer Stickstoff
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NFR	Nomenclature For Reporting
NH ₃ -N	Ammoniak-Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO _x	Stickoxide
N _{tot}	Gesamtstickstoff
OA	Offene Ackerfläche
RAUS	Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS-Programm)
RP	Rohprotein
SAEFL	Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape
HAFL	Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen
TAN	Englisch: Total Ammoniacal Nitrogen (NH ₃ -N + NH ₄ -N). Der TAN ist dem löslichen Stickstoff gleichzusetzen, da der Nitratgehalt an in Hofdüngern sehr niedrig ist.

ü. M.	über Meer
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
USG	Umweltschutzgesetz
VIKA-Klassen	Viehwirtschaftskataster-Klassen nach BLW

7.14 Glossar

Eingabeparameter	Parameter, die vom Benutzer ins Modell eingegeben werden: die Anzahl der Tiere, Angaben zur Fütterung, zu Weide, Aufstallung, Laufhof, zu den Hofdüngerlagern und zur Hofdüngerausbringung, sowie die Angaben zum Pflanzenbau.
Emissionsfaktor	Stickstoffmenge in kg, die innerhalb einer Emissionsstufe pro Nutztier oder als Total des Betriebs in Form von Ammoniak emittiert wird. Die Emissionsfaktoren dienen der Hochrechnung. Sie werden mittels Modellrechnung ermittelt.
Emissionsrate	Anteil des Stickstoffflusses in Prozent (für Güllelager in g/m ² Lageroberfläche), der innerhalb einer Emissionsstufe als Ammoniak emittiert wird. Die Emissionsraten basieren auf Daten aus der wissenschaftlichen Literatur und sind Teil der technischen Parameter des Modells.
Emissionsstufen	Stufen innerhalb des Betriebs, welche Ammoniakemissionen verursachen: Tierhaltung (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) und Pflanzenbau (mineralische N-Dünger, Recyclingdünger, landwirtschaftliche Nutzfläche).
Modellparameter	Eingabeparameter und technische Parameter
Technische Parameter	Die dem Modell zugrunde liegenden vorgegebenen Parameter (Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren).
UNECE	Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa