



# **Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020**

## **Emissions d'ammoniac agricoles en Suisse de 1990 à 2020**

## **Ammonia emissions from agriculture in Switzerland for 1990 to 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  
Oetiker+Partner AG**

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

31.03.2022

- Beauftragte:** **Berner Fachhochschule  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften  
Oetiker+Partner AG**
- Finanzierung:** **Bundesamt für Umwelt (BAFU),  
Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien**
- Autoren/-innen:** **Thomas Kupper  
Christoph Häni**  
Berner Fachhochschule  
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, HAFL,  
3052 Zollikofen
- Daniel Bretscher**  
Agroscope, 8046 Zürich
- Fritz Zaucker**  
Oetiker+Partner AG, 4600 Olten
- Beiträge von:** **Mamoun Bencheikh, Florian Kohler**  
Bundesamt für Statistik, BFS  
Kap. 2.2
- Begleitung durch  
Auftraggeber:** **Harald Menzi**  
Bundesamt für Umwelt, Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion  
Luftqualität, 3003 Bern
- Hinweis:** Diese Studie / dieser Bericht wurde im Auftrag des  
Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.  
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

## Inhalt

Zusammenfassung.....	5
Résumé.....	8
Summary.....	11
1 Einleitung und Zielsetzung.....	14
2 Material und Methoden.....	15
2.1 Landwirtschaftliche Emissionen: Modell und Berechnungsmethoden.....	15
2.1.1 Einführung.....	15
2.1.2 Modellgrundlagen.....	15
2.1.3 Modell Agrammon zur Berechnung der Emissionen.....	17
2.1.4 Neuerungen in der verwendeten Modellversion.....	19
2.1.5 Tierkategorien und Tierzahlen.....	20
2.1.6 Ausscheidung von N und TAN der Nutztiere.....	22
2.1.7 Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik.....	26
2.1.8 Einzelbetriebliche Berechnung.....	30
2.1.9 Berechnung von mittleren Emissionsfaktoren (Betriebs- und Tierkategorien).....	30
2.1.10 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz.....	32
2.2 Eingabedaten.....	32
2.2.1 Tierzahlen.....	32
2.2.2 Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen.....	33
2.2.3 Milchleistung.....	34
2.2.4 Produktionssysteme und -techniken.....	34
2.2.5 Ausbringung von mineralischen Stickstoffdüngern.....	37
2.2.6 Ausbringung von Recyclingdünger.....	39
2.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030.....	40
3 Resultate.....	41
3.1 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2019.....	41
3.1.1 Übersicht.....	41
3.1.2 Emissionen der einzelnen Tierkategorien und Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion.....	42
3.1.3 Emissionen des Pflanzenbaus.....	42
3.2 Entwicklung der Ammoniakemissionen 1990-2020.....	43
3.2.1 Einleitung.....	43
3.2.2 Landwirtschaftliche Emissionen.....	43
3.2.3 Emissionen der Tierproduktion.....	44
3.2.4 Hauptursachen für die Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion.....	47
3.2.5 Emissionen des Pflanzenbaus.....	48
3.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030.....	48
3.4 Einfluss methodischen Änderungen auf das Emissionsinventar.....	49
3.4.1 Hochrechnung der Emissionsfaktoren.....	50
3.4.2 Modelländerungen.....	50

4	Diskussion und Schlussfolgerungen .....	51
4.1	Entwicklung der Emissionen zwischen 1990 und 2020 .....	51
4.2	Modellierte Emissionen im Vergleich zu gemessenen Konzentrationen .....	52
4.3	Überprüfung von Emissionsraten und Unsicherheiten der Emissionsrechnung .....	53
4.4	Schlussfolgerungen .....	56
5	Verdankungen .....	56
6	Literatur .....	57
7	Anhang.....	62
7.1	Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019, 2020 und 2030 .....	62
7.1.1	Für die Berechnung der Ammoniakemissionen verwendete Tierzahlen der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019 und 2020 sowie für die Prognose 2030 .....	62
7.1.2	Herleitung der Tierkategorien 2002, 2007, 2010, 2015, 2019 .....	63
7.1.3	Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2010, 2011, 2016a, 2018).....	64
7.2	N-Ausscheidung nach GRUDAF 1994, 2001, 2009 und GRUD 2017 .....	67
7.3	Emissionsraten für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2019).....	68
7.4	Ausgebrachte Mengen und Emissionsraten von Recyclingdünger .....	69
7.4.1	Ausgebrachte Mengen .....	69
7.4.2	Emissionsraten .....	69
7.5	Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2019 .....	70
7.6	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2020 .....	91
7.7	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2019 .....	92
7.8	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2015 .....	93
7.9	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010 .....	94
7.10	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007 .....	95
7.11	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002 .....	96
7.12	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995 .....	97
7.13	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990 .....	98
7.14	Vollständige Zeitreihe der Ammoniakemissionen 1990-2020 .....	99
7.15	Einfluss der Änderungen zur Berechnung der Emissionsfaktoren für 2019.....	100
7.16	Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus 1990 - 2020 .....	101
7.16.1	Mineralische N-Dünger .....	101
7.16.2	Recyclingdünger.....	102
7.17	Abkürzungen.....	103
7.18	Glossar .....	104

## 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 gesamtschweizerischen landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen erfolgte für die Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019. Für die Rechnungen 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 wurden die relevanten produktionstechnischen Parameter mittels Umfragen ermittelt. Die verwendete repräsentative Stichprobe der Betriebe war in 32 Klassen aufgeteilt (3 Regionen, 3 Höhenstufen, 5 Betriebstypen). Insgesamt wurden die Daten von 1950 (2002), 3133 (2007), 2957 (2010), 2688 (2015) und 2639 Betrieben (2019) ausgewertet. Für jeden dieser Betriebe erfolgte eine Berechnung der Ammoniakemissionen mit dem Modell Agrammon. Die resultierenden mittleren Emissionsfaktoren (d.h. Stickstoffmenge pro Nutztier, die in Form von Ammoniak,  $\text{NH}_3$ , emittiert wird) für 24 Nutztierkategorien jeder Betriebsklasse wurden mit den Gesamtanzahlen der Schweiz hochgerechnet. Zusätzlich erfolgte die Berechnung der Emissionen aus dem Pflanzenbau. Die produktionstechnischen Parameter der Emissionsrechnungen für 1990 und 1995 basieren auf Angaben aus der Literatur und Expertenannahmen.

Im Jahr 2020 wurden aus der Landwirtschaft 41.3 kt Stickstoff (N) als Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) emittiert. Mit einem Anteil von 94% war sie Hauptverursacherin der gesamten Ammoniakemissionen (43.7 kt  $\text{NH}_3$ -N). Rund 2.4 kt  $\text{NH}_3$ -N bzw. 6% der Gesamtemissionen stammten aus nicht-landwirtschaftlichen Quellen (Industrie/Gewerbe, Verkehr, Haushalte, Abfallbewirtschaftung).

Innerhalb der Landwirtschaft trug die Tierproduktion mit einem Anteil von 93% (38.4 kt  $\text{NH}_3$ -N) am stärksten zu den Emissionen bei. Die Emissionen aus dem Pflanzenbau lagen bei 2.8 kt  $\text{NH}_3$ -N. Die Kategorien Rindvieh und Schweine trugen mit 29.5 kt  $\text{NH}_3$ -N und 5.6 kt  $\text{NH}_3$ -N am stärksten zu den Emissionen aus der Tierproduktion bei (77% bzw. 15% des Totals der Tierproduktion; Abb. Z-1a). Die Anteile von Geflügel (2.0 kt  $\text{NH}_3$ -N, 4.9%), der Pferde und anderen Equiden (0.5 kt  $\text{NH}_3$ -N, 1.2%) und der Kleinwiederkäuer (0.7 kt  $\text{NH}_3$ -N, 1.7%) waren relativ niedrig. Die Hofdüngerausbringung (Gülle und Mist) sowie Stall/Laufhof (44% bzw. 36% der Emissionen der Tierproduktion) waren die wichtigsten Emissionsstufen (Abb. Z-1b).

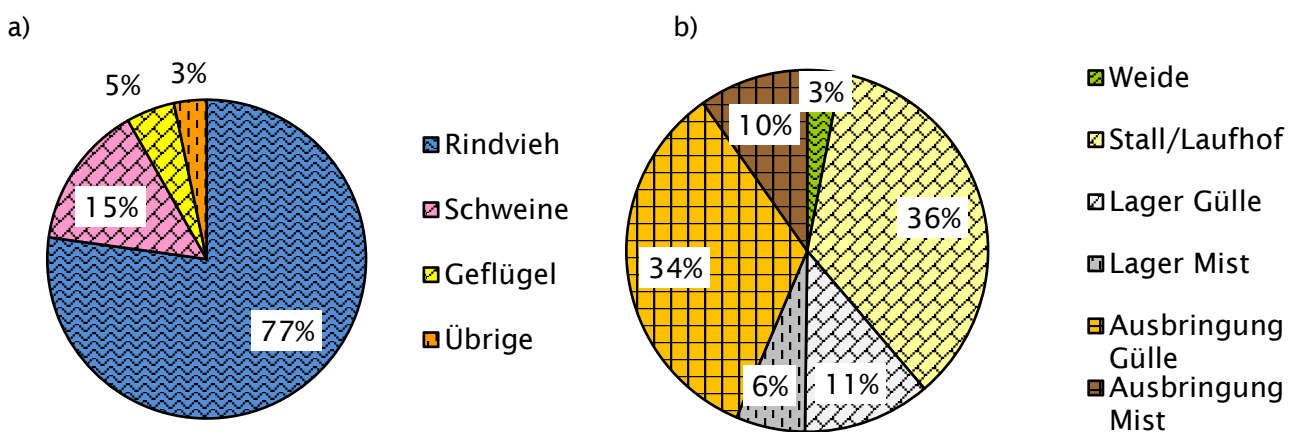


Abb. Z-1: Anteile der Haupttierkategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (a), Anteile der Emissionsstufen an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (b) für 2020

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

Die totalen Emissionen nahmen zwischen 1990 und 2020 um 22% und die landwirtschaftlichen Emissionen um 23% ab. Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Tierproduktion und dem Pflanzenbau gingen um 21% und 37% zurück. Die Abnahme der Emissionen des Rindviehs und der Schweine betrug 16% bzw. 49%. Die Emissionen von Geflügel lagen 2015 um 32%, diejenigen der übrigen Nutztiere um 27% über dem Stand von 1990 (Tab. Z-1).

Tab. Z-1: Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen von Tierproduktion und Pflanzenbau zwischen 1990 und 2020 in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr. Die fünf 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

Emissionen	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020	%					
	kt NH <sub>3</sub> -N /a												
Rindvieh	35.2	33.8	31.2	32.1	31.0	30.5	29.5	-4%	-11%	-9%	-12%	-13%	-16%
Schweine	11.0	9.7	8.1	7.6	6.9	6.2	5.6	-11%	-26%	-31%	-37%	-43%	-49%
Geflügel	1.5	1.3	1.2	1.6	1.6	1.7	2.0	-17%	-20%	2%	6%	7%	32%
Übrige Nutztiere*	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	9%	14%	30%	42%	27%	27%
Total Tierproduktion	48.8	45.9	41.7	42.6	41.0	39.7	38.4	-6%	-15%	-13%	-16%	-19%	-21%
Total Pflanzenbau	4.5	3.9	2.9	2.6	2.6	2.7	2.8	-12%	-36%	-41%	-41%	-39%	-37%
Total Landwirtschaft	53.3	49.9	44.5	45.2	43.7	42.4	41.3	-6%	-16%	-15%	-18%	-20%	-23%
Total nicht-Landwirtschaft	3.0	3.9	5.5	4.4	3.9	2.9	2.4	30%	84%	48%	29%	-4%	-19%
Total	56.3	53.8	50.1	49.6	47.5	45.3	43.7	-4%	-11%	-12%	-16%	-19%	-22%

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

Die Weideemissionen nahmen zwischen 1990 und 2020 um 85% und die Emissionen aus Stall/Laufhof um 19% zu. Die Anteile der NH<sub>3</sub>-Emissionen von Hofdüngerlager und -ausbringung gingen um 17% bzw. 41% zurück (Abb. Z-2). Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) betragen im Jahr 1990 40% und im Jahr 2020 53% der Emissionen aus der Tierproduktion.

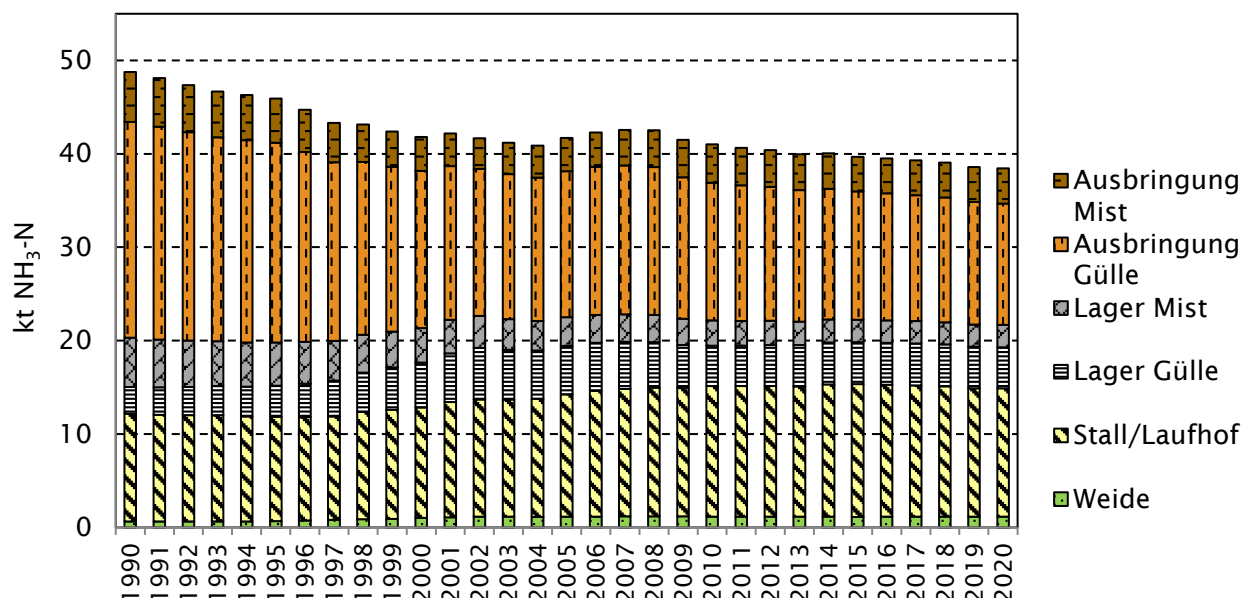


Abb. Z-2: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2020 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung in kt NH<sub>3</sub>-N.

Die zeitliche Entwicklung der Emissionen aus der Tierproduktion lässt sich weitgehend mit der Veränderung von Tierbeständen und Produktionstechnik erklären. Die Zunahme von Laufställen bei Rindvieh und Labelställen mit Mehrflächenbucht und Auslauf bei Schweinen, welche grössere emittierende Flächen aufweisen als die früher üblichen Systeme, führten zu einem Anstieg der Emissionen. Die Abnahme der Anzahl von Rindvieh und Schweinen um 18% bzw. 28%, die hauptsächlich zwischen 1990 und 2000 stattfand, bewirkte eine Verminderung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen, ebenso wie die Zunahme von Weide und emissionsmindernde Ausbringungstechniken für Gülle. Faktoren, die zu einer Emissionszunahme bzw. -abnahme führen, hoben sich im untersuchten Zeitraum weitgehend gegenseitig auf. Dies ist insbesondere ab ca. 2000 der Fall. Ohne Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen hätten die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Landwirtschaft in den letzten Jahren wieder zugenommen.

Die Emissionsrechnung erfolgte mit einer neuen Modellversion von Agrammon (6.0.1). Die Auswirkungen der damit verbundenen Änderungen auf die Gesamtemissionen der Landwirtschaft sind klein (Differenz von weniger als -1% im Vergleich zur Berechnung mit der früheren Version).

Der zeitliche Verlauf der seit dem Jahr 2000 durchgeführten Konzentrationsmessungen stimmt ausreichend gut mit der Entwicklung der modellierten Emissionen zwischen 2002 und 2020 überein. Davon ausgenommen sind die Jahre 2017-2020, in der die Konzentrationen hauptsächlich aufgrund der hohen mittleren Jahrestemperaturen von den modellierten Emissionen abweichen. Insgesamt lässt sich daraus schliessen, dass der Verlauf der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen mit dem Modell Agrammon adäquat berechnet wird.

## Résumé

En accord avec ses engagements internationaux (CEE-ONU), la Suisse est tenue de calculer périodiquement ses émissions d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et d'en rapporter les résultats. Ces accords visent à diminuer les apports en composés azotés dans les écosystèmes naturels ainsi que la formation de polluants gazeux secondaires.

Les émissions d'ammoniac totales provenant de l'agriculture suisse ont été déterminées pour les années 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 et 2019. Pour 2002, 2007, 2010, 2015 et 2019 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, 3 zones d'altitude, 5 types d'exploitation). Au total, les données de 1950 exploitations en 2002, de 3133 exploitations en 2007, de 2957 exploitations en 2010, de 2688 exploitations en 2015 et de 2639 exploitations en 2019 ont été collectées. Pour chaque exploitation de l'échantillon, les émissions ont été calculées avec le modèle Agrammon. Les facteurs d'émission moyens qui en ont résulté (soit la quantité d'azote relâchée sous forme d'ammoniac par animal) pour 24 catégories d'animaux de rente de chaque classe d'exploitation 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 2020, les émissions d'ammoniac provenant de l'agriculture se montaient à 41,3 kt d'azote ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ). L'agriculture est ainsi le principal contributeur avec 94 % des émissions totales (43,7 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ ). Environ 2,4 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , soit 6 % des émissions totales, provenaient de sources non agricoles (industrie/artisanat, trafic motorisé, ménages, gestion des déchets).

Au sein de l'agriculture, la production animale représentait la source majeure d'émissions (38,4 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) soit 93 % des émissions agricoles totales. Les émissions issues de la production végétale se montaient à 2,8 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Les catégories bovins et porcs constituaient, avec 29,5 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  et 5,6 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , la partie la plus importante des émissions en production animale, soit respectivement 77 % et 15 % ; fig. R-1 a). Les proportions des émissions produites par la volaille (2,0 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 4,9 %), les chevaux et autres équidés (0,5 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  ; 1,2 %) et les petits ruminants (0,7 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  ; 1,7 %) étaient relativement faibles. En 2020, l'épandage des engrais de ferme (lisier/purin et fumier) ainsi que les stabulations/parcours extérieurs constituaient les sources majeures, soit respectivement 44 % et 36 % des émissions provenant de la production animale (fig. R-1 b).

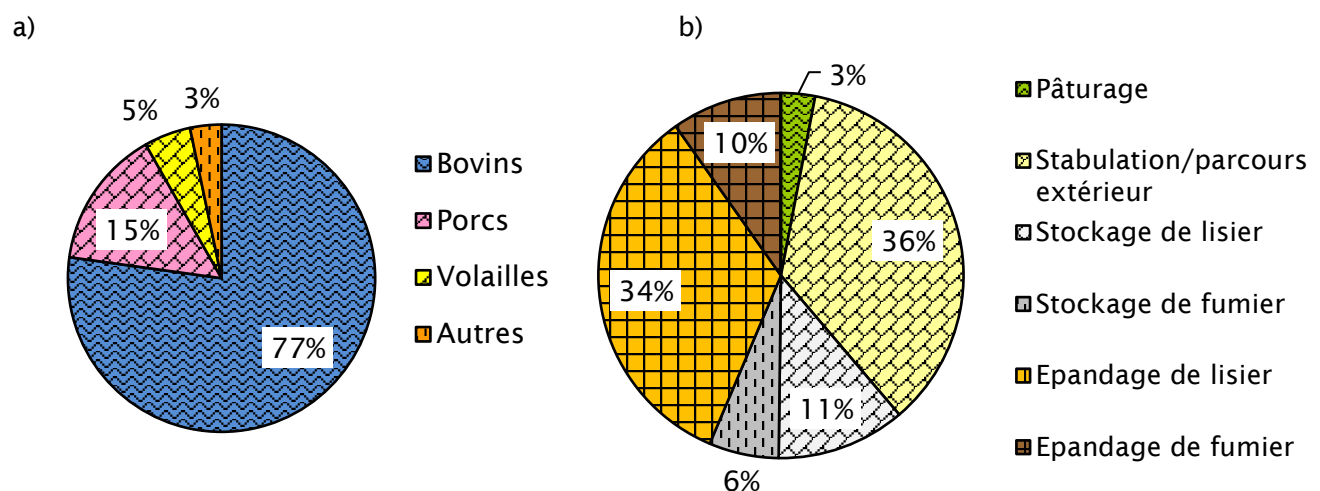


Fig. R-1: (a) contribution des principales catégories d'animaux aux émissions liées à la production animale en pourcentage ; (b) contribution des différentes sources dans les émissions liées à la production animale en pourcentage pour 2020.



Entre 1990 et 2020, les émissions totales ont diminué de 22 % et les émissions agricoles de 23%. Les émissions provenant de la production animale et de la production végétale ont reculé de 21% et 37%. Celles des bovins ont baissé de 16% et celles des porcs de 49%. Durant la même période, les émissions de la volaille ont augmenté de 32 % et celles des autres animaux de rente de 27 % (Tab. R-1).

Tab. R-1 : évolution des émissions d’ammoniac agricoles liées à la production animale et végétale entre 1990 et 2020, en kt NH<sub>3</sub>-N par an. Les cinq colonnes de droite indiquent le pourcentage d’évolution des émissions par rapport à l’année 1990. Un chiffre > 0 % correspond à une augmentation, un chiffre < 0 % à une réduction des émissions

Emissions	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020	1995	2002	2007	2010	2015	2020
	kt NH <sub>3</sub> -N /a							%					
Bovins	35.2	33.8	31.2	32.1	31.0	30.5	29.5	-4%	-11%	-9%	-12%	-13%	-16%
Porcs	11.0	9.7	8.1	7.6	6.9	6.2	5.6	-11%	-26%	-31%	-37%	-43%	-49%
Volaille	1.5	1.3	1.2	1.6	1.6	1.7	2.0	-17%	-20%	2%	6%	7%	32%
Autres animaux de rente*	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	9%	14%	30%	42%	27%	27%
Em. de la prod.. animale	48.8	45.9	41.7	42.6	41.0	39.7	38.4	-6%	-15%	-13%	-16%	-19%	-21%
Em. de la prod. végétale	4.5	3.9	2.9	2.6	2.6	2.7	2.8	-12%	-36%	-41%	-41%	-39%	-37%
Total émissions agricoles	53.3	49.9	44.5	45.2	43.7	42.4	41.3	-6%	-16%	-15%	-18%	-20%	-23%
Total ém. non- agricoles	3.0	3.9	5.5	4.4	3.9	2.9	2.4	30%	84%	48%	29%	-4%	-19%
Total émissions	56.3	53.8	50.1	49.6	47.5	45.3	43.7	-4%	-11%	-12%	-16%	-19%	-22%

\*Chevaux et autres équidés, petits ruminants, autres animaux consommant des fourrages grossiers (bisons, daim, cerf, lama, alpaga), lapins

Les émissions provenant des pâturages et celles issues de la stabulation et des parcours extérieurs ont quant à elles augmenté respectivement de 85 % et de 19 % entre 1990 et 2020. Les émissions du stockage des engrais de ferme ont diminué de 17 % et celles de l’épandage de 41 % (fig. R-2). En 1990, les émissions dues aux sources ponctuelles (stabulation/parcours extérieur, stockage) représentaient 40 % des émissions provenant de la production animale. Ce chiffre a atteint 53 % en 2020.

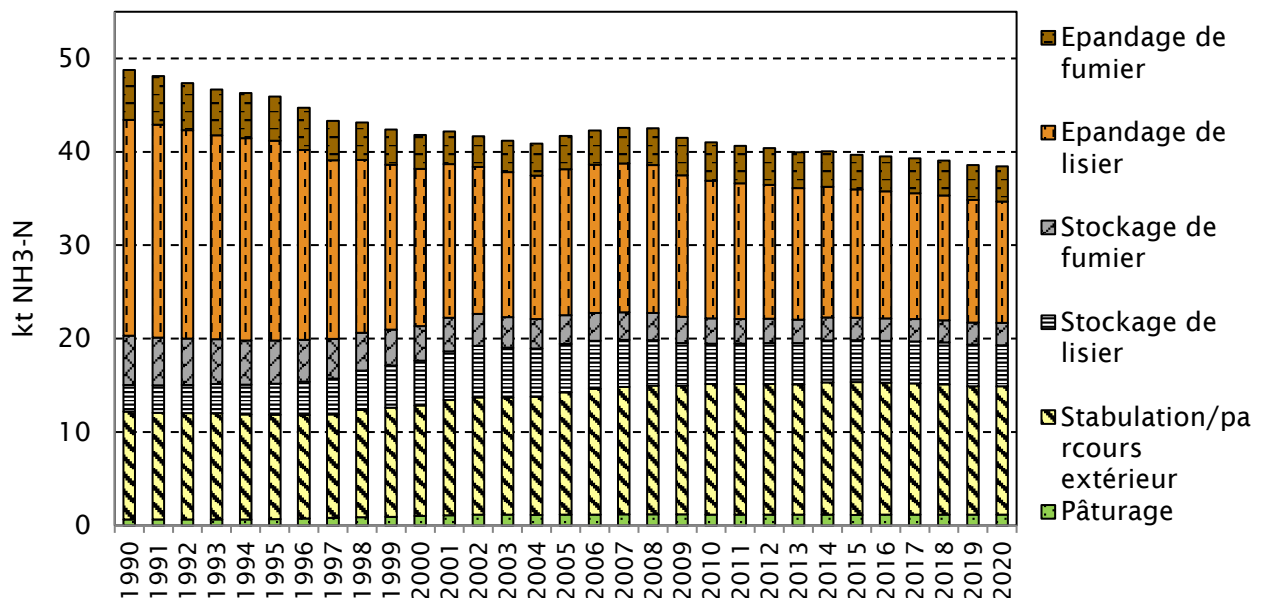


Fig. R-2 : Évolution des émissions d’ammoniac dues à la production animale entre 1990 et 2020, selon leur source (pâturage, stabulation/parcours extérieur, stockage des engrais de ferme, épandage des engrais de ferme), en kt NH<sub>3</sub>-N.

L'évolution des rejets de la production animale s'explique en grande partie par l'évolution des cheptels et les modifications des techniques de production. L'augmentation des stabulations libres chez les bovins et des étables à aires multiples et parcours extérieurs dans l'élevage porcin, qui ont une surface émettrice plus élevée que les systèmes habituels précédents, ont induit une hausse des émissions. La diminution du nombre de bovins et de porcs de 18 % et 28 %, qui a surtout eu lieu entre 1990 et 2000, ainsi qu'un recours plus fréquent au pâturage et aux techniques d'épandage de lisier pauvres en émissions, ont entraîné un recul de ces dernières. Les facteurs d'augmentation ou de réduction se sont en grande partie annulés durant la période étudiée, notamment à partir de l'année 2000. En l'absence de mesures de réduction, les rejets de NH<sub>3</sub> de l'agriculture auraient encore augmenté ces dernières années.

Les émissions sont calculées grâce à une nouvelle version du modèle Agrammon (6.0.1). L'impact sur les émissions agricoles totales est faible (différence des de moins de d'un pourcent par rapport à la version précédente).

L'évolution dans le temps des concentrations mesurées depuis l'an 2000 concorde bien avec celle des modélisations entre 2002 et 2020. Sont exceptées les années 2017 à 2020, pendant les quelles les concentrations mesurées dans l'air ambiant divergent des émissions modélisées. Ceci est principalement dû aux températures moyennes annuelles élevées pendant cette période. Dans l'ensemble, on peut en conclure que le modèle Agrammon permet bien de refléter l'évolution des émissions d'ammoniac agricoles.

## Summary

Within the framework of international agreements (UNECE), Switzerland is committed to periodically calculate and report the development of ammonia emissions. The aim of these agreements is to reduce both nitrogen inputs into natural and semi-natural ecosystems and the generation of secondary air pollutants.

The total agricultural ammonia emissions of Switzerland were calculated for 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 and 2019. For the calculations of 2002, 2007, 2010, 2015 and 2019 the relevant farm management parameters were assessed on the basis of representative stratified surveys which included 32 farm classes (three geographical regions and three altitude zones, five farm types). In total, data from 1,950 farms (2002), 3,133 farms (2007), 2,957 farms (2010), 2,688 farms (2015) and 2,639 farms (2019) were evaluated. For each of these farms, the ammonia emissions were individually calculated by means of the Agrammon model. The resulting average emission factors (i.e. the amount of nitrogen per animal emitted as ammonia,  $\text{NH}_3$ ) 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 crop production and from non-agricultural were calculated. The relevant farm management parameters for 1990 and 1995 were based on data obtained from literature and on expert assumptions.

In 2020, 41.3 kt of nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) were emitted from agriculture in the form of ammonia. With a share of 94%, agriculture was the major source of the total ammonia emissions (43.7 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ ). About 2.4 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  (6% of total emissions) originated from non-agricultural sources (industry/trade, traffic, private households, waste management). Within the agricultural emissions, livestock production contributed 93% (i.e. 38.4 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ ). The emissions from crop production were 2.8 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ . With 29.5 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$  and 5.6 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , the categories cattle and pig contributed the major shares to the emissions from livestock (77% and 15%, respectively; Fig. S-1a). The proportions of poultry (2.0 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 4.9%), horses and other equids (0.5 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 1.2%) and small ruminants (0.7 kt  $\text{NH}_3\text{-N}$ , 1.7%) were relatively low. Manure spreading (slurry and solid manure) and housing/exercise yards were the most important emission stages, contributing 44% and 36%, respectively, to the emissions from livestock (Fig. S-1b).

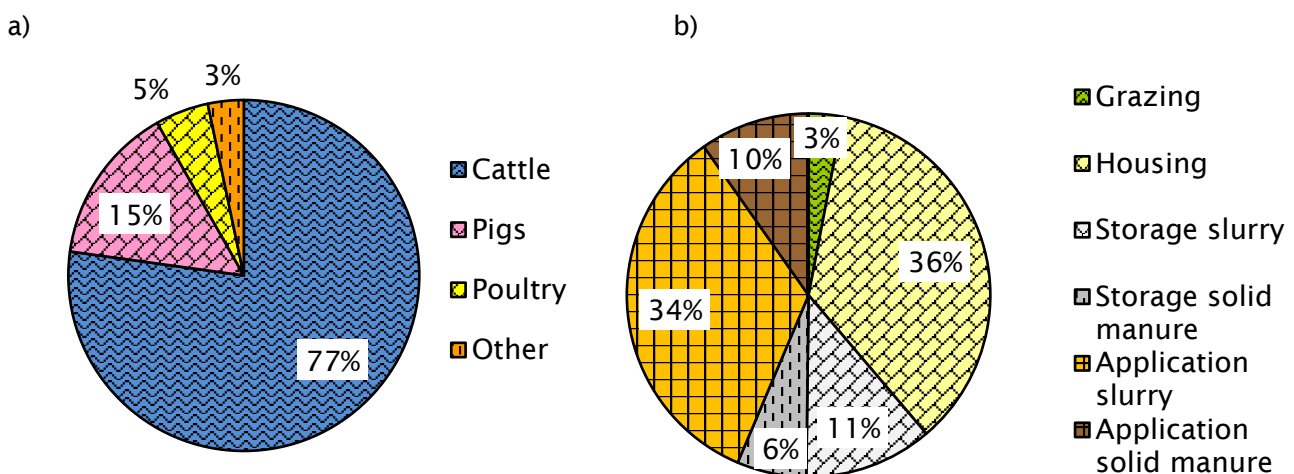


Fig. S-1: (a) Percentage contributions of the main livestock categories to the livestock emissions, and (b) percentage contributions of the different emission stages to the livestock emissions in 2020.

Total emissions decreased by 22% and agricultural emissions by 23% between 1990 and 2020. In this period, the emissions from livestock and from plant production declined by 21% and by 37%, respectively. The decline of the emissions was 16% for cattle and 49% for pigs. Conversely, ammonia emissions increased by 32% for poultry and by 27% for the other livestock categories (Table S-1).

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

Table S-1: Evolution of the agricultural ammonia emissions from livestock and plant production between 1990 and 2020, in kt NH<sub>3</sub>-N per year. The five columns on the right show the relative change of the emissions as compared to the base year 1990 in percent. A number > 0% indicates an increase and a number < 0% a decrease in emissions.

Emissions	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020	1995	2002	2007	2010	2015	2020
	kt NH <sub>3</sub> -N /a							%					
Cattle	35.2	33.8	31.2	32.1	31.0	30.5	29.5	-4%	-11%	-9%	-12%	-13%	-16%
Pigs	11.0	9.7	8.1	7.6	6.9	6.2	5.6	-11%	-26%	-31%	-37%	-43%	-49%
Poultry<	1.5	1.3	1.2	1.6	1.6	1.7	2.0	-17%	-20%	2%	6%	7%	32%
Other livestock categories*	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	9%	14%	30%	42%	27%	27%
Emissions livestock	48.8	45.9	41.7	42.6	41.0	39.7	38.4	-6%	-15%	-13%	-16%	-19%	-21%
Emissions plant production	4.5	3.9	2.9	2.6	2.6	2.7	2.8	-12%	-36%	-41%	-41%	-39%	-37%
Total agricultural	53.3	49.9	44.5	45.2	43.7	42.4	41.3	-6%	-16%	-15%	-18%	-20%	-23%
Total non-agricultural	3.0	3.9	5.5	4.4	3.9	2.9	2.4	30%	84%	48%	29%	-4%	-19%
Total	56.3	53.8	50.1	49.6	47.5	45.3	43.7	-4%	-11%	-12%	-16%	-19%	-22%

\*Horses and other equids, small ruminants, other roughage consuming animals (bisons, fallow deer, red deer, lama, alpaca), rabbits

Emissions originating from grazing increased by 85% and from housing/exercise yard by 19% between 1990 and 2020. The proportions of the emissions from manure storage and manure application decreased by 17% and 41%, respectively (Fig. S-2). The contribution of emissions from point sources (housing/exercise yards and manure storage) relative to the total emissions from livestock production was 40% in 1990 and 53% in 2020, respectively.

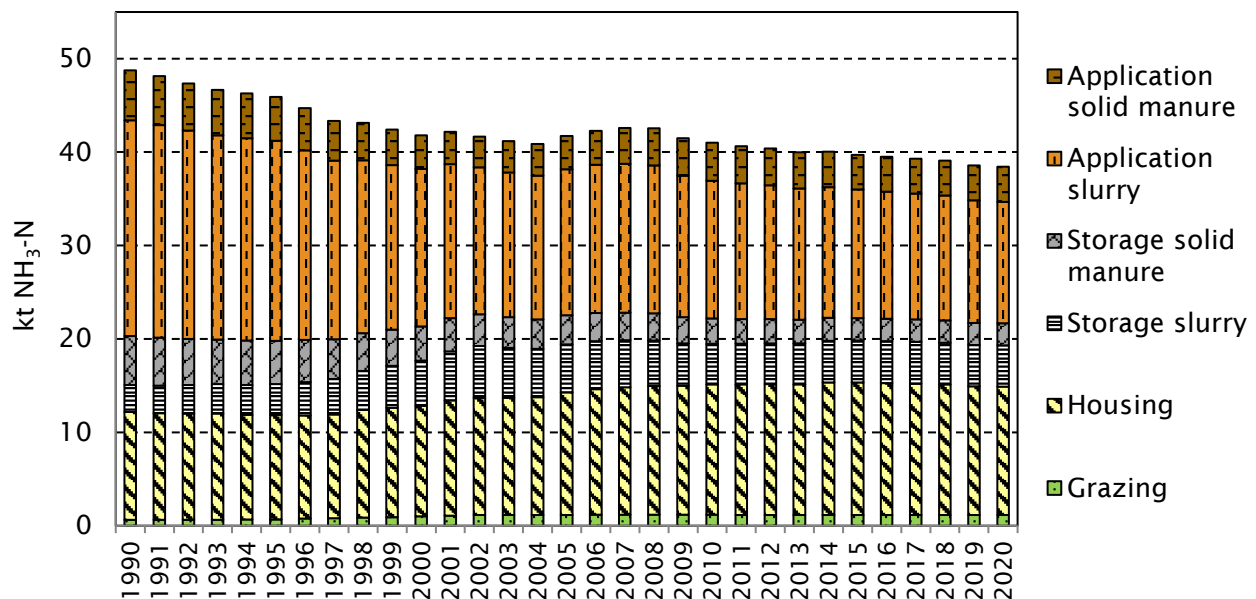


Fig. S-2: Evolution of the ammonia emissions from livestock production between 1990 and 2020 from the emission stages grazing, housing/exercise yard, manure storage and manure spreading in kt NH<sub>3</sub>-N.

This emission trend from livestock can be explained mostly by the evolution of the number of livestock and changes in production techniques. The increase of loose housing systems for cattle and of housing types with multi-area pen and outside yard for pigs, which have much larger emitting surfaces compared to older systems, led to higher emissions. The decrease in the numbers for cattle and pigs by 18% and 28%, respectively, which mainly occurred between 1990 and 2000, induced an emission reduction. The same applies to the increase in

grazing and low-emission techniques for slurry application. Those factors yielding an emission reduction or increase largely compensated each other during the investigated period. Without implementation of emission mitigation measures, the emissions of  $\text{NH}_3$  from agriculture would have increased over the last years.

The emission calculation was carried out with a new version of the Agrammon model (6.0.1). The implications related to changes in model version on the modeled total emissions are moderate (difference of less than one percent as compared to the calculation with the previous version).

The temporal trend of the concentration measurements carried out since 2000 comply well with the evolution of the emissions modeled for the period 2002 to 2020. Exeptions are the years between 2017 and 2020 during which the concentrations differed from the modeled emissions. This was largely due to the high mean annual temperatures occurring during this period. Overall, it can be concluded that agricultural ammonia emissions are appropriately reflected in the data generated with the Agrammon model.

## 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 (Buhlmann et al., 2015; Dupre et al., 2010; Krause et al., 2013; Pannatier et al., 2011; Roth et al., 2013; Talkner et al., 2015; Velthof et al., 2011). Stickstoffverbindungen sind auch von grosser Bedeutung bei der Bildung des bodennahen Ozons und weiterer Photooxidantien, die vor allem während Sommersmogepisoden in erhöhten Konzentrationen auftreten (Butterbach-Bahl et al., 2011). Diese Folgeschadstoffe haben Auswirkungen auf die Vegetation und die menschliche Gesundheit. Stickstoffverbindungen tragen überdies zur Bildung sekundärer Aerosole bei, die Bestandteil des lungengängigen Feinstaubs sind (Sutton et al., 2011) und tragen indirekt via vielfältige Wechselwirkungen zur Bildung von Klimagasen bei (de Vries et al., 2011).

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. Weiter ist die Berechnung der Ammoniakemissionen im Kontext des Umweltziels Landwirtschaft «Stickstoffhaltige Luftschadstoffe» relevant (BAFU, BLW, 2016). 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 Ammoniakemissionen. In Anlehnung an die Vorgaben des internationalen Handbuchs zur Erstellung von Emissionsinventaren (EEA, 2019) 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 regionale Anwendung entwickelte Modell Agrammon ist das verwendete Werkzeug 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 und hat teilweise den Status eines Vollzugsinstruments<sup>1</sup>. Das Emissionsmodell Agrammon für landwirtschaftliche Einzelbetriebe ist direkt übers Internet zugänglich ([www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch)) und umfassend dokumentiert. Es bildet so eine Plattform, die allgemein zugänglich ist, und die in Bezug auf die Abbildung und

---

<sup>1</sup> z.B. Massnahmenplan Luftreinhaltung (Teilrevision 2016) Verordnung zum Massnahmenplan Luftreinhaltung (Änderung) (vom 13. Januar 2016); URL [https://awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/luft\\_klima\\_elektromog/massnahmenplan.html](https://awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/luft_klima_elektromog/massnahmenplan.html) (23.02.2018)

die Parametrisierung der emissionsrelevanten Prozesse regelmässig dem Stand des Wissens angepasst werden kann.

Neben einem zuverlässigen Berechnungsmodell ist aber auch die Qualität der verfügbaren Inputdaten und die Methodik der Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz von grosser Bedeutung. Eine Hochrechnung der landwirtschaftlichen Emissionen der Schweiz wurde für die Jahre 2019, 2015, 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 der Berechnungen der einzelnen Stichjahre detailliert Auskunft. Weiter wird die Zeitreihe der Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2020 präsentiert. In der Zeitreihe ebenfalls aufgeführt werden die nicht-landwirtschaftlichen Emissionen (FOEN, 2021).

## 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 ([www.agrammon.ch](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 (EEA, 2019). Die Modellgrundlagen basieren auf dem aktuellen Stand der Kenntnisse. Sie sind dokumentiert und online zugänglich (<https://www.agrammon.ch>). Das Modell wird auch in Zukunft regelmässig dem neuesten Stand der Kenntnisse angepasst.

#### 2.1.2 Modellgrundlagen

##### 2.1.2.1 Stickstoffflussmodell

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 Tierproduktion (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) ab. Die Emissionen beim Einsatz von mineralischen N-Düngern und Recyclingdüngern im Pflanzenbau werden ebenfalls berücksichtigt (Abbildung 1). Die zeitliche Auflösung des Modells Agrammon beträgt gleich wie bei andern Inventarmodellen (z.B. GAS-EM Rösemann et al., 2021) ein Jahr.

Für die Emissionen ist nicht in erster Linie der gesamte von den Tieren ausgeschiedene Stickstoff ( $N_{\text{tot}}$ ) relevant, sondern vor allem der lösliche Stickstoff (TAN; Englisch: Total Ammoniacal Nitrogen). Dieser bildet die Basis zur Bildung von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), der aus dem mit dem Urin ausgeschiedenen Harnstoff bei gleichzeitiger Anwesenheit von festen Exkrementen (Kot) ent-

steht. Bei den Emissionsstufen Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager fest, Hofdüngerausbringung werden die Ammoniakemissionen mittels Emissionsraten in Prozent des durchfliessenden TAN berechnet. Für das Hofdüngerlager flüssig 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<sup>2</sup> und Tag). 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. Zusätzlich werden die Emissionen von Lachgas (N<sub>2</sub>O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementarem Stickstoff (N<sub>2</sub>) auf den Stufen Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und -ausbringung berücksichtigt und zur Korrektur der Stickstoffflüsse verwendet.

Im Pflanzenbau geht ein gewisser Anteil des mit Mineral- bzw. Recyclingdünger ausgebrachten Stickstoffs als Ammoniak verloren. Die Emissionsrate wird unter Berücksichtigung des Düngertyps in Prozent der Menge des ausgebrachten Gesamtstickstoffs ausgedrückt.

Als Ergebnis der Modellrechnung resultieren Ammoniakemissionen in kg NH<sub>3</sub>-N pro Jahr sowie die Flüsse von Gesamtstickstoff (N<sub>tot</sub>) und TAN in kg N pro Jahr.

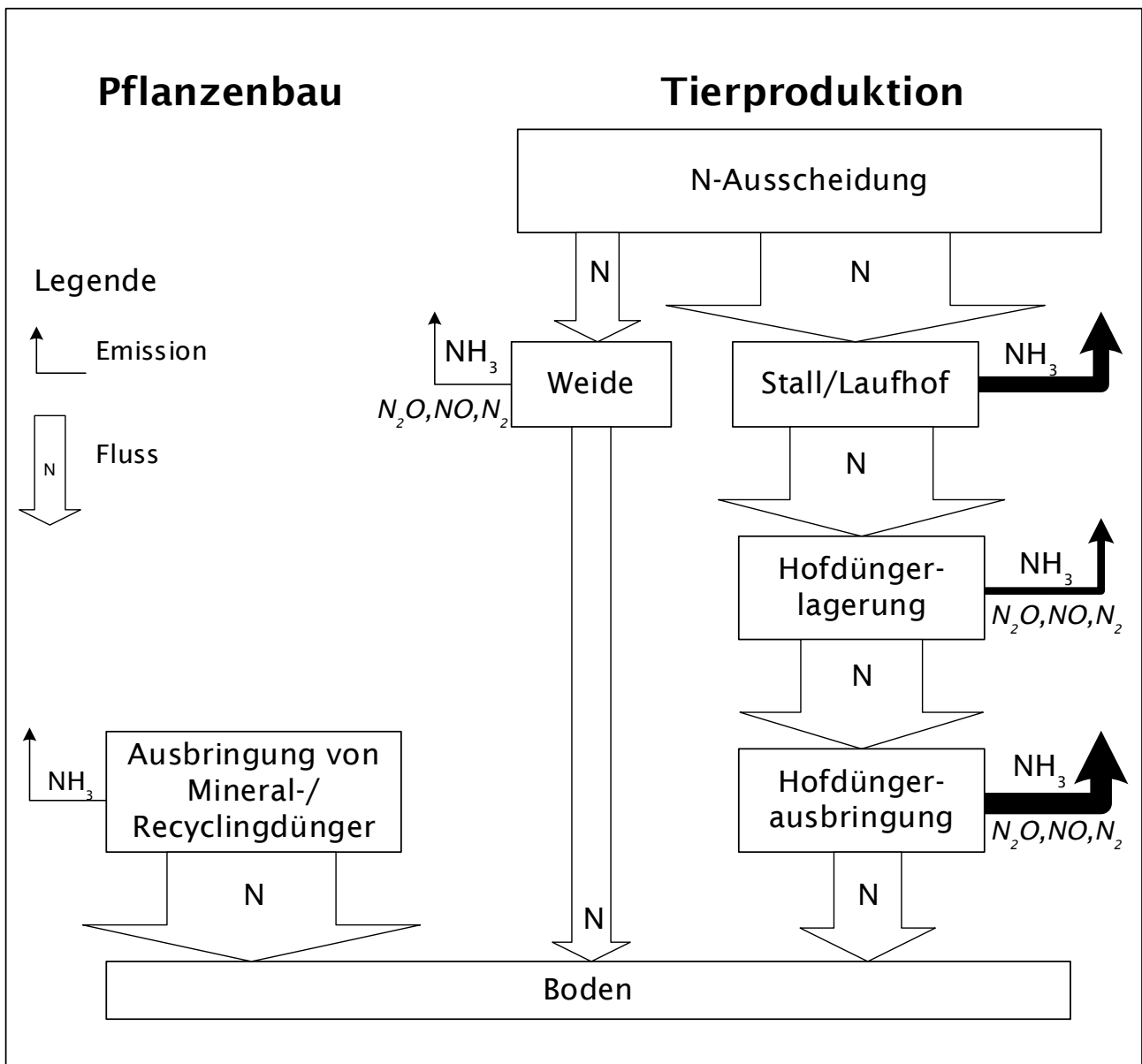


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Stickstoffflussmodells, das dem Model Agrammon hinterlegt ist.



### 2.1.2.2 Technische Parameter

Die Beschreibung der emissionsrelevanten Prozesse innerhalb des Betriebs bildet die Grundlage des Modells. 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 (Kap. 2.1.6) übernommen. Die Emissionsraten stellen ausser beim Hofdüngerlager den Anteil des Flusses von TAN (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, 2014). 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 verfügbar<sup>2</sup>. 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 betriebsspezifische 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 basieren für die Erstellung des Ammoniakemissionsinventars der Schweiz auf Daten aus Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik oder wurden von anderen Grundlagen hergeleitet, soweit keine Daten aus Umfragen verfügbar waren (vgl. Kap. 2.1.7).

### 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 zugrundeliegenden Prozesse sind nachvollziehbar dokumentiert.

Durch diese Bedingungen ist sichergestellt, dass die Simulationsergebnisse über die gesamte Nutzungsdauer des Modells anhand der zugrundeliegenden 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).

---

<sup>2</sup> <https://agrammon.ch/downloads> („Technische Parameter Modell Agrammon“; „Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon“)

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 Raku<sup>3</sup> beschrieben.

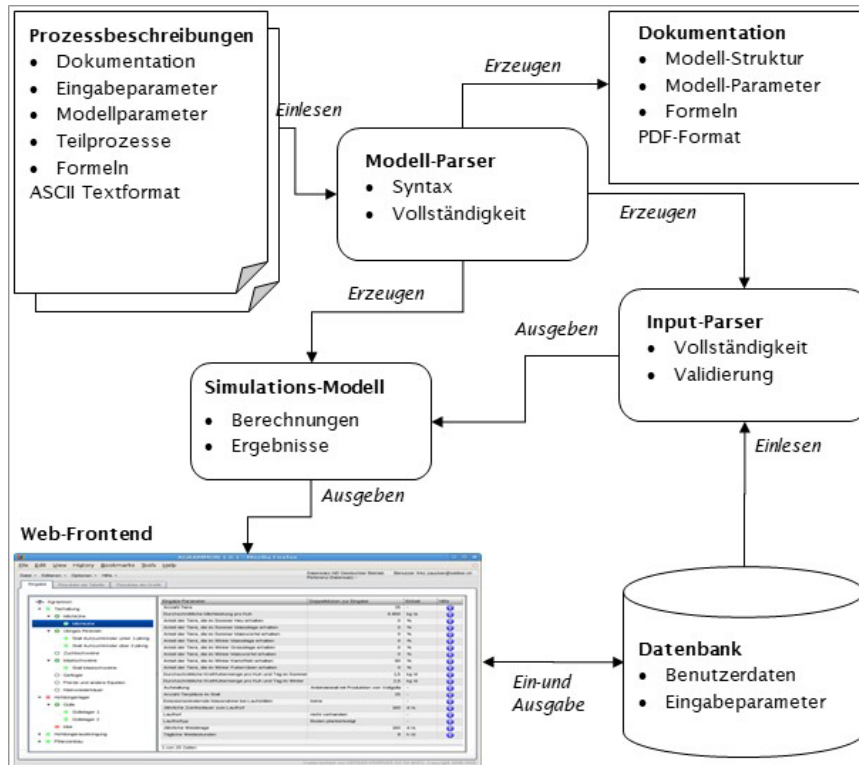


Abbildung 2: Schematische Darstellung der verschiedenen Komponenten des Einzelbetriebsmodells. Der Modell-Parser liest die Prozessbeschreibungen ein und erzeugt daraus einerseits das eigentliche Simulations-Modell und die Einleseschnittstelle (Input-Parser) für die Berechnung und andererseits die Benutzerschnittstelle (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.

- b) Ein in Raku 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 Modell-Parameter und die Eingabeparameter
  - ein Web-Frontend (Benutzer-Interface) zur Bedienung des Einzelbetriebsmodells (Eingabe von Eingabeparametern, eigentliche Berechnung, Darstellung der Resultate)
  - eine druckbare Dokumentation aller Prozessbeschreibungen.
- c) Alle beschriebenen Komponenten des Modells Agrammon werden mit einem Versionsverwaltungsprogramm (GitHub<sup>4</sup>) gespeichert, so dass Änderungen an allen Elementen jederzeit nachvollzogen und allenfalls auch rückgängig gemacht werden können.

Weitere Details zum Modell Agrammon sind auf der Agrammon-Website dargestellt<sup>5</sup>.

### 2.1.3.2 Implementierung des Modells

Das Modell Agrammon ist als Web-Applikation implementiert, die mit dem Web-Browser bedient werden kann. Durch den Einsatz moderner Web Technologien konnte eine Benutzer-

<sup>3</sup> <https://raku.org/>

<sup>4</sup> <https://github.com/opus/agrammon>

<sup>5</sup> <https://agrammon.ch>

Schnittstelle implementiert werden, die einen vergleichbaren Komfort bietet wie lokal auf dem Arbeitsplatzrechner installierte Software. Der Zugang zum Modell Agrammon erfolgt über <https://www.agrammon.ch>. Detailliertere Informationen zur Bedienung des Modells sind in Kupper et al. (2013) enthalten.

### 2.1.3.3 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 E-Mail-Adressen<sup>6</sup> 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.

### 2.1.3.4 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, 2010, 2015 und 2019 beruhen (vgl. Kap. 2.1.7.2, 2.1.10).

### 2.1.4 Neuerungen in der verwendeten Modellversion

Die Berechnung des Ammoniakinventars 2019 erfolgte mit der aktuellen Version 6.0.1. Um eine homogene Zeitreihe sicherzustellen, wurden alle Hochrechnungen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 mit dieser Version neu berechnet. Im Gegensatz zum Update von Version 4.0 zu 5.1.4 (Kupper et al., 2018), beinhaltet der Wechsel von 5.1.4 zu 6.0.1 keine Änderungen von technischen Parametern. Einzig einzelne Berechnungsprozesse wurden in 6.0.1 optimiert:

- Die Korrektur der Emissionen Stall bei Weide erfolgt linear und nicht mehr stufenweise.
- Bei den Kategorien Pferde und andere Equiden lag in der Version 5.1.4 ein Fehler bei der Verteilung der N-Flüsse bei Überschneidung von Weidetagen und Laufhoftagen vor (d.h. bei gleichzeitigem Zugang zu Laufhof und Weide) vor. Dieser Fehler wurde korrigiert und an die (korrekte) Prozedur bei Rindvieh angeglichen.
- Bei Vorliegen mehrerer Tierkategorien wurde die Verteilung der TAN-Flüsse ab Stufe Hofdüngerlager verbessert gerechnet (weniger empirisch, mehr N-Fluss basiert).

Die Anpassung der Berechnungsprozesse führt nur zu kleinen Änderungen der Resultate gegenüber der früheren Version, aber die Resultate sind nicht identisch mit denjenigen von 6.0.1<sup>7</sup>. Die Auswirkungen auf die Resultate des Emissionsinventars werden in Kap. 3.4 präsentiert und diskutiert.

---

<sup>6</sup> Siehe <https://agrammon.ch/de/kontakt/>

<sup>7</sup> Weitere Änderung: Abluftreinigung. Diese Änderung spilet für das Emissionsinventar jedoch keine Rolle, da die Abluftreinigung mangels Datengrundlage (zu kleine Stichprobe) nicht eingerechnet wird.

Die Änderung wird der Vollständigkeit halber hier beschrieben: Chemischer Wäscher: der auf Stufe Stall eingesparte N in den Emissionen wird zum Fluss in 'Lager flüssig' oder 'Lager fest' hinzuaddiert (dies ist streng genommen nicht korrekt; der abgeschiedene Stickstoff wird in einer sauren Lösung gebunden; über dessen Verbleib haben wir keine gesicherten Informationen; vermutlich Ausbringung als Flüssigdünger); Biowäscher: auf Stufe Stall eingesparte Emissionen werden aus dem System eliminiert (Annahme: dass NH<sub>3</sub> zu N<sub>2</sub> abgebaut wird; dies ist wahrscheinlich nicht ganz korrekt; möglich ist auch Bildung von N<sub>2</sub>O). Die entsprechende Menge N wird in 'Detailreport' als 'Abbau im Luftwäscher' beim TAN-Fluss vor TAN-Fluss ins Lager angegeben, nicht aber bei den Emissionen N<sub>2</sub>O und N<sub>2</sub> ausgewiesen (in Agrammon 5.1.4 "verschwand" der N, der auf Stufe Stall eingespart wurde, beim chemischen Wäscher aus dem System, beim Biowäscher gelangte dieser in 'Lager fest', was eindeutig falsch war).

## 2.1.5 Tierkategorien und Tierzahlen

### 2.1.5.1 Tierkategorien zur Berechnung der Ammoniakemissionen

Das Stoffflussmodell basiert auf der von den Nutztieren ausgeschiedenen Stickstoffmenge (Kap. 2.1.2.1). Demzufolge muss sich die Emissionsrechnung auf Tierkategorien abstützen, für welche Ausscheidungswerte verfügbar sind. Dies ist für die Tierkategorien nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017), aufgeführt in Tabelle 1, der Fall. Gleichzeitig müssen für diese Tierkategorien einzelbetriebliche Tierzahlen aus einer Statistik verfügbar sein.

### 2.1.5.2 Quelle der Tierzahlen

Das Bundesamt für Statistik erfasst die Nutztierbestände im Rahmen der Strukturhebung von nahezu allen Landwirtschaftsbetrieben. Ein kleiner Teil (ungefähr 2%) der Betriebe wird über eine ergänzende Erhebung abgedeckt (BFS, 2016b). Die Erhebung wird seit 1997 jährlich durchgeführt. Der Referenztag (auch Stichdatum, -tag) ist der 1. Januar (BFS, 2016b). Die vom BFS publizierten Daten<sup>8</sup> basieren auf der Strukturhebung nach Referenztag 1. Januar.

Tabelle 1: Im Modell Agrammon berücksichtigte Tierkategorien (vgl. Anhang 7.1.1)

<b>Rindvieh</b> Milchkühe* Aufzuchtrinder unter 1-jährig** Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig** Aufzuchtrinder über 2-jährig** Mutterkühe*** Mutterkuhkälber Masttiere (Rindviehmast) Mastkälber	<b>Schweine</b> Galtsauen Säugende Sauen Ferkel abgesetzt bis 25 kg Eber Mastschweine#	<b>Geflügel</b> Junghennen Legehennen Mastpoulets Masttruten# Anderes Geflügel
<b>Pferde und andere Equiden</b> Pferde über 3-jährig Pferde unter 3-jährig Maultiere und Maulesel, Ponys, Kleinpferde und Esel jeden Alters	<b>Kleinwiederkäuer</b> Schafe Milchschafe Ziegen	
<b>Andere Raufutter verzehrende Nutztiere****</b> Damhirsch; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Monate Rothirsch; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Monate Wapiti; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Monate Bison über 3-jährig, Bison unter 3-jährig Lama über 2-jährig, Lama unter 2-jährig Alpaca über 2-jährig, Alpaca unter 2-jährig	<b>Kaninchen****</b> Produzierende Zibbe (inkl. Jungtier bis ca.35 Tage) Kaninchen-Jungtier (ab ca. 35 Tage)	

\*inkl. Wasserbüffel; ohne Mutterkühe; \*\*inkl. Aufzuchtrinder der Mutterkühe oder Wasserbüffel; \*\*\* inkl. andere Kühe, z.B. Mastkühe; \*\*\*\* keine einzelbetriebliche Emissionsrechnung gemäss Kap. 2.1.8 bis 2.1.10 sondern vereinfachtes Vorgehen; # Die Annahme, dass die gesamte Tierzahl der Schweiz am Referenztag gleich gross ist wie im Mittel des ganzen Jahres, trifft nicht für alle Tierkategorien zu (insbesondere Tierkategorien mit mehreren Umtrieben pro Jahr wie Schweine und Geflügel). Bei Mastschweinen und Mastpoulets ist die Differenz bedeutend. Daher erfolgten hier eine Korrektur und die Lieferung der Daten durch Florian Kohler, BFS.

Die Tierzahlen der Kategorien gemäss Tabelle 1 können teilweise direkt aus den vom BFS gelieferten Daten hergeleitet werden (Anhang 7.1.2). Gewisse Tierkategorien, welche nicht dem System der GRUD 2017 (Richner et al., 2017) entsprechen, müssen separat hergeleitet werden. Die betrifft vor allem das Rindvieh und die Pferde und andere Equiden (Herleitung gemäss Kupper et al. (2018) bzw. gemäss Kap. 2.1.5.3).

<sup>8</sup> z.B. „Nutztierhalter und Nutztierbestände“ URL: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/landforstwirtschaft/landwirtschaft.assetdetail.17064717.html> (22.09.2021)

Für die Betriebe der Umfrage zur Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2019 (vgl. Kap. 2.1.7) wurden die Tierzahlen der übrigen Rindviehkategorien aufgrund der Verteilung der angegebenen Stallsysteme der Umfrage HAFL 2015 bzw. 2019 hergeleitet. Das Vorgehen ist in Kupper et al. (2018) beschrieben.

Die Inventarrechnung (einzelbetriebliche Rechnung, Kap. 2.1.8; Hochrechnung, Kap. 2.1.10) benutzt die Tierzahl nach Referenztag (Kap. 2.1.6.4). Dabei wird angenommen, dass die gesamte Tierzahl der Schweiz am Referenztag gleich gross ist wie im Mittel des ganzen Jahres bzw. dass über das ganze Jahr die gleiche Anzahl von Tierplätzen besetzt ist (vgl. dazu auch Rösemann et al., 2021). Die zeitliche Auflösung der Berechnung bezieht sich damit auf ein Jahr. Für gewisse Tierkategorien trifft die Annahme, dass die gesamte Tierzahl der Schweiz am Referenztag gleich gross ist wie im Mittel des ganzen Jahres, nicht zu (vgl. Kupper et al., 2018; Anhang 7.6). Hier erfolgt eine Korrektur wie beschrieben in Kap. 2.1.6.4.

### 2.1.5.3 Herleitung der Anzahl Tiere der Pferde und übrigen Equiden nach 2018

Die Grundlage für die Tierzahlen der Pferde und übrigen Equiden bildete bis 2017 die landwirtschaftliche Strukturhebung des BFS (BFS, 2016b; Bretscher, Kupper, 2012). Bis zu diesem Zeitpunkt lieferte das BFS die Tierzahlen entsprechend der Kategorisierung der Tiere nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017). Ab 2018 basierten die Tierzahlen für die Pferde und übrigen Equiden auf der Tierverkehrsdatenbank (TVD). Die TVD kategorisiert ausschliesslich nach Alter, Widerristhöhe und Geschlecht der Tiere. Basierend auf diesen Daten publiziert das BFS jährlich die Tierzahlen für 8 Kategorien (BFS, 2018; vgl. Anhang 7.1.3).

Mit Hilfe von einzelbetrieblichen Daten zur Rasse der Equiden von Identitas war es möglich, die zur Erstellung des Emissionsinventars notwendigen Tierzahlen gemäss Tierkategorien (Pferde über 3-jährig, Pferde unter 3-jährig, Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters) herzuleiten. Ein Beispiel zur Illustrierung des Vorgehens ist in Tabelle 2 aufgeführt: Identitas verfügt für jeden Einzelbetrieb die Anzahl Tiere pro Rasse und kann diesen auf dieser Grundlage die Bezeichnung ‘Pferd’, ‘Pony’, ‘Esel’, ‘Maultier’ oder ‘Maulesel’ und die acht Kategorien X1222-X1265 gemäss BFS zuordnen. Dieses Vorgehen wurde für die Jahre 2018 und 2019 angewendet.

Tabelle 2: Vorgehen zur Generierung der zur Erstellung des Emissionsinventars notwendigen Tierkategorien Pferde und andere Equiden nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) durch Identitas, beispielhaft gezeigt anhand von fünf Equidenrassen

Rasse	Species	X1222	X1223	X1224	X1225	X1262	X1263	X1264	X1265	Total	Tierkategorien nach GRUD (2017)		
		Pferdegat. w. & m. kastr. > 900 Tage, Widerristhöhe > 148cm	Pferdegat. Hengste > 900 Tage, Widerristhöhe > 148 cm	Pferdegat. > 180 Tage & < 900 Tage, Widerristhöhe > 148 cm	Pferdegat. Fohlen < 180 Tage, Widerristhöhe > 148 cm	Pferdegat. w. & m. kastr. < 900 Tage, Widerristhöhe < 148cm	Pferdegat. Hengste > 900 Tage, Widerristhöhe < 148 cm	Pferdegat. > 180 Tage & < 900 Tage, Widerristhöhe < 148 cm	Pferdegat. Fohlen < 180 Tage, Widerristhöhe < 148 cm		Pferde über 3-jährig	Pferde unter 3-jährig	Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters
Achal-Tekkiner	Pferd	59	7	2	0	0	0	0	0	68	66	2	
Achal-Tekkiner Partbred	Pferd	2	1	1	0	0	0	0	0	4	3	1	
Aegidienberger	Pony	0	0	0	0	11	1	1	0	13			13
American Miniatur Esel	Esel	0	0	0	0	1	0	3	2	6			6
American Miniature Horse	Pony	0	0	0	0	176	68	40	0	284			284

Parallel dazu wurde ein vereinfachter Ansatz umgesetzt, der nicht auf Leistungen von Identitas angewiesen ist und ausschliesslich auf vom BFS gelieferten Daten basiert: Pferde über 3-jährig: Summe (X1222, X1223); Pferde unter 3-jährig: Summe (X1224, X1224); Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere: Summe (X1262, X1263, X1264, X1265). Tabelle 3 zeigt die Anzahl Tiere gemäss GRUD Kategorien. Die Verteilung auf die drei Kategorien weist eine Differenz von maximal 3 Prozentpunkten auf. Der vereinfachte Ansatz der HAFL unterschätzt die Anzahl Tiere der Kategorie Pferde über 3-jährig und überschätzt diejenige der Kategorie Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere. Die Diskrepanz ist jedoch gering, weshalb künftig der vereinfachte Ansatz der HAFL gewählt wird, welcher keine zusätzlichen Leistungen von Identitas erfordert.

Tabelle 3: Anzahl der zur Erstellung des Emissionsinventars notwendigen Tierkategorien Pferde und andere Equiden nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) gemäss Ansatz Identitas und vereinfachter Ansatz der HAFL

Ansatz Identitas	2018	2019	2018	2019
	Anzahl Tiere		Anteil am Total	
Pferde über 3-jährig	43452	44341	56%	56%
Pferde unter 3-jährig	3212	3282	4%	4%
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere	31500	32148	40%	40%
Total	78164	79771	-	-
Vereinfachter Ansatz der HAFL				
Pferde über 3-jährig	42825	43888	54%	54%
Pferde unter 3-jährig	3081	3188	4%	4%
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere	34028	33614	43%	42%
Total	79934	80690	-	-
Differenz der beiden Ansätze				
Pferde über 3-jährig	101%	101%	-	-
Pferde unter 3-jährig	104%	103%	-	-
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere	93%	96%	-	-
Total	98%	99%	-	-

## 2.1.6 Ausscheidung von N und TAN der Nutztiere

### 2.1.6.1 Grundlagen

Das Stoffflussmodell basiert auf der von den Nutztieren ausgeschiedenen Stickstoffmenge (Kap. 2.1.2.1). Diese sind von den in den jeweiligen Stichjahren gültigen Werten der Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau, GRUDAF (Walther et al., 1994, 2001; Flisch et al., 2009) bzw. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017 (Richner et al., 2017) vorgegeben. Eine Zusammenstellung der N-Ausscheidungswerte nach GRUDAF 1994, 2001, 2009 und GRUD 2017 ist in Anhang 7.2 aufgeführt. Die Werte haben sich im Laufe der Zeit teilweise geändert in Abhängigkeit der Entwicklung der Produktionstechnik (v.a. Züchtung, Fütterung) und wurden entsprechend angepasst. Tabelle 4 zeigt die von Agrammon in den jeweiligen Stichjahren verwendeten Ausscheidungswerte.

Tabelle 4: N-Ausscheidungswerte implementiert in Agrammon auf der Grundlage von GRUDAF (Walther et al., 1994, 2001; Flisch et al., 2009) bzw. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017 (Richner et al., 2017) im jeweiligen Stichjahr in kg N pro Tier oder pro Tierplatz und Jahr

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2019
Milchkühe*	112	112	112	112	112	112	112
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	25	25	25	25	25	25	25
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	40	40	40	40	40	40	40
Aufzuchtrinder über 2-jährig	55	55	55	55	55	55	55
Mutterkühe, schwere Rassen (> 700 kg)	95	95	95	95	95	95	95
Mutterkühe, mittelschwere Rassen (600–700 kg)	85	85	85	85	85	85	85
Mutterkühe, leichte Rassen (< 600 kg)	72	72	72	72	72	72	72
Mutterkuhkälber	22	22	22	22	22	22	22
Masttiere (Rindviehmast)	33	33	33	35*	36*	38	38
Mastkälber	13	13	13	15*	16*	18	18
Galtsauen**	20	20	20	20	20	25	25
Säugende Sauen**	42	42	42	42	42	49	49
Ferkel abgesetzt bis 25 kg**	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	3.9	3.9
Eber**	18	18	18	18	18	18	18
Mastschweine**	15	15	13	13	13	13	13
Junghennen	0.34	0.34	0.34	0.31	0.31	0.30	0.30
Legehennen	0.71	0.71	0.71	0.80	0.80	0.80	0.80
Mastpoulets	0.4	0.4	0.4	0.45	0.45	0.36	0.36
Masttruten	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Anderes Geflügel	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Pferde über 3-jährig	44	44	44	44	44	44	44
Pferde unter 3-jährig	42	42	42	42	42	42	42
Maultiere und Maulesel j. Alters	25	25	25	25	25	25	25
Ponys, Kleinpferde Esel j. Alters	16	16	16	16	16	16	16
Schafe	15	15	15	15	15##	15##	15##
Milchschafe	20	20	20	20	20	20	20
Ziegen	17	17	17	17	17	17	17

\*Die N-Ausscheidung von 112 kg N pro Jahr für eine Standardkuh mit 7500 kg Jahresmilchleistung wird für jedes Stichjahr korrigiert aufgrund der Milchleistung und der Fütterung (Kraftfutter, Grundfutter Kap. 2.1.6.3.1)

\*\* Die N-Ausscheidung der verschiedenen Schweinekategorien wird entsprechend des Gehalts an Energie (VES) und Rohprotein (RP) in der Ration korrigiert.

# Für die Stichjahre 2007 und 2010: Verwendung von linear interpolierten Werten; Interpolation durchgeführt für die Zeitspanne 2002 bis 2015 basierend auf den Werten GRUDAF 2001 und GRUD 2017

## Mittelwert von 12 kg bzw. 18 kg für extensive bzw. intensive Haltung

### 2.1.6.2 TAN Anteil in den Ausscheidungen

Die TAN Anteile in den Ausscheidungen der Tierkategorien sind wie folgt: Milchkühe und übrigen Rindviehkategorien: 55%; Schweine: 70%; Geflügel: 60%; Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, andere Raufutter verzehrende Nutztiere und Kaninchen wird ein TAN-Anteil von 40% angenommen.

### 2.1.6.3 Korrekturen der N-Ausscheidungswerte abhängig von der Fütterung

#### 2.1.6.3.1 Milchkühe

Für die ganze Zeitreihe 1990 bis 2019 wird für Milchkühe mit den N-Ausscheidungswerten nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) gerechnet. Die Grundlage dazu ist die Annahme, dass

sich die tierphysiologischen Grundlagen über die Zeitperiode 1990-2019 nicht verändert haben bzw., dass das Verhältnis zwischen einer aufgenommenen Einheit N und einer ausgeschiedenen Einheit N unverändert blieb.

Die Basis N-Ausscheidung ist über die ganze Zeitreihe konstant (Tabelle 4). Die Zunahme der ausgeschiedenen N-Menge, welche aufgrund der Zunahme der Grösse der Tiere, der Milchleistung und des Futtermittelsverzehrs zu erwarten ist, wird im Modell mittels Korrekturfaktoren bezüglich Milchleistung und Fütterung implementiert.

Modelltechnisch bleibt der Ansatz grundsätzlich gleich wie bisher: eine Basis N-Ausscheidung ist vorgegeben. Diese wird aufgrund der Milchleistung und der Verwendung von Grundfutterkomponenten sowie Kraftfutter angepasst. Die Basis N-Ausscheidung basiert auf gesamtschweizerisch durchschnittlichen Rationen (Menzi et al., 2016), welche neben Gras im Sommer und Dürrfutter im Winter Silage und Maiswürfel beinhalten, und einer Milchleistung von 7500 kg pro Jahr. Die Korrekturfaktoren werden gemäss den Angaben von Tabelle 5 implementiert.

Die Korrektur nach Grundfutterkomponenten und Kraftfutter wirkt sich auf die Ausscheidung von TAN aus. Für die N-Ausscheidung nach Korrektur Milchleistung wird ein TAN Anteil von 55% angenommen (Kap. 2.1.6.2). Die Korrektur, welche aufgrund der Verwendung von Grundfutterkomponenten und Kraftfutter erfolgt, wird vollständig zum TAN dazu addiert entsprechend der folgenden Formel:

$$\text{Ausscheidung TAN [kg TAN pro Jahr]} = \text{Ausscheidung N nach Korrektur Milchleistung [kg N pro Jahr]} \times 0.55 + (\text{Ausscheidung N nach Korrektur Grundfutterkomponenten, Kraftfutter} - \text{Ausscheidung N nach Korrektur Milchleistung [kg N pro Jahr]}).$$

Die Implementierung der Korrekturen bezüglich der N-Ausscheidung von Milchkühen und die Auswirkungen auf die ausgeschiedene TAN-Menge ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Korrekturen aufgrund der Verwendung von Grundfutterkomponenten und Kraftfutter, welche eine Erhöhung der N-Ausscheidung im Vergleich zur N-Ausscheidung nach Korrektur nach Milchleistung bewirken, haben eine Vergrößerung des Basis TAN-Anteils von 55% zur Folge. Im Beispiel in Abbildung 3 sind es 58% TAN ( $74.1 \text{ kg TAN} / 123.1 \text{ kg N} = 0.58$ ). Im umgekehrten Fall resultiert ein TAN Anteil von weniger als 55%.

Tabelle 5: Korrekturfaktoren für die N-Ausscheidung von Milchkühen nach Milchleistung, Grundfutterkomponenten und Kraftfutter

<b>Milchleistung</b>		
Je 1000 kg geringere Leistung als 7500 kg: - 5%		
Je 1000 kg höhere Leistung als 7500 kg: +5%		
<b>Grundfutterkomponenten</b>		
Saison	Grundfutterkomponente	Korrekturfaktor
Sommer	nur Gras:	+5%
	Dürrfutter:	+1%
	Mais (Silage oder Würfel):	-2.5%
Winter	nur Dürrfutter:	-1%
	Grassilage:	+3%
	Mais (Silage oder Würfel):	-2%
<b>Kraftfutter</b>		
<b>Sommer</b>		
Nex <sub>nach Korrektur Milchleistung/Grundfutterkomponenten</sub> * (-0.0197 * Kraftfuttermenge Sommer + 1.0393)		
<b>Winter</b>		
Nex <sub>nach Korrektur Milchleistung/Grundfutterkomponenten</sub> * (0.0145 * Kraftfuttermenge Winter + 0.9594)		



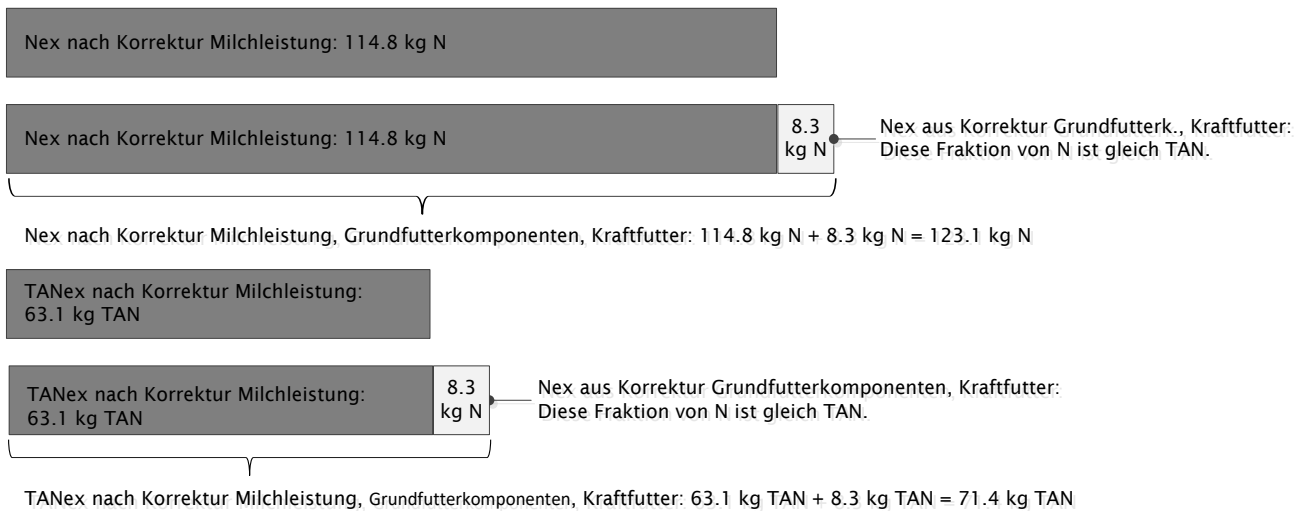


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Implementierung der Korrekturen bezüglich der N-Ausscheidung von Milchkühen und der Auswirkungen auf die ausgeschiedene TAN-Menge. Parameter des gewählten Beispiels: Milchleistung: 8000 kg pro Jahr, Grundfutterkomponenten: nur Gras im Sommer, Mais- und Grassilage im Winter; Kraftfutter: 1.5 kg pro Tag im Sommer, 3 kg pro Tag im Winter.

### 2.1.6.3.2 Schweine

Für die Zeitreihe 1990 bis 2019 wird mit den N-Ausscheidungswerten entsprechend der jeweils gültigen Version GRUDAF/GRUD Werten gerechnet (Tabelle 4). Diese stellen Basiswerte dar, welche mittels linearer Korrektur angepasst werden. Dabei wird die N-Ausscheidung für jede Tierkategorie basierend auf dem durchschnittlichen Rohproteingehalt und dem Energiegehalt der verfütterten Ration und den Basiswerten für den Energiegehalt (VES: Verdauliche Energie Schweine) und den Rohproteingehalt (RP) der Ration sowie Korrekturfaktoren berechnet. Zusätzlich gelten Tiefstwerte für die N-Ausscheidung, welche nicht unterschritten werden dürfen. Die Basiswerte, Korrekturfaktoren und Tiefstwerte für die N-Ausscheidung sowie eine Beschreibung der Berechnung, welche auf basiert, sind in Anhang 7.5 von Kupper et al. (2018) aufgeführt.

Für die Stichjahre 2007, 2010 und 2015 basieren die Rohproteingehalte in der Ration auf den Daten der Umfrage zur Produktionstechnik. Für 2002 erfolgte noch keine Erhebung des RP-Gehalts, weshalb die Basiswerte gemäss BLW (2017) verwendet wurden. Für 1990 und 1995 stammen Rohproteingehalte in der Ration aus Kessler et al. (1994). Für den Energiegehalt der Rationen wurden für alle Stichjahre die Basiswerte gemäss BLW (2017) übernommen. Die Daten sind in Anhang 7.5 aufgeführt. Die Basiswerte für den Energie- und den Rohproteingehalt der Ration, die Korrekturfaktoren und die Tiefstwerte für die N-Ausscheidung stammen aus der neuen Grundlage für die lineare Korrektur (BLW, 2017) und werden für die ganze Zeitreihe angewendet. Dies erscheint aus den folgenden Gründen als die fachliche korrekteste Lösung:

- Ausscheidungswerte gemäss GRUD 2017 (Richner et al., 2017) und die Grundlagen für die lineare Korrektur (BLW, 2017) sind aufeinander abgestimmt.
- Die Basiswerte für VES und RP gemäss BLW (2017) stammen von einer Studie von 2008 (Spring, Bracher, 2013). Aktuellere Werte sind nicht verfügbar. Es macht demnach keinen Sinn eine Kombination früherer Versionen GRUDAF – Lineare Korrektur nach Futtergehalten zu verwenden: z.B. GRUDAF 2009 (Flisch et al., 2009) kombiniert mit Agridea, BLW (2009, 2011). Die älteren Unterlagen basieren auf weniger gut abgestützten Grundlagen (die Daten der Studie von Spring, Bracher (2013) waren noch nicht verfügbar).
- In den 1990er Jahre wurden keine Korrekturfaktoren, Basiswerte etc. publiziert. Die Herleitung von Werten, welche für diese Zeit angepasst wären, ist schwierig und würde kaum zu fachlich besser abgestützten Werten führen.

#### **2.1.6.4 Korrektur der N-Ausscheidung für Tierkategorien mit mehreren Umtrieben**

Betriebe, welche eine bestimmte Tierkategorie halten, können am Referenztag (vgl. Kap. 2.1.5.2) besetzte oder nicht besetzte Tierplätze aufweisen. Dies ist dann der Fall, wenn mehrere Umtriebe pro Jahr vorkommen, die Tiere mittels Rein-Raus-Verfahren gehalten werden (z.B. Mastpoulets, Mastschweine) und der Stichtag auf die Leerzeit fällt. In diesem Fall gibt der Betrieb korrekterweise die Tierzahl Null ein, auch wenn er die betreffende Tierkategorie hält. Die Tierzahl, erhoben an einem Stichtag, würde damit nur belegte Tierplätze einschliessen. Richner et al. (2017) geben in der GRUD 2017 die N-Ausscheidungen pro Tier oder pro Tierplatz an. Darin sind die Leerzeiten eingerechnet. Wird in diesem Fall bei der Berechnung der Ausscheidung die an einem Stichtag erhobene Anzahl von Tieren verwendet, wird die Anzahl der Tierplätze unterschätzt.

Bei Mastschweinen und Mastpoulets ist der Unterschied zwischen der Tierzahl am Stichtag und der nach der Anzahl der Plätze erhobenen Tiere relativ gross. Ausserdem tragen diese beiden Kategorien zu einem relativ hohen Anteil der Gesamtemissionen bei. Daher schätzt Florian Kohler (BFS) für diese beiden Tierkategorien die Platzzahl auf der Grundlage der Schlachtviehstatistik (Agristat). Die Gesamtzahl der Tiere eines Jahres wird auf der Grundlage der Anzahl der zur Schlachtung bestimmten Tiere, einschliesslich der für den menschlichen Verzehr ungeeigneten Tiere, geschätzt. Auch die in landwirtschaftlichen Betrieben verarbeiteten Tiere und die exportierten, lebenden Tiere werden in die Berechnungen einbezogen. Ausserdem wird von einem Anteil von 3 % an Tieren, die vor Erreichen des Schlachtalters verenden, ausgegangen. Die Anzahl der Plätze wird dann auf der Grundlage der Anzahl der Umtriebe pro Jahr abgezogen. Hauptsächlich basierend auf den Angaben in den verschiedenen GRUD-Ausgaben, wird die Anzahl der Umtriebe pro Jahr für die Jahre 1990, 2002, 2010 und 2015 festgelegt. Die dazwischenliegenden Jahre werden mit einer linearen Entwicklung abgezogen. Jedes Jahr werden die so geschätzten Zahlen mit den am Stichtag erhobenen Tierzahlen verglichen, um zu überprüfen, ob die Abweichung zwischen den beiden Zahlen plausibel ist und ob die Entwicklung der beiden Kurven kohärent ist.

#### **2.1.7 Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik**

##### **2.1.7.1 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, 2010, 2015 und 2019. 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.

##### **2.1.7.2 Umfragen 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019**

Die Umfragen erfolgten mittels per Post verschickter Fragebogen<sup>9</sup>. Eine nach Betriebsklassen geschichtete Stichprobe von 3877 (2002), 6565 (2007), 6351 (2010), 5813 (2015) und 5683 (2019) 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%, 10.8%, 10.9% und 11.3% (2002, 2007, 2010, 2015 bzw. 2019) der Landwirtschaftsbetriebe der Schweiz (Anzahl Betriebe: 2002: 67'421; 2007: 61'764; 2010: 59'065; 2015: 53'306; 2019: 50'278). Damit wurden 3.8%, 7.2%, 6.9%, 14.9% und 15.5% (2002, 2007, 2010, 2015 bzw. 2019) der Grossvieheinheiten (GVE) erfasst (Anzahl

---

<sup>9</sup> Verfügbar unter <https://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>  
«Muster des Fragebogens der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakemissionen 2015»

GVE total: 2002: 1'305'375; 2007: 1'293'283; 2010: 1'325'666; 2015; 1'267'949; 2019: 1'301'381).

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 (exkl. Saugferkel) oder 1500 Stück Geflügel. Dies betraf 2019 8'177 Betriebe mit insgesamt 28'556 Grossvieheinheiten (GVE; 2007: 10'774 Betriebe mit 40'063 GVE). Die so bereinigte Grundgesamtheit zur Ziehung der Stichprobe umfasste 2019 41'101 Betriebe mit 1'272'824 GVE (2015 44'788 Betriebe mit 1'267'949 GVE; 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 6). 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.

Tabelle 6: Schichtung der Betriebe für die Umfrage nach a) drei geographischen Regionen, b) drei Höhenstufen und c) fünf Betriebstypen

a) Geographische Region (Kantone)		b) Höhenstufen <sup>a</sup>		
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 <sup>b</sup> /LN <sup>c</sup>	RiGVE <sup>d</sup> /GVE <sup>e</sup>	SG <sup>f</sup> /GVE	Betriebstypologie <sup>g</sup>
1 Pflanzenbaubetriebe	>70%	-	-	1511 bis 1516
2 Rindviehhaltungsbetriebe	<25%	>75%	-	1521-1523
3 Veredlungsbetrieb	<25%	-	>50%	1542, 1543, 1553
4 Gemischte Betriebe	>40%	>75%	-	1551, 1552, 1555, 1556
5 Übrige Betriebe	-	-	-	1531, 1544, 1557

<sup>a</sup> 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)

<sup>b</sup> Offene Ackerfläche

<sup>c</sup> Landwirtschaftliche Nutzfläche

<sup>d</sup> Rinder Grossvieheinheit

<sup>e</sup> Grossvieheinheit

<sup>f</sup> Schweine- und Geflügel-Grossvieheinheit

<sup>g</sup> Betriebstypologie gemäss Hoop, Schmid (2016)

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, 2020), sowie Mindestanforderungen betreffend Betriebsgrösse, Angaben zu Aufstallung, Hofdüngerlager und -ausbringung für wichtige Tierkategorien.

Schlussendlich verblieben 1950 (2002), 3133 (2007), 2957 (2010), 2688 (2015), 2639 (2019) auswertbare Datensätze, was 50.3%, 47.7%, 46.6%, 46.2% bzw. 46.4% der verschickten Fragebogen entspricht. Tabelle 7 zeigt, dass der Rücklauf für 22 der 40 Betriebsklassen dem Soll entspricht.

Tabelle 7: Charakterisierung der Betriebsklassen zur Auswertung der Umfrage 2019. Die Spalte ganz rechts zeigt die mittlere Anzahl GVE der ausgewerteten Datensätze in Prozent der gemittelten Werte der Grundgesamtheit jeder einzelnen Betriebsklasse

Betriebsklasse	Geograph. Region	Betriebstyp	Höhenstufe	Umfang der Stichprobe (Anzahl Betriebe)	Datensätze zur Auswertung (Anzahl Betriebe)	Rücklauf der Fragebogen in % des Rücklaufswerts	Anteil GVE in % der Grundgesamtheit je Betriebsklasse	Mittelw. der GVE pro Betrieb der Betriebe der ausgewerteten Datensätze in % der gemittelten GVE der Grundgesamtheit
1	Ost Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	152	73	114%	5.0%	104%
2		Pflanzenbaubetrieb	Hügel/Berg	55	28	140%	70%	178%
3		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	181	91	99%	5.4%	108%
4		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	135	68	101%	3.4%	92%
5		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	272	130	104%	3.7%	105%
6		Veredlungsbetrieb	Tal	274	124	104%	15%	98%
7		Veredlungsbetrieb	Hügel	89	44	110%	13%	87%
8		Veredlungsbetrieb	Berg	60	28	80%	17%	120%
9		Gemischter Betrieb	Tal	220	107	108%	7.9%	109%
10		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	36	24	120%	28%	117%
32		Übrige Betriebe	Tal	105	54	135%	3.6%	95%
33		Übrige Betriebe	Hügel	46	17	85%	4.3%	39%
34		Übrige Betriebe	Berg	118	67	118%	5.7%	93%
11		Zentral Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	309	152	106%	4.3%
12	Pflanzenbaubetrieb		Hügel/Berg	229	109	117%	3.2%	106%
13	Rindviehhaltungsbetrieb		Tal	221	122	99%	6.3%	85%
14	Rindviehhaltungsbetrieb		Hügel	133	67	87%	5.3%	99%
15	Rindviehhaltungsbetrieb		Berg	41	19	95%	8.4%	102%
16	Veredlungsbetrieb		Tal	320	165	103%	6.5%	100%
17	Veredlungsbetrieb		Hügel	93	50	109%	6.0%	103%
18	Veredlungsbetrieb		Berg	334	104	74%	7.1%	169%
19	Gemischter Betrieb		Tal	62	27	135%	29%	257%
20	Gemischter Betrieb		Hügel/Berg	42	12	60%	1.5%	27%
35	Übrige Betriebe		Tal	80	35	100%	9.1%	96%
36	Übrige Betriebe		Hügel	282	121	98%	11%	97%
37	Übrige Betriebe		Berg	433	184	100%	11%	109%
21	West/Süd Schweiz		Pflanzenbaubetrieb	Tal	118	63	98%	15%
22		Pflanzenbaubetrieb	Hügel	97	47	82%	27%	93%
23		Pflanzenbaubetrieb	Berg	47	19	95%	32%	109%
24		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	286	150	100%	12%	104%
25		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	98	46	87%	10%	106%
26		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	54	17	81%	2.7%	133%
27		Veredlungsbetrieb	Tal	60	21	105%	9.1%	123%
28		Veredlungsbetrieb	Hügel	51	21	105%	3.2%	112%
29		Veredlungsbetrieb	Berg	82	36	129%	3.7%	90%
30		Gemischter Betrieb	Tal	55	23	115%	5.2%	152%
31		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	57	21	105%	9.8%	145%
38		Übrige Betriebe	Tal	157	61	92%	11%	90%
39		Übrige Betriebe	Hügel	132	55	131%	19%	107%
40		Übrige Betriebe	Berg	67	37	148%	7.4%	118%
Total				5683	2639	-	7.5%	-

Zur Überprüfung der Repräsentativität der auswertbaren Datensätze wurde der mittlere Nutztierbestand in GVE als wichtige Grössen mit der Grundgesamtheit innerhalb der einzelnen Klassen verglichen (Tabelle 7).

Für die Mehrheit der Klassen stimmte die Anzahl GVE der auswertbaren Datensätze 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 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.

### **2.1.7.3 Plausibilisierung der Datensätze der Umfragen**

Die aus der Umfrage resultierenden, anonymisierten Datensätze wurden in eine Datenbank eingelesen. Bei diesem Schritt wurden verschiedene Tests hinsichtlich Vollständigkeit und Plausibilität durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die Übereinstimmung der auf dem Betrieb gemäss Landwirtschaftliche Betriebszählung 2019 (BFS, 2020) vorhandenen Tierkategorien mit den Einträgen in den Fragebogen überprüft. Bei fehlenden Einträgen im Fragebogen wurden Standardwerte eingesetzt. Fehlende Parameter, welche einen signifikanten Einfluss auf die Emissionen haben, wurden durch Werte ersetzt, die tendenziell eine Überschätzung der Emissionen bewirken. So wurde etwa bei einem fehlenden Eintrag beim Hofdüngelager ein Lager ohne Abdeckung angenommen oder bei fehlenden Angaben zur Gülleausbringtechnik der Einsatz eines Pralltellers. Weiter erfolgte bei Doppeleinträgen 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 online<sup>10</sup> verfügbar.

Zusätzlich erfolgte für die Datensätze der Umfragen 2007, 2010 und 2015 eine Auswertung hinsichtlich des Anteils fehlender und nicht eindeutiger Einträge (d.h. derjenigen Datensätze, welche die Plausibilisierung durchlaufen). Die Resultate sowie detaillierte Zusammenstellung der Anteile fehlender, nicht eindeutiger oder fehlerhafter Einträge ist in Anhang 7.1 von Kupper et al. (2018) aufgeführt.

Für die Umfrage von 2019 wurde eine Auswahl von wichtigen Parametern untersucht hinsichtlich des Anteils fehlender und nicht eindeutiger Einträge. Die Resultate sind mit den Resultaten der früheren Umfragen vergleichbar: mittlere Anteile fehlender, nicht eindeutiger und fehlerhafter Einträge rund 10% pro Fragebogen. Dieser Anteil dürfte die Eingabeparameter als Grundlage zur Berechnung der Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.9) in begrenztem Ausmass beeinflussen.

### **2.1.7.4 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 (BLW, 2009), Annahmen nach Reidy und Menzi

---

<sup>10</sup> <https://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakemissionen 2007; Dokument in Englisch)

(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 7.5, Seite 78ff verfügbar.

### 2.1.8 Einzelbetriebliche Berechnung

Die plausibilisierten, anonymisierten Datensätze der Umfragen 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 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  $N_{\text{tot}}$  und TAN bestimmt.

### 2.1.9 Berechnung von mittleren Emissionsfaktoren (Betriebs- und Tierkategorien)

Basierend auf den Resultaten der einzelbetrieblichen Berechnung (Kap. 2.1.3.4) wurde für jede Tierkategorie der 32 Betriebsklassen der mittlere Emissionsfaktor (EF;  $\text{NH}_3$  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 4 ist das bisher angewendete Vorgehen (Kupper et al., 2018) für die Ausbringung von Gülle von Milchkühen exemplarisch dargestellt. Das Streudiagramm zeigt die Anzahl Milchkühe pro Einzelbetrieb gegenüber der jährlichen Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle der Betriebsklasse 30 (gemischte Betriebe Talzone). 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.  $13.818 \text{ kg NH}_3\text{-N}$ ).

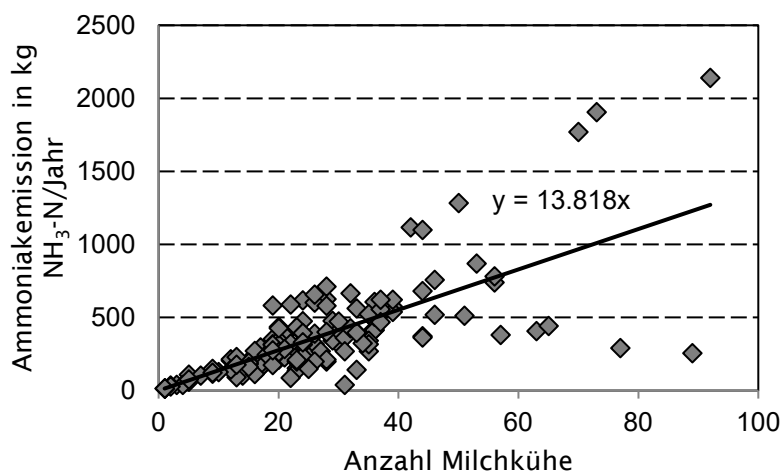


Abbildung 4: Exemplarische Darstellung des bisher angewendeten Vorgehens Lineare Regression zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors für die Betriebsklasse 30: Anzahl Milchkühe pro Betrieb versus jährliche Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle. Anzahl Betriebe: 146, Anzahl 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:  $13.818 \text{ kg NH}_3\text{-N}$ .

Abbildung 4 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.

Dieses Vorgehen hat den Nachteil, dass einzelne grosse Betriebe einen Emissionsfaktor überproportional beeinflussen können. Tabelle 8 und Abbildung 5 zeigen exemplarisch, dass grosse Betriebe mit Milchkühen, die typischerweise Laufställe haben und damit deutlich hö-

here Emissionsfaktoren aufweisen als Betriebe mit Anbindestall, den mittleren Emissionsfaktor über alle Betriebe überproportional erhöhen. In diesem Fall ist der Emissionsfaktor ermittelt mittels linearer Regression (13.9 kg NH<sub>3</sub>-N pro Jahr) fast gleich hoch wie der mittlere Emissionsfaktor der drei Betriebe mit Laufstall (14.0 kg NH<sub>3</sub>-N pro Jahr), obwohl diese nur 74% der Tiere enthalten und 89% der Gesamtemissionen produzieren. Der Emissionsfaktor bestimmt mittels gewichteten Mittelwerts ( $\Sigma\text{Emission} / \Sigma\text{Tiere}$ ) bildet die Situation, in der auch Anbindeställe mit wesentlich tieferen Emissionsfaktoren enthalten sind, adäquater ab. Die Differenz beträgt in diesem Fall ca. 13%, kann in gewissen Fällen jedoch deutlich höher liegen.

Tabelle 8: Beispielbetriebe mit Milchkühen zum Vergleich des neu angewendeten Vorgehens zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors mit dem bisher angewendeten Verfahren basierend auf linearer Regression

	Tiere	Emissionsfaktor	Emission	Stallsystem	Weide		Laufhof
	Anzahl	kg NH <sub>3</sub> -N / Jahr			Tage/Jahr	Stunden/Tag	Tage/Jahr
Betrieb 1	30	5.3	159	Anbindestall	200	9	90
Betrieb 2	18	4.4	78	Anbindestall	210	16	90
Betrieb 3	25	5.9	147	Anbindestall	180	4	90
Betrieb 4	50	14.3	713	Laufstall	160	8	365
Betrieb 5	120	15.1	1810	Laufstall	180	4	365
Betrieb 6	40	12.7	509	Laufstall	220	16	220

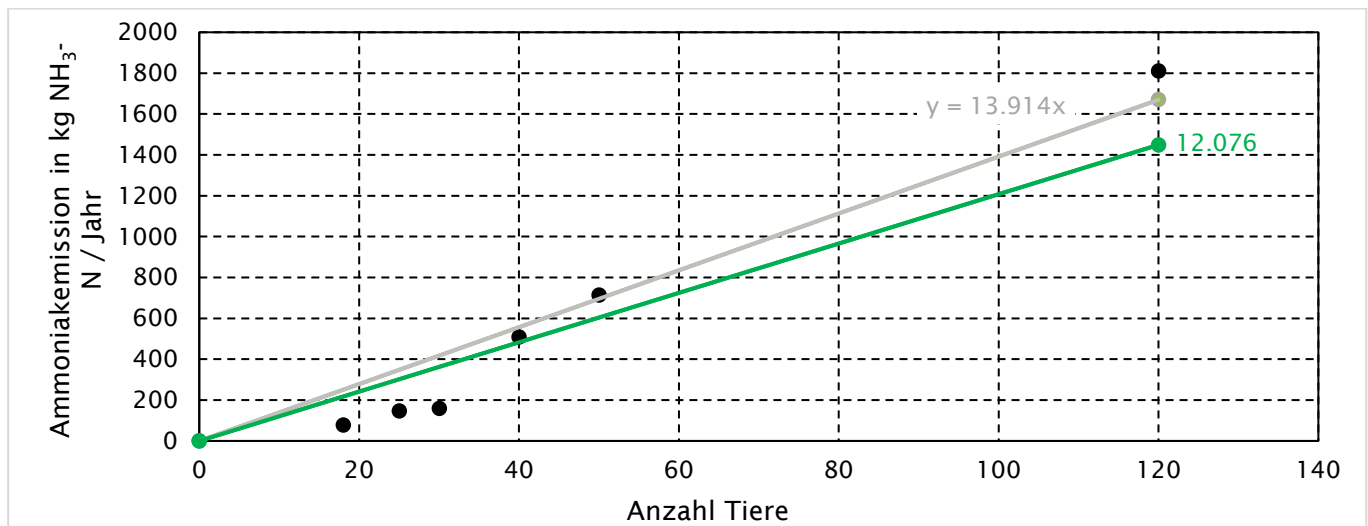


Abbildung 5: Exemplarische Darstellung des neu angewendeten Vorgehens zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors für Milchkühe basierend auf den Emissionen von 6 Betrieben (schwarze Punkte): Anzahl Tiere pro Betrieb versus jährliche Ammoniakemission aus der Stufe Stall. Grüne Linie: neuer Ansatz:  $\Sigma\text{Emission} / \Sigma\text{Tiere}$ ; graue Linie bisheriger Ansatz basierend auf linearer Regression. Ebenfalls angegeben sind die resultierenden Emissionsfaktoren: neu in grün, bisher in grau.

Analog dazu wurde der mittlere Gesamtemissionsfaktor pro Tierkategorie einer Betriebsklasse ermittelt. Er entspricht der Summe der Emissionsfaktoren aller Emissionsstufen. Neben dem mittleren Emissionsfaktor pro Tierkategorie von jeder einzelnen Betriebsklasse wurde dementsprechend der mittlere Emissionsfaktor pro Tierkategorie der drei Höhenstufen 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 Höhenstufe 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  $N_{\text{tot}}$  und TAN erfolgte nach dem gleichen Vorgehen.

### 2.1.10 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz

Die gewichteten mittleren Emissionsfaktoren von Rindvieh, Schweinen, Geflügel, Pferden und anderen Equiden sowie Kleinwiederkäuern wurden pro Tierkategorie und für jede Emissionsstufe mit den gesamtschweizerischen Tierzahlen multipliziert (vgl. Anhang 7.1). Für die Ermittlung der gesamtschweizerischen Flüsse von  $N_{\text{tot}}$  und TAN wurde gleich vorgegangen. Die Emissionen der anderen Raufutter verzehrenden Nutztieren und der Kaninchen wurden für jedes Stichjahr 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 mittels eines Datensatzes in Agrammon berechnet. Dabei wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Stallsystem für alle Tierkategorien: Tiefstreue
- Weidedauer: Bisons: wie Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig; Dam- und Rothirsche, Lamas, Alpakas: wie Schafe; Kaninchen: keine Weide
- Hofdüngerlager Mist für alle Tierkategorien: keine direkte Ausbringung, kein gedeckt gelagerter Mist
- Ausbringung Mist für alle Tierkategorien: Werte des jeweiligen Stichjahrs gemäss Anhang 7.5)

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. Durch Addition der nicht-landwirtschaftlichen Emissionen nach FOEN (2022a) ergaben sich die Gesamtemissionen.

Zur Emissionshochrechnung für 1990 und 1995 wurden die Eingabeparameter und die Tierzahlen der Jahre 1990 und 1995 direkt ins Regionalmodell 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.  $m^3$  mit einem Anteil an offenen Lagern von 13% auf (vgl. Tabelle 10). Für die Gülleausbringung wurden einheitliche Werte angenommen: 100% der Gülle ausgebracht mittels Prallteller, Gülleverdünnung: 1:1; mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe: 30  $m^3$  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, 2010, 2015 und 2019 wurden die N-Ausscheidungen und die Emissionsfaktoren jeder Tierkategorie linear interpoliert und mit den Tierzahlen des jeweiligen Jahres multipliziert. Die Emissionen von mineralischen Stickstoffdüngern und Recyclingdüngern wurden je nach Datengrundlage jährlich oder für die einzelnen Stichjahre berechnet (Kap. 2.2.5, 2.2.6. Für die dazwischenliegenden Jahre erfolgte die Bestimmung der Emissionen mittels linearer Interpolation.

## 2.2 Eingabedaten

### 2.2.1 Tierzahlen

Die Entwicklung der wichtigsten Tierkategorien Rindvieh, Schweine und Geflügel zwischen 1990 bis 2020 ist in Abbildung 6 dargestellt. Die verwendeten Tierzahlen stammen aus der



landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung des BFS. Der totale Rindvieh- und Schweinebestand nahm zwischen 1990 und 2020 um 18% bzw. 28% ab. Demgegenüber stand eine Zunahme des Geflügelbestands um einen Faktor von 2.1. 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 2020 um 30% tiefer als 1990, wobei der Bestand zwischen 2010 und 2015 praktisch konstant blieb. 2020 lag die Anzahl Milchkühe um 6% tiefer als 2015. Die Trends der übrigen Rindviehkategorien verliefen ähnlich mit Ausnahme der Mutterkühe und der Mutterkuhkälber, deren Anzahl zwischen 1990 und 2020 kontinuierlich zunahm. Der Bestand lag 2020 rund elf Mal höher als 1990. Der Kuhbestand insgesamt (Milch- und Mutterkühe) nahm zwischen 1990 und 2020 um 15% ab. Bei den Mastschweinen war zwischen 1990 und 1995 eine Abnahme von- rund 12% zu beobachten. Bis zu Beginn der 2000er Jahre nahm der Bestand nochmals um rund 10 Prozentpunkte ab und blieb bis 2010 ungefähr konstant. Anschliessend erfolgte wieder eine kontinuierliche Abnahme, so dass 2020 der Bestand um 33% tiefer lag als 1990.

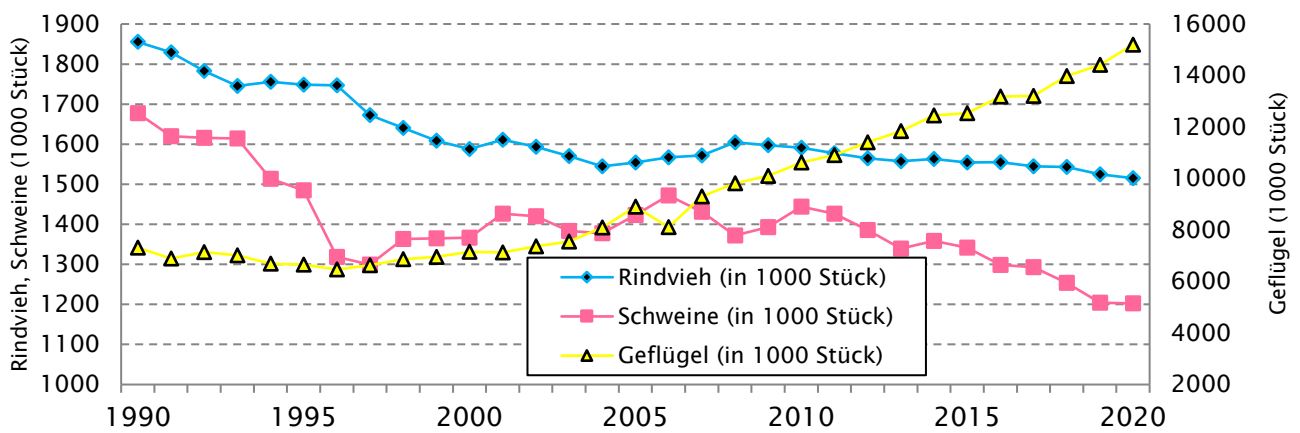


Abbildung 6: Zeitreihe der Anzahl Rindvieh, Schweine und Geflügel in der Schweiz von 1990 – 2020.

Der Gesamtbestand der Schweine entwickelte sich zwischen 1990 und 2020 ähnlich wie die Mastschweine mit einer Abnahme um 28%. Diese Entwicklung ist auf den genetischen Fortschritt zurückzuführen. Die Zunahme beim Geflügel hängt mit der starken Ausdehnung der Produktion von Mastpoulets zusammen. Deren Bestand nahm zwischen 1990 und 2020 mehr oder weniger konstant zu und lag 2020 um einen Faktor von rund drei höher als 1990. Die Anzahl Legehennen nahm zwischen 1990 und 1995 um rund 30% ab und blieb bis 2007 etwa konstant. Seither stieg die Tierzahl wieder an und lag 2020 um rund 25% höher als 1990 (Zunahme gegenüber 2007: 75%). Bei den Kategorien der Pferde und anderen Equiden sowie der Kleinwiederkäuer war zwischen 1990 und 2020 eine Erhöhung der Bestände um einen Faktor von 2.35 bzw. um 17% zu beobachten. Eine Liste der für die Hochrechnungen von 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 verwendeten Tierzahlen ist im Anhang 7.1 aufgeführt.

### 2.2.2 Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen

Bisher wurde davon ausgegangen, dass Emissionen von Ammoniak aus Landwirtschaftsflächen (Grasland, offene Ackerfläche) aufgrund von Prozessen im Pflanzenbestand entstehen (Kupper et al., 2013). Die entsprechende Emissionsrate aus Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen wurde gemäss Schjoerring, Mattsson (2001) auf 2 kg NH<sub>3</sub>-N pro ha LN festgelegt. Für alpwirtschaftliche Flächen wurde eine Emissionsrate von 0.5 kg NH<sub>3</sub>-N pro ha angenommen. Gemäss EEA (2016) lassen sich diese Emissionen jedoch nicht von denjenigen unterscheiden, welche auf die Ausbringung von mineralischen N-Düngern zurückzuführen sind (Kap. 2.2.5), und werden daher im Gegensatz zu früheren Versionen

des Emissionsinventars (Kupper et al., 2013, 2015) in der letzten (1990-2015; Kupper et al., 2018) und aktuellen Emissionsrechnung nicht mehr angerechnet.

### 2.2.3 Milchleistung

Die Milchleistung einer Milchkuh steht in engem Zusammenhang mit der Stickstoffausscheidung und hat deshalb einen Einfluss auf die Ammoniakemissionen. Die Milchleistung wurde mittels Umfrage 2007, 2010, 2015 und 2019 erhoben und analog den Emissionsfaktoren hochgerechnet, woraus Werte von 6772 kg, 7031 kg, 7251 kg und 7305 kg pro Milchkuh und Jahr resultierte. Fehlende Angaben in den Fragebogen wurden durch diese Werte ersetzt. Die Mittelwerte von 2007 und 2010 liegen im Bereich der Milchleistung von 7009 kg pro Milchkuh und Jahr gemäss Erhebung der Zuchtviehverbände, welche auf den Milchleistungsprüfungen der Herdebuchtiere von 2007 basiert (BLW, 2008).

Im Jahr 2002 war die Milchleistung der Milchkühe nicht in der Umfrage enthalten. Diese 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. Diese Zahl stimmt mit der Milchproduktion «Kuhmilch» dividiert durch die Anzahl Milchkühe von 2002 relativ gut überein (Schweizerischer Bauernverband, 2003)<sup>11</sup>. 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) hergeleitet.

### 2.2.4 Produktionssysteme und -techniken

#### 2.2.4.1 Einleitung

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 9 aufgeführt.

Tabelle 9: 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 Weide-tage pro Jahr Weide-stunden 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)	Auslauf-tage pro Jahr	Abdeckung des Güllelagers	Verdünnung der Gülle
Winterfütterung (Milchkühe)		Emissionsmindernde Massnahmen (Rindvieh, Schweine)*	Auslauf-stunden pro Tag	Häufigkeit des Aufrührens des Güllelagers	Mittlere Ausbringungsmenge von Gülle pro Gabe
Kraftfuttermenge (Milchkühe)		Abluftreinigung (Schweine, Geflügel)*	Laufhof-typ: Beschaffenheit des Bodens, Weide als Auslauf (Rindvieh)	Anteil von direkt ausgebrachtem Mist (Rindvieh, Schweine, Geflügel)	Anteil Gülleausbringung nach 18 Uhr
Gehalt an Rohprotein und verdauliche Energie der Rationen (Schweine)		Entmistungsintervall Geflügelställe		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

Die Entwicklung der wesentlichen Parameter im Zeitraum zwischen 1990 und 2019 wird im Folgenden zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation ist im Anhang 7.5 aufgeführt.

<sup>11</sup>  $3'931'900'000 \text{ kg} / 657'924 = 5976 \text{ kg pro Milchkuh und Jahr.}$

Betreffend die hier präsentierten Daten ist zu erwähnen, dass diese nicht direkt in die Emissionsrechnung einfließen. Die Berechnung erfolgt für alle Einzelbetriebe der Umfragen durch Mittelung der Emissionsfaktoren und Hochrechnung wie beschrieben in Kap. 2.1.8 bis 2.1.10. Die hier aufgeführten Daten dienen lediglich zur Charakterisierung der Produktionstechnik und damit als Grundlage zur Interpretation des Verlaufs der Emissionen zwischen 1990 und 2020.

#### **2.2.4.2 N-Ausscheidung**

**Milchkühe:** Die Milchleistung der Milchkühe hat zugenommen (vgl. Kap. 2.2.3), was mit einer Erhöhung der N-Ausscheidung einherging. Futtermittel, welche gemäss Modellrechnung eine Verminderung der N-Ausscheidung bewirken (Kraftfutter, Maiswürfel, Maissilage in Sommer und Winter) sowie solche, die eine Erhöhung bewirken (Heu im Sommer; Grassilage im Winter) wurden vermehrt verabreicht. Die Kombination der Entwicklung von Milchleistung und Fütterung führte zu einer Zunahme der ausgeschiedenen N-Menge von 100.4 kg N pro Kuh und Jahr (1990) auf 111.4 kg N pro Kuh und Jahr (2019).

**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 Richner et al., 2017; verwendet für die Hochrechnungen 2002 bis 2019, Tabelle 4). Werden die ermittelten durchschnittlichen Rohproteingehalte der Schweinerationen in der Praxis mitberücksichtigt (Hochrechnungen 1990, 1995 gemäss Kessler et al., 1994; 2002 bis 2019 gemäss Umfragen), lag die mittlere N-Ausscheidung pro Mastschwein 1990 bei 18.2 kg N und 2019 bei 11.3 kg N. Die Entwicklung verlief bei den anderen 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 (u.a. Verbot von Proteinkomponenten tierischer Herkunft im Futter) betrug die Basis N-Ausscheidung 2010 0.80 bzw. 0.45 kg N pro Tierplatz und Jahr (Tabelle 4) und nahm bis 2019 ab auf 0.36 kg N pro Tierplatz und Jahr (Mastpoulets). Bei Legehennen blieb die Ausscheidung 2019 bei 0.8 kg N pro Tierplatz. Die für die Emissionsrechnungen verwendeten Ausscheidungswerte sind in Tabelle 4 und im Anhang 7.7 bis 7.13 aufgeführt.

#### **2.2.4.3 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 2019 für alle Tierkategorien erhöht. Gemäss den für die Emissionsrechnungen verwendeten Angaben (1990 Expertenschätzung; 2019 Umfrage) hat insgesamt der Anteil des auf der Weide ausgeschiedenen TAN der landwirtschaftlichen Nutztiere (Sömmerungsgebiete nicht eingeschlossen) zwischen 1990 und 2019 von 8% auf 17% zugenommen. Die Weidedauer dürfte allerdings generell unterschätzt sein, da die Weidedauer für den Heimbetrieb abgefragt wird. Für Tiere, die gesömmert werden (geschätzte Anteile basierend auf BLW (2016) für Milchkühe: 18%, für Mutterkühe: 37%, übrige Rindviehkategorien: 40%), und dabei ganz- oder halbtags geweidet werden, hat dies zur Folge, dass die Aufenthaltsdauer im Stall überschätzt wird und dadurch der N-Fluss in den Stall generell zu hoch liegt. Dieses Problem konnte bis jetzt nicht befriedigend gelöst werden.

#### **2.2.4.4 Stall/Laufhof**

In der Zeit zwischen 1990 und 2019 haben Laufställe für alle Tierkategorien zugenommen (Beispiel: Anteil Milchkühe in Laufställen 1990: 6% (gemäss Schätzung); 2019: 58% 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 2019: 53% gemäss Umfrage). Bei Legehennen und Junghennen haben sich Ställe mit Kotbandentmistung gegenüber Ställen mit Bodenhaltung oder Kotgrube durchgesetzt (Anteil Ställe mit Kotbandentmistung bei Legehennen 2019: 88%; davon 81% ohne und 7% mit Kotbandbelüftung). Tränkebecken wurden bei allen Geflügelkategorien weitgehend durch nicht tropfende Tränkesysteme (z.B. Tränkenippel) ersetzt.

### 2.2.4.5 Hofdüngerlager

Gemäss Hochrechnung basierend auf den Umfragen betrug das Lagervolumen von Gülle im Jahr 2002 17.8 Mio. m<sup>3</sup>, 2007 17.1 Mio. m<sup>3</sup> und 2010 16.0 Mio. m<sup>3</sup> (Tabelle 10). Für 2015 und 2019 wurde keine Schätzung des Lagervolumens durchgeführt. 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. m<sup>3</sup> an, was um rund 6% über dem Wert gemäss Umfrage von 2002 liegt. Für 2010 errechnete das BFS ein Gesamtvolumen von 20.0 Mio. m<sup>3</sup> (pers. Mitteilung A. Zesiger, BFS) und für 2013 19.9 Mio. m<sup>3</sup>. Die höheren Zahlen des BFS hinsichtlich Lagervolumen sind vermutlich auf Unterschiede in der Erhebung zurückzuführen: im Fragebogen des BFS wurden Güllelager nicht explizit als ausserhalb des Stalles liegende Lager definiert. Dadurch dürften Vorgruben und Güllekeller in den Ställen Teil des Güllelagervolumen sein. Bei der Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik (Kap. 2.1.7) ist dies nicht oder weniger der Fall, da im Fragebogen das das Lagervolumen explizit als «Volumen des Güllelagers in m<sup>3</sup> (ohne Lagervolumen im Gebäudeinnern)» definiert wurde. Das Lagervolumen hat von 1990 bis 2010 um 29% zugenommen (Tabelle 10). 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. m<sup>3</sup> erscheint als wenig plausibel. Ursache dürfte die unterschiedliche Struktur der an den Umfragen teilnehmenden Betriebe sein. Das mittlere Lagervolumen der Umfragebetriebe nahm von 2002 bis 2020 von 240 m<sup>3</sup> auf 312 m<sup>3</sup> zu. Insgesamt resultierte zwischen 1990 und 2010 eine Erhöhung der emittierenden Oberfläche. Der Anteil von offenen Güllelagerbehältern hat leicht zugenommen, wobei dies eher überschätzt sein dürfte.

Tabelle 10: Lagervolumen von Gülle von 1990 bis 2010 in m<sup>3</sup>, Abdeckung der Güllelager in Prozent

	1990 <sup>a</sup>	1995 <sup>b</sup>	2002 <sup>c</sup>	2007 <sup>c</sup>	2010 <sup>c</sup>	1990	1995	2002	2007	2010
Abdeckung Güllelager	m <sup>3</sup>					%				
Keine Abdeckung	1'608'360	1'930'240	2'993'352 <sup>d</sup>	2'912'954 <sup>d</sup>	2'671'458	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. <sup>e</sup>	n.e. <sup>e</sup>	2'216'652	2'280'681	2'609'108	0	0	12	13	16
Folien / Folienzelt	n.e. <sup>e</sup>	n.e. <sup>e</sup>	0	24'637	34'993	0	0	0	0	0
Schwimmfolie	n.e. <sup>e</sup>	n.e. <sup>e</sup>	n.e. <sup>e</sup>	16'868	43'672	0	0	0	0	0
Volumen total in m <sup>3</sup>	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: <sup>a</sup> Meyre et al. (2000); <sup>b</sup> Saxer et al. (2004); <sup>c</sup> Umfragen 2002, 2007 und 2010

<sup>d</sup> Davon 907'465 m<sup>3</sup> (2002), 1'224'395 m<sup>3</sup> (2007) bzw. 978'445 m<sup>3</sup> (2010) mit natürlicher Schwimmschicht

<sup>e</sup> nicht erhoben

### 2.2.4.6 Hofdüngerausbringung

Die Gülleausbringung mit emissionsmindernden Verfahren hat seit 2002 kontinuierlich zugenommen. Im Jahr 2015 wurde 36% der Güllemenge mittels Schleppschauch und je ca. 1% mittels Schleppschuh und Gölledrill ausgebracht. Diese Anteile änderten sich praktisch nicht bis 2019. Bei Mist lag der Anteil, der nach der Ausbringung nicht eingearbeitet wird, zwischen

2002 und 2019 bei rund 50%. Weitere Parameter, welche die Emissionen bei der Hofdüngerausbringung beeinflussen (Jahreszeit der Ausbringung, Gülleverdünnung, -ausbringung am Abend) haben sich wenig verändert mit Ausnahme der jahreszeitlichen Verteilung der Gülleaussbringung, welche sich eher in die Zeit zwischen September und Mai verlagert hat mit weniger als 50% Anteil vor 2010 und rund 55% nach 2010.

## 2.2.5 Ausbringung von mineralischen Stickstoffdüngern

### 2.2.5.1 Bestimmung der Gesamtmenge, Emissionsraten und Berechnung der Emissionen

Die Berechnung der Ammoniakemissionen infolge Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern basiert wie die Emissionen aus der Tierproduktion auf dem N-Fluss im System und Emissionsraten. Der in Mineraldüngern enthaltene Stickstoff entspricht dem löslichen Stickstoff. Eine Umrechnung in TAN wie bei Gülle und Mist ist daher nicht erforderlich.

Die N-Menge stützt sich vom Jahr 2006 an auf jährlich erhobene Daten von Agricura<sup>12</sup> (Agricura, 2011, 2016, 2021). Für die Zeit zwischen 1996 für 2005 basieren die Daten auf der Importstatistik der Treuhandstelle der schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter<sup>13</sup>. Für die Jahre zwischen 1996 und 2020 liegen die Daten als N-Gesamtmenge aufgelöst nach einzelnen Düngertypen vor (Tabelle 11). Über die Zeit haben die Zolltarifnummern und die Namen der Düngertypen teilweise geändert. Eine eindeutige Zuordnung war ab 1996 dennoch möglich. Für die Zeit zwischen 1990 und 1995 lagen nur Gesamtmengen an N für Harnstoff und die Summe der übrigen Typen mineralischer N-Dünger vor<sup>13</sup>. Für diese Jahre wurde eine Verteilung der Düngertypen angenommen wie für 1996. Die Bestimmung der Mengen der einzelnen Düngertypen basierte auf dem Verhältnis der Gesamtmengen an N des jeweiligen Jahres und 1996 sowie dem Verhältnis zwischen der N-Menge von jedem Düngertyp des Jahres 1996 und der gesamten N-Menge von mineralischen N-Düngern von 1996.

Von der in Tabelle 11 aufgeführten Gesamtmenge an N je Düngertyp wurden für die Emissionsrechnung die folgenden Mengen an Stickstoff abgezogen:

1. Verwendung in der Paralandwirtschaft (Privat- und Hobbygartenbau, Profigartenbau, Rasenflächen): 4% für alle Düngertypen.
2. Verwendung von mineralischen N-Düngern im Fürstentum Liechtenstein, welche in der Gesamtmenge ebenfalls eingeschlossen ist. Dies entspricht einer Menge von rund 0.4% des Verbrauchs der Schweiz.

Dabei wurde vereinfachend angenommen, dass die oben aufgeführten Abzüge für alle in Tabelle 11 aufgeführten Düngertypen anwendbar sind. Dies ist in Wirklichkeit vermutlich nicht der Fall denn die von Kupper et al. (2018) durchgeführte Erhebung lässt keine Zuordnung der in der Paralandwirtschaft aufgeführten N-Menge aufgelöst nach Düngertyp zu.

Tabelle 11 zeigt, dass der Gesamtverbrauch zwischen 1990 und 2020 um 38% abgenommen hat. Das Jahr 2020 weist mit rund 43'000 t N einen sehr tiefen Wert auf. Allerdings ist über die Zeitreihe ein klar abnehmender Trend zu beobachten. Der durchschnittliche N-Verbrauch lag zwischen 2015 und 2020 um 29% tiefer im Vergleich zum Zeitraum zwischen 1990 und 1995. Die N-Menge von Harnstoff und anderen mineralischen Stickstoffdüngern wurde für

---

<sup>12</sup> Zur Erläuterung: mineralische N-Dünger sind der obligatorischen Pflichtlagerhaltung gemäss Landesversorgungsgesetz (LVG) unterstellt. Demnach sind Importeure und Hersteller verpflichtet, ständig einen ihrem Marktanteil entsprechenden Vorrat an Lager zu halten. Die Agricura ist im Sinne der wirtschaftlichen Landesversorgung eine privatrechtliche Selbsthilfeorganisation der Schweizerischen Stickstoffpflichtlagerhalter. Als Genossenschaft erfüllt sie Aufgaben, die ihr vom Bund im Zusammenhang mit der Pflichtlagerhaltung übertragen werden (<https://www.agricura.ch/>; 14.11.2017)

<sup>13</sup> Daten zusammengestellt und zur Verfügung gestellt von E. Spiess, Agroscope.

das Jahr 2007 mit den gemäss Umfragedaten hochgerechneten N-Mengen<sup>14</sup> verglichen. Die Übereinstimmung war bei einer Abweichung von +5% gut.

Tabelle 11: Zolltarifnummern von 2020, Düngertypen und Verwendungsmenge von mineralischen Stickstoffdüngern in der Schweiz (inkl. Liechtenstein) in t N pro Jahr (Quellen: 1990-2002: Treuhandstelle der Schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter; Daten zusammengestellt und zur Verfügung gestellt von E. Spiess, Agroscope), 2007 - 2019: Agricura, 2011, 2016, 2021)

Zolltarif-Nr.	Name	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020
2814.2000.011	Ammoniakgas	0	0	0	2.3	0	5.5	0
2834.2100.011	Kaliumnitrat	133	126	91	105	64	121	69
3102.1000.011	Harnstoff	17'000	11'185	8'385	8'680	7'424	7'232	7'582
3102.2100.011	Ammoniumsulfat	1'810	1'711	841	1'142	1'001	1'242	1'049
3102.2900.011	Ammoniumsulfatsalpeter	1'001	946	1'167	1'263	3'205	2'426	2'759
3102.3000.011	Ammoniumnitrat (AN)	27'607	26'095	19'570	17'554	19'350	11'693	1'679
3102.4000.011	Mischungen AN-Calciumcarbonat	12'909	12'202	15'689	15'569	14'821	12'224	18'256
3102.5000.011	Natriumnitrat	8.4	8.0	12	1.8	0	0	0
3102.6000.011	Doppelsalze*	217	205	168	393	147	410	288
3102.9010.011	Calciumcyanamid**	273	258	355	349	351	76	308
3102.8000.011	Mischungen Harnstoff/AN	0	0	0	0	0	322	149
3102.9090.013	Andere Stickstoffdüngemittel***	447	423	1'526	1'824	949	1'844	3'583
3102.9000.011	Calcium-Magnesiumnitrat <sup>#</sup>	786	743	46	58	97	37	50
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger <sup>##</sup>	6'057	5'726	6'254	5'924	7'163	7'517	5'358
3105.3000.011	Diammoniumorthophosphat	1'303	1'232	1'340	1'003	528	523	735
3105.4000.011	Monoammoniumorthophosphat	30	29	15	58	119	0.9	27
3105.5100.011	Mehrnährstoffdünger NP	119	112	267	0	261	93	1'138
	Total	69'700	61'000	55'726	53'925	55'480	45'766	43'028

\* \*\*, \*\*\*, #, ##: beim aufgeführten Düngertyp eingeschlossen sind die folgenden Dünger (Zolltarif-Nr., Name):

\* 3102.2900.013, Andere Doppelsalze und Mischungen

\*\* 3102.7000.011, Calciumcyanamid

\*\*\* 3105.9000.011, Andere Dünger; 3102.9000.013, Andere Stickstoffdüngemittel

# 2834.2900.011, Calciummagnesiumnitrat

## 3105.5900.011, Andere Mehrnährstoffdünger; 3105.9000.013, Andere Dünger und a. Mehrnährstoffdünger  
Mehrnährstoffdünger sind in der Regel NPK-Dünger

Das EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 (EEA, 2019) gibt Emissionsraten für 11 Düngertypen vor, die abhängig sind von der Klimazone und vom pH-Wert des Bodens (tief: pH-Wert  $\leq 7.0$ ; hoch: pH-Wert  $> 7.0$ ) (Anhang 7.3). Die Werte blieben im EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 gegenüber der Version von 2016 (EEA, 2016) unverändert. Tabelle 12 zeigt, wie die Düngertypen gemäss Agricura den Düngertypen gemäss EEA (2019) zugeordnet wurden. Ebenfalls angegeben sind die Emissionsraten. Das Vorgehen zur Festlegung von Klimazone und pH-Wert des Bodens ist in Kupper et al. (2018) beschrieben.

<sup>14</sup> Das Vorgehen zur Plausibilisierung ist beschrieben in: <https://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakemissionen 2007; Dokument in Englisch)

Tabelle 12: Zuordnung der Düngertypen gemäss Agricura zu den Düngertypen gemäss EEA (2019) und die dazugehörigen Emissionsraten umgerechnet in% TAN (vgl. auch Anhang 7.3)

Zolltarif-Nr.	Düngertypen gemäss Agricura	Düngertypen EEA (2019)	ER pH n <sup>5</sup>	ER <sup>5</sup> pH h <sup>55</sup>	ER Ø <sup>555</sup>
2814.2000.011	Ammoniakgas	Anhydrous ammonia	1.6%	2.9%	2.2%
2834.2100.011	Kaliumnitrat	NK mixtures	1.2%	2.6%	1.9%
3102.1000.011	Harnstoff	Urea	12.8%	13.5%	13.1%
3102.2100.011	Ammoniumsulfat	Ammonium sulphate	7.4%	13.6%	10.3%
3102.2900.011	Ammoniumsulfatsalpeter	Ammonium sulphate	7.4%	13.6%	10.3%
3102.3000.011	Ammoniumnitrat (AN)	Ammonium nitrate	1.2%	2.6%	1.9%
3102.4000.011	Mischungen AN-Calciumcarbonat	Calcium ammonium nitrate	0.7%	1.4%	1.0%
3102.5000.011	Natriumnitrat	Ammonium nitrate	1.2%	2.6%	1.9%
3102.6000.011	Doppelsalze*	Ammonium sulphate	7.4%	13.6%	10.3%
3102.9010.011	Calciumcyanamid**	Urea	12.8%	13.5%	13.1%
3102.8000.011	Mischungen Harnstoff/AN	Urea	12.8%	13.5%	13.1%
3102.9090.013	Andere Stickstoffdüngemittel***	Other straight N compounds	0.8%	1.6%	1.2%
3102.9000.011	Calcium-Magnesiumnitrat <sup>#</sup>	Calcium ammonium nitrate	0.7%	1.4%	1.0%
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger <sup>##</sup>	NPK mixtures	4.1%	7.5%	5.7%
3105.3000.011	Diammoniumorthosphosphat	Ammonium phosphate	4.1%	7.5%	5.7%
3105.4000.011	Monoammoniumorthosphosphat	Ammonium phosphate	4.1%	7.5%	5.7%
3105.5100.011	Mehrnährstoffdünger NP	Ammonium phosphate	4.1%	7.5%	5.7%

Fussnoten \*, \*\*, \*\*\*, ##: vgl. Fussnote von Tabelle 11

<sup>5</sup> Emissionsrate für Böden mit pH-Wert normal  $\leq 7.0$  (EEA, 2019) in % N

<sup>55</sup> Emissionsrate für Böden mit pH-Wert hoch  $> 7.0$  (EEA, 2019) in % N

<sup>555</sup> Mittlere Emissionsrate. Die Herleitung ist wie folgt: die Emissionsraten für normalen bzw. hohen pH-Wert wurden mit 0.54 bzw. 0.46 multipliziert und aufaddiert. Die Faktoren 0.54 und 0.46 basieren auf den gesamtschweizerischen Anteilen von Böden mit normalem bzw. hohem pH-Wert; vgl. unten).

### 2.2.5.2 Organische Dünger

Organische und organisch-mineralische Dünger, die aus Material pflanzlicher oder tierischer Herkunft bestehen, und als Nebenprodukte in der Lebensmittelindustrie anfallen (z.B. Rapskuchenmehl, Federmehl<sup>15</sup>), werden in der Landwirtschaft ebenfalls eingesetzt. Die hauptsächliche Verwendung dürfte im Bereich Spezialkulturen, insbesondere im Biolandbau liegen. Aufgrund einer Anfrage beim führenden Hersteller solcher Dünger kann die gesamtschweizerische Menge für 2016 auf ca. 1100 t N geschätzt werden, wovon 600 t N landwirtschaftlich eingesetzt werden. Darin ist auch der Anteil organischer Stickstoff in organisch-mineralischen Düngern eingeschlossen. Diese Menge beträgt rund 1% der gesamten mineralischen N-Düngermenge. Für eine grobe Schätzung der Emissionen wurden der TAN Anteil basierend auf Gutser et al. (2005) auf 10% festgelegt und die gleiche Emissionsrate wie für Kompost und Gärgut (80% TAN; vgl. Anhang 7.4.2) angenommen.

### 2.2.6 Ausbringung von Recyclingdünger

Die landwirtschaftlichen Emissionen bei der Ausbringung von Recyclingdünger (Klärschlamm, Kompost, festes und flüssiges Gärgut aus industriell-gewerblichen Anlagen, aus landwirt-

<sup>15</sup> Quelle:

<https://www.hauert.com/ch-de/angebot/unternehmen/ratgeber/detail/organische-duenger-und-rohstoffe>

schaftlichen Biogasanlagen bzw. Co-Vergärung) wurden auf der Grundlage der Mengen (Gewicht Frisch- (FS) oder Trockensubstanz oder Volumen), Konzentration von löslichem Stickstoff (TAN) im jeweiligen Recyclingdünger sowie Emissionsraten berechnet. Das Vorgehen zur Herleitung dieser Parameter ist detailliert in Anhang 7.4 beschrieben. Hier werden die wichtigsten Punkte zusammenfassend dargestellt.

Die TS-Menge von Recyclingdünger betrug 1990 etwa 150'000 t TS, wovon Klärschlamm rund zwei Drittel beitrug. Die landwirtschaftlich verwendete Klärschlammmenge nahm kontinuierlich ab. Von der Jahrtausendwende an übertraf die TS-Menge von Kompost diejenige von Klärschlamm. Die Menge von TAN stammte dagegen bis zur vollständigen Umsetzung des Verbots zum grösseren Teil von Klärschlamm (ca. 1600 t 1990 und ca. 370 t im Jahr 2006). Gleichzeitig nahm die Menge an Gärgut zu, und schon vom Jahr 2002 an war die Fracht an TAN in Gärgut grösser als im Kompost. Von 2010 an nahm die Menge von TS und TAN von Gärgülle zu und lag ab 2015 beinahe auf der gleichen Höhe wie diejenige von Gärgut flüssig industriell-gewerblicher Herkunft. Im Jahr 2020 betrug die Menge von TAN in Recyclingdüngern 1730 t, was ähnlich hoch ist wie die Menge im Zeitraum zwischen 1990 und 2000.

Emissionsmessdaten aus Feldstudien zur Ausbringung von Recyclingdüngern sind nur vereinzelt verfügbar sind (Kupper et al., 2018; Anhang 7.11.2). Diese lassen den Schluss zu, dass wie bisher mit einer Emissionsrate von 60% TAN für Klärschlamm und flüssiges Gärgut sowie mit 80% TAN für Kompost und festes Gärgut gemäss Kupper et al. (2013) gerechnet werden kann.

### **2.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030**

Die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2027 wurden basierend auf den Tierzahlen nach Mack und Möhring (2021; vgl. Anhang 7.1.1) sowie den Emissionsfaktoren von 2019 berechnet (d.h. Annahme, dass sich die Produktionstechnik bis 2027 nicht verändert). Die Verwendung von mineralischen Stickstoffdüngern basiert ebenfalls auf Daten von Mack und Möhring (2021). Die Mengen von Recyclingdünger wurden ab 2020 als konstant angenommen. Für die Periode 2027 bis 2030 wurde von konstanten landwirtschaftlichen Strukturen und Emissionsfaktoren und somit von konstanten Emissionen ausgegangen. Weitere Details zu den Prognosen der landwirtschaftlichen Emissionen finden sich in FOEN (2022b).



## 3 Resultate

### 3.1 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2019

#### 3.1.1 Übersicht

In der Schweiz wurden im Jahr 2019 (d.h. im Jahr der letzten Umfrage) von der Landwirtschaft insgesamt 41.4 kt NH<sub>3</sub>-N als Ammoniak emittiert (Tabelle 13). Davon stammten 93% aus der Tierproduktion und 7% aus dem Pflanzenbau. Bezogen auf das Total (landwirtschaftliche plus nicht-landwirtschaftliche Emissionen; FOEN, 2022a) verursachte die Landwirtschaft 94% der Emissionen (davon: Tierproduktion 88%; Pflanzenbau: 6%).

Tabelle 13: Ammoniakemissionen der Schweiz im Jahr 2019 in kt NH<sub>3</sub>-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)

	NH <sub>3</sub> Emissionen	Anteil von Emissionen der Tierproduktion	Anteil von Emissionen Landwirtschaft	Anteil von to- talen Emis- sionen
<b>Tierproduktion</b>	kt NH <sub>3</sub> -N	%		
Milchkühe	18.9			
Mutterkühe	3.0			
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	1.5			
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	2.2			
Aufzuchtrinder über 2-jährig	1.4			
Mastkälber	0.7			
Mutterkuhkälber	0.6			
Masttiere Rindviehmast	1.6			
Total Rindvieh	29.8	77%	72%	68%
Säugende Sauen	0.4			
Galtsauen	0.9			
Ferkel abgesetzt bis 25 kg	0.4			
Eber	0.0			
Mastschweine/Remonten	3.9			
Total Schweine	5.6	15%	14%	13%
Legehennen	0.9			
Junghennen	0.1			
Mastpoulets	0.9			
Masttruten	0.0			
Anderes Geflügel	0.0			
Total Geflügel	1.9	5%	5%	4%
Pferde über 3-jährig	0.4			
Pferde unter 3-jährig	0.0			
Ponys, Kleinpferde, Esel, Mault., Maulesel jeden Alters	0.1			
Total Pferde und andere Equiden	0.5	1%	1%	1%
Schafe	0.5			
Milchschafe	0.1			
Ziegen	0.2			
Total Kleinwiederkäuer	0.7	2%	2%	2%
Andere Raufutter verzehrende Nutztiere, Kaninchen	0.05	0%	0%	0%
<b>Total Tierproduktion</b>	<b>38.6</b>	<b>100%</b>	<b>93%</b>	<b>88%</b>
<b>Pflanzenbau</b>				
Mineralische Stickstoffdünger	2.0		5%	5%
Recyclingdünger	0.7		2%	2%
<b>Total Pflanzenbau</b>	<b>2.8</b>		<b>7%</b>	<b>6%</b>
<b>Total Landwirtschaft</b>	<b>41.4</b>		<b>100%</b>	<b>94%</b>
<b>Total nicht-landwirtschaftliche Emissionen</b>	<b>2.6</b>			<b>6%</b>
<b>Total Emissionen</b>	<b>43.9</b>			<b>100%</b>

### 3.1.2 Emissionen der einzelnen Tierkategorien und Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion

Mit 29.8 kt NH<sub>3</sub>-N und 5.6 kt NH<sub>3</sub>-N trugen die Kategorien Rindvieh und Schweine am stärksten zu den Emissionen aus der Tierproduktion bei (77% bzw. 15% des Totals der Tierproduktion; Abbildung 7). Die Anteile von Geflügel (1.9 kt NH<sub>3</sub>-N, 4.9%), der Pferde und anderen Equiden (0.5 kt NH<sub>3</sub>-N, 1.3%) und der Kleinwiederkäuer (0.7 kt NH<sub>3</sub>-N, 1.9%) waren relativ gering. Die Emissionen anderen Raufutter verzehrenden Nutztieren (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) plus Kaninchen waren mit 0.05 kt NH<sub>3</sub>-N (0.1% der Emissionen aus der Tierproduktion) unbedeutend.

Die Hofdüngerausbringung (44%; Abbildung 7), bildete die wichtigste Emissionsstufe innerhalb der Tierproduktion gefolgt von Stall/Laufhof (36%). Der Beitrag der Hofdüngerlager an den Ammoniakemissionen aus der Tierproduktion betrug 17%. Der Anteil der Weideemissionen lag bei 3.0%. Die Gülle verursachte bei der Ausbringung 34% und bei der Lagerung 10% der gesamten Emissionen der Tierproduktion. Mist trug bei der Ausbringung 10% bzw. bei der Lagerung 6% zu den Emissionen der Tierproduktion bei.

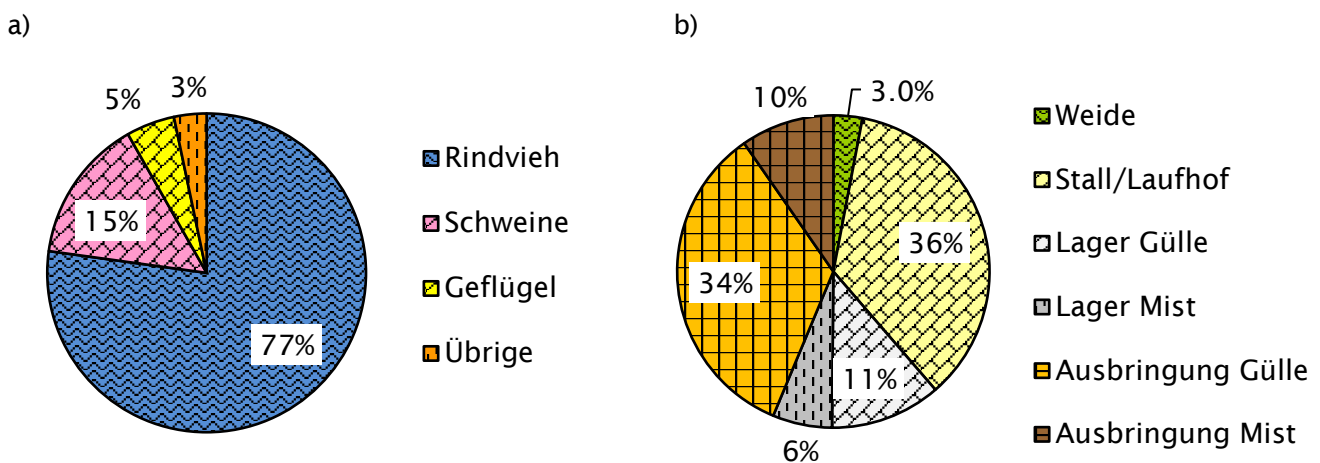


Abbildung 7: Anteile der einzelnen Tierkategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion im Jahr 2019 in Prozent (übrige Tierkategorien: Pferde und andere Equiden, Kleinwiederkäuer, andere Raufutter verzehrende Nutztieren: Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) sowie Kaninchen (a). Anteile der Emissionsstufen an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (b).

### 3.1.3 Emissionen des Pflanzenbaus

Der Hauptanteil der Emissionen des Pflanzenbaus bildeten 2019 die Verluste infolge des Einsatzes von mineralischen Stickstoffdüngern mit einem Total von 2.03 kt NH<sub>3</sub>-N. Dabei wies Harnstoff mit 1.02 kt NH<sub>3</sub>-N von allen Düngertypen die weitaus höchsten Emissionen auf. Ebenfalls relativ wichtige Düngertypen sind Mehrnährstoffdünger mit rund 0.3 kt NH<sub>3</sub>-N und Ammoniumsulfatsalpeter mit ca. 0.15 kt NH<sub>3</sub>-N Emissionen (Anhang 7.16.1). Recyclingdünger (Kompost, Gärgut fest und flüssig, Gärgülle) verursachten Emissionen von insgesamt 0.7 kt NH<sub>3</sub>-N (Anhang 7.16.2).

Die Emissionen von organischen Düngern (Kap. 2.2.5.2) können total auf jährlich ungefähr 90 t NH<sub>3</sub>-N geschätzt werden, wovon ca. 50 t NH<sub>3</sub>-N aus der Landwirtschaft stammen. Diese Menge wird im Inventar nicht angerechnet. Sie entspricht etwa 0.1% der landwirtschaftlichen Emissionen und kann vernachlässigt werden.

### 3.2 Entwicklung der Ammoniakemissionen 1990-2020

#### 3.2.1 Einleitung

Das vorliegende Kapitel charakterisiert den Emissionsverlauf mit Fokus auf den Ammoniakemissionen der Tierproduktion. Diese werden durch die Entwicklung der Tierzahlen und der Produktionstechnik beeinflusst (die Entwicklung dieser beiden Grössen ist in Kap. 2.2.1 und 2.2.4 beschrieben). Grundsätzlich sind die folgenden Faktoren für die Freisetzung von NH<sub>3</sub> entscheidend:

- Je kleiner die Tierzahl ist und je weniger Stickstoff diese ausscheiden, desto weniger N gelangt ins System und desto ist niedriger das Potential zur Entstehung von NH<sub>3</sub> (vgl. Abbildung 1, Abbildung 8).
- Bei Zunahme der emittierenden Oberfläche vergrössern sich die Emissionen. Dies ist z.B. der Fall bei der Umstellung von Anbindestall zu Laufstall bei Rindvieh oder von konventionellem Stall zu Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf bei Schweinen. Der Schleppschlauchverteiler bei der Ausbringung von Gülle führt zu einer Reduktion der emittierenden Oberfläche.
- Vermehrtes Weiden führt zu einer Reduktion der Emissionen, da auf der Weide nur auf einer Stufe Emissionen entstehen und weniger Stickstoff in die Kaskade Stall/Laufhof, Hofdüngerlagerung und -Ausbringung gelangt, wo auf drei Stufen NH<sub>3</sub> freigesetzt wird.

Eine weitergehende Analyse des Zusammenhangs zwischen der Entwicklung der Emissionen und der Produktionstechnik basierend auf den Milchkühen und den Mastschweinen, die zusammen 59% der Emissionen der Tierproduktion bzw. rund 50% der gesamtschweizerischen Emissionen generieren, ist in Kap.3.2.4 enthalten.

#### 3.2.2 Landwirtschaftliche Emissionen

Das Total der Emissionen nahm zwischen 1990 und 2020 um 22% ab (Tabelle 14). Die Abnahme war bei den landwirtschaftlichen Emissionen ähnlich hoch (23%). Der Anteil der landwirtschaftlichen Emissionen bzw. der Emissionen der Tierproduktion am Total der Emissionen blieb zwischen 1990 und 2020 im Bereich zwischen 89% und 95% bzw. zwischen 83% und 88%. Die Entwicklung der gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen wird demnach stark durch die Landwirtschaft bzw. die Tierproduktion geprägt.

Tabelle 14: Entwicklung der landwirtschaftlichen, nicht-landwirtschaftlichen, sowie des Totals der Ammoniakemissionen der Schweiz von 1990 bis 2020. Angabe der Mengen in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr und der Anteile in Prozent. Die sechs 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 (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

Emissionen	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020	1995	2002	2007	2010	2015	2020
	kt NH <sub>3</sub> -N / Jahr							Trend in Prozent					
Total Tierproduktion	48.8	45.9	41.7	42.6	41.0	39.7	38.4	-6%	-15%	-13%	-16%	-19%	-21%
Total Pflanzenbau	4.5	3.9	2.9	2.6	2.6	2.7	2.8	-12%	-36%	-41%	-41%	-39%	-37%
Total Landwirtschaft	53.3	49.9	44.5	45.2	43.7	42.4	41.3	-6%	-16%	-15%	-18%	-20%	-23%
Total nicht-Landwirtschaft	3.0	3.9	5.5	4.4	3.9	2.9	2.4	30%	84%	48%	29%	-4%	-19%
Total *	56.3	53.8	50.1	49.6	47.5	45.3	43.7	-4%	-11%	-12%	-16%	-19%	-22%
	Anteile in Prozent												
Tierproduktion	87%	85%	83%	86%	86%	88%	88%						
Pflanzenbau	8%	7%	6%	5%	6%	6%	6%						
Total Landwirtschaft	95%	93%	89%	91%	92%	94%	94%						
Total nicht-Landwirtschaft	5%	7%	11%	9%	8%	6%	6%						
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%						

\*Vollständige Zeitreihe der Emissionen 1990 bis 2020 von Tierproduktion, Pflanzenbau, Total landwirtschaftliche Emissionen, Total nicht-landwirtschaftl. Emissionen und Total Emissionen: Anhang 7.14.

Der Anteil der nichtlandwirtschaftlichen Emissionen nahm zwischen 1990 bis 2002 deutlich zu. Anschliessend folgte eine Abnahme auf ein Niveau, das ab 2015 unterhalb von jenem im Jahr 1990 lag. Die Hauptursache dazu sind die Emissionen des Verkehrs aufgrund von Änderungen des Schwefelgehalts im Treibstoff in Kombination mit den Drei-Wege-Katalysatoren von Motorfahrzeugen<sup>16</sup>.

### 3.2.3 Emissionen der Tierproduktion

Zwischen 1990 und 2020 haben sich die Emissionen der Tierproduktion um 21% vermindert (Tabelle 14). Die Ausscheidungen der Nutztiere nahmen um 17% von 88.1 kt TAN (151.8 kt N<sub>tot</sub>) auf 71.1 kt TAN (126.7 kt N<sub>tot</sub>) ab (Abbildung 8). Davon gelangten 1990 8% auf die Weide und 92% in den Pfad Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung. Im Jahr 2020 betrug diese Verteilung 17% zu 83%. Aufgrund des niedrigeren TAN Flusses in Richtung Stall/Laufhof und der höheren Emissionen auf dieser Stufe gelangten 2020 42.5 kt TAN ins Hofdüngerlager (1990: 67.3 kt TAN). Dies entspricht einer Abnahme um 37% im Vergleich zu 1990. Die Emissionen aus dem Lager und der Ausbringung waren 2020 um 17% bzw. 41% tiefer als 1990. Der TAN Fluss in den Boden am Ende der Kaskade Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung fiel 2020 um 10% niedriger aus im Vergleich zu 1990. Der TAN Fluss, welcher in die landwirtschaftliche Nutzfläche gelangte, betrug 2020 29.0 kt TAN (83.5 kt N<sub>tot</sub>) bzw. 1990 32.3 kt TAN (96.8 kt N<sub>tot</sub>). 36% davon verblieben 2020 auf Böden unter Weide gegenüber 20% im Jahr 1990.<sup>17</sup>

Währenddem die Emissionen aus der Rindviehproduktion zwischen 1990 und 2020 um 16% sanken, haben diese bei den Schweinen um 49% abgenommen (Tabelle 15, Abbildung 9). Die Emissionen aus der Geflügelproduktion nahmen zwischen 1990 und 2002 um 20% ab, stiegen seither an und lagen 2020 um 32% über dem Stand des Basisjahres. Die Emissionen der übrigen Tierkategorien haben um 27% zugenommen (Pferde und übrige Equiden: 80%; Kleinwiederkäuer: 0.2%, andere Raufutter verzehrende Tiere: 330%). Das Rindvieh verursachte den grössten Teil der landwirtschaftlichen Emissionen. Der Anteil nahm von 66% der gesamten landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen im Jahr 1990 leicht zu auf 72% im Jahr 2020. Der Anteil der Emissionen der Schweine nahm im gleichen Zeitraum von 21% auf rund 14% ab. Die Anteile von Geflügel und übrigen Nutztiere stiegen an, machten aber mit je rund 3-5% der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen einen relativ geringen Anteil aus.

Die Anteile der Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion entwickelten sich zwischen 1990 und 2020 wie folgt: die Weideemissionen nahmen um 85% von 0.6 kt NH<sub>3</sub>-N auf 1.2 kt NH<sub>3</sub>-N und die Emissionen von Stall/Laufhof um 19% von 11.6 kt NH<sub>3</sub>-N auf 13.7 kt NH<sub>3</sub>-N zu (Abbildung 8, Abbildung 10). Die Anteile von Lager- und Ausbringungsemissionen gingen um 17% von 8.1 kt NH<sub>3</sub>-N auf 6.8 kt NH<sub>3</sub>-N bzw. um 41% von 28.5 kt NH<sub>3</sub>-N auf 16.8 kt NH<sub>3</sub>-N zurück. Allerdings nahmen die Lageremissionen von Gülle um 53% von 2.9 kt NH<sub>3</sub>-N auf 4.4 kt NH<sub>3</sub>-N zu, wogegen bei der Lagerung von Mist ein Rückgang um 55% von 5.2 kt NH<sub>3</sub>-N auf 2.4 kt NH<sub>3</sub>-N resultierte. Bei der Ausbringung war eine Reduktion für Gülle um 44% von 23.1 kt NH<sub>3</sub>-N auf 13.1 kt NH<sub>3</sub>-N und für Mist um 30% von 5.3 kt NH<sub>3</sub>-N auf 3.8 kt NH<sub>3</sub>-N zu verzeichnen. Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) machten im Jahr 1990 40% der gesamten Emissionen aus. Ihr Anteil nahm bis 2020 auf 53% der Emissionen aus der Tierproduktion zu. Die Zunahme erfolgte vor allem zwischen 1995 (Anteil: 42%) und 2002 (Anteil: 52%). Der Anteil der Weide an den Emissionen der Tierproduktion nahm zwischen 1990 und 2020 von 1.3% auf 3.0% zu. Dies ist auf die Zunahme des TAN Flusses auf die Weide um 68% von 7.3 kt TAN auf 12.3 kt TAN zurückzuführen. Der Anteil der Stufe Stall/Laufhof betrug 1990 24% gegenüber 36% im Jahr 2020. Der Beitrag der Hofdüngerlager veränderte

---

<sup>16</sup> Weitere Informationen dazu: FOEN (2021), Kap. 3.1.4.

<sup>17</sup> Die Emissionen von 2020 sowie die N Flüsse aufgelöst nach Emissionsstufen und je Tierkategorie für die Stichjahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019 sind in Anhang 7.6 bis 7.13 aufgeführt.

sich kaum (1990 und 2020: 17% Anteil an den Emissionen der Tierproduktion). Der Anteil der Ausbringung verminderte sich von 58% auf 44% zwischen 1990 und 2020.

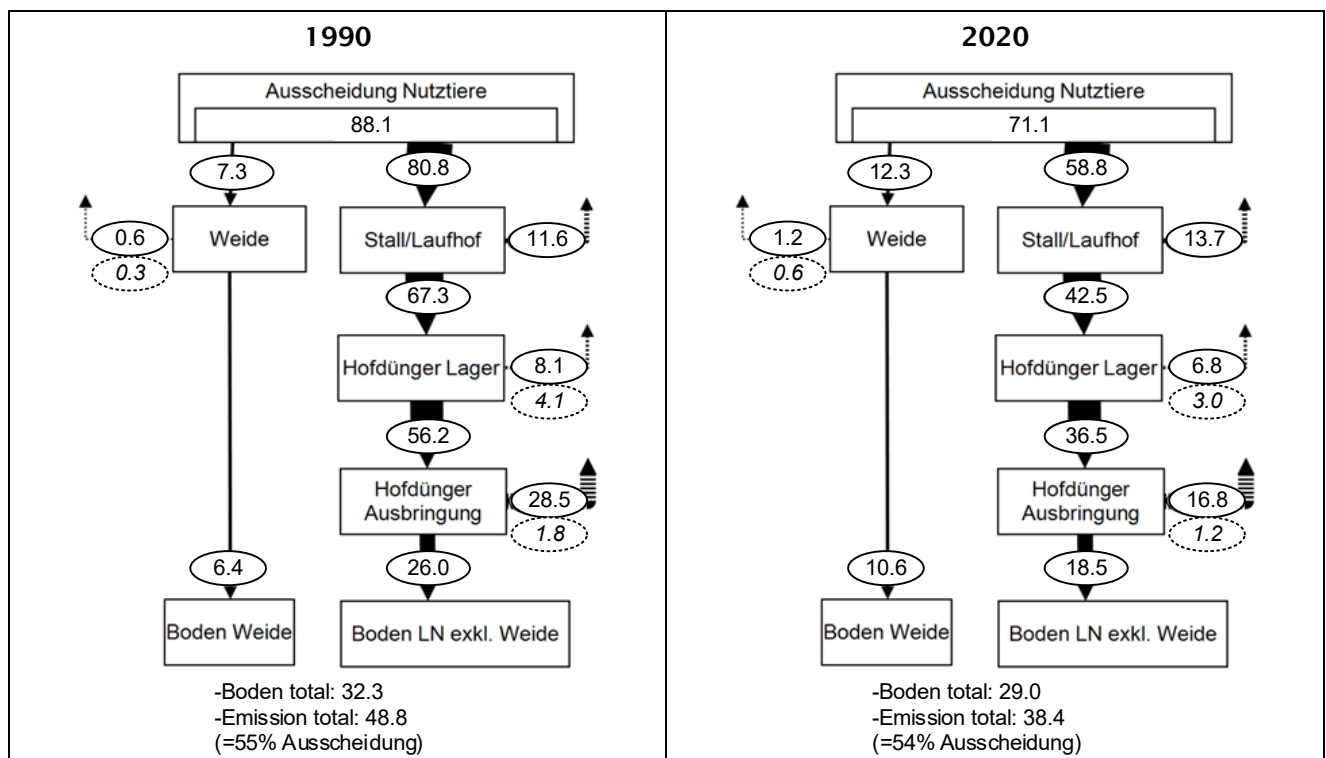


Abbildung 8: Ausscheidung von TAN sowie TAN Fluss und Emissionen aus der Tierproduktion aufgelöst nach den Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2020. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von TAN (kt TAN pro Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die Emissionen in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr dar. Die Werte in Kursivschrift geben das Total der Emissionen von N<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O an. Weiter sind der TAN Fluss in den Boden und das Total der Emissionen sowie das Total der Emissionen in Prozent der Ausscheidung von TAN angegeben. Nicht aufgeführt sind die Änderungen des TAN-Flusses auf der Stufe Hofdünger Lager aufgrund von Mineralisierung und Immobilisierung.

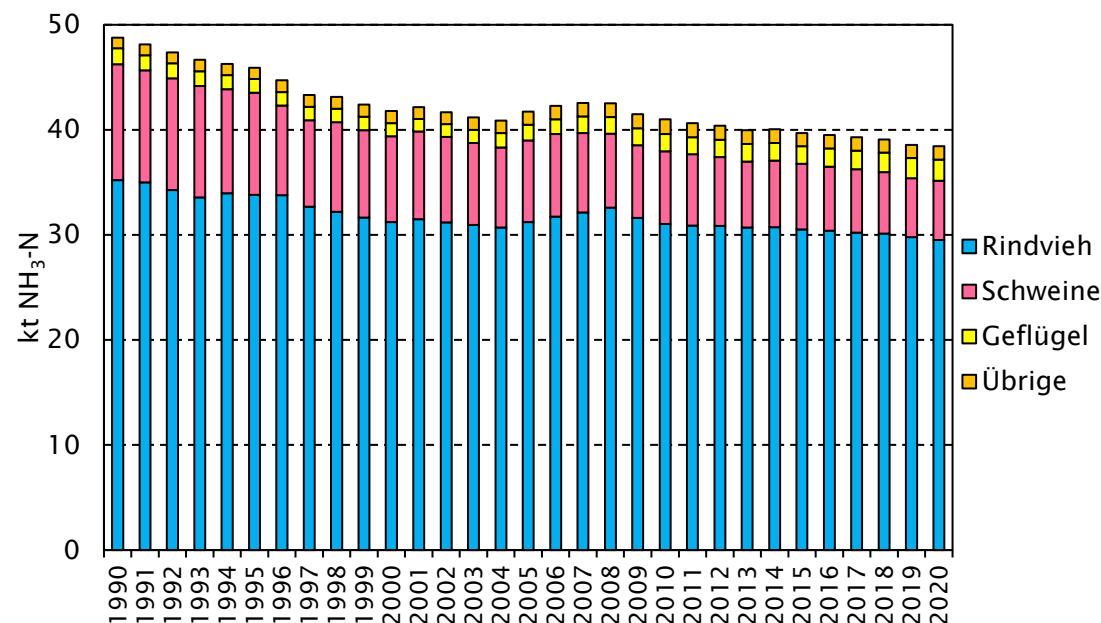


Abbildung 9: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2020 der Tierkategorien Rindvieh, Schweine, Geflügel, Übrige (Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, andere Raufutter verzehrende Nutztiere (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas), Kaninchen).

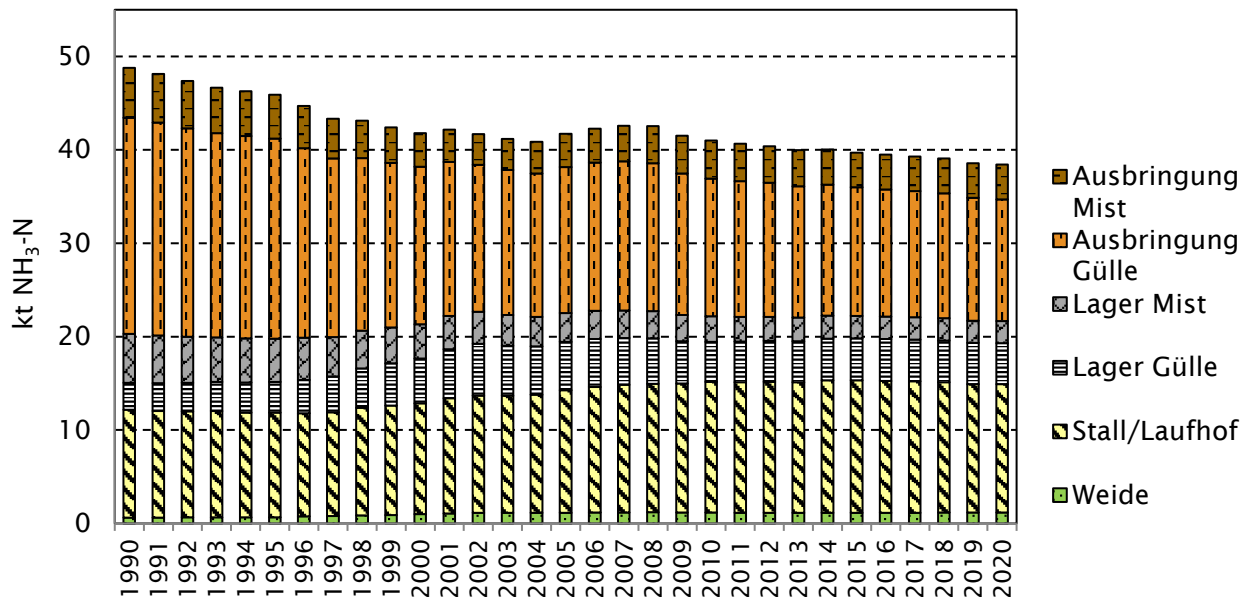


Abbildung 10: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2020 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung.

Tabelle 15: Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen von Tierproduktion und Pflanzenbau zwischen 1990 und 2020. Angabe der Mengen in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr und der Anteile verschiedener Kategorien an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Prozent. Die sechs 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 (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

Emissionen	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020	Trend in Prozent					
	kt NH <sub>3</sub> -N / Jahr							1995	2002	2007	2010	2015	2020
Rindvieh	35.2	33.8	31.2	32.1	31.0	30.5	29.5	-4%	-11%	-9%	-12%	-13%	-16%
Schweine	11.0	9.7	8.1	7.6	6.9	6.2	5.6	-11%	-26%	-31%	-37%	-43%	-49%
Geflügel	1.5	1.3	1.2	1.6	1.6	1.7	2.0	-17%	-20%	2%	6%	7%	32%
Übrige Nutztiere*	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.3	9%	14%	30%	42%	27%	27%
<b>Tierproduktion**</b>	<b>48.8</b>	<b>45.9</b>	<b>41.7</b>	<b>42.6</b>	<b>41.0</b>	<b>39.7</b>	<b>38.4</b>	<b>-6%</b>	<b>-15%</b>	<b>-13%</b>	<b>-16%</b>	<b>-19%</b>	<b>-21%</b>
Mineral. N-Dünger	3.5	2.7	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	-23%	-36%	-35%	-33%	-39%	-42%
Recyclingdünger	1.0	1.2	0.6	0.4	0.3	0.6	0.8	26%	-39%	-63%	-69%	-42%	-21%
<b>Pflanzenbau**</b>	<b>4.5</b>	<b>3.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.7</b>	<b>2.8</b>	<b>-12%</b>	<b>-36%</b>	<b>-41%</b>	<b>-41%</b>	<b>-39%</b>	<b>-37%</b>
<b>Total Landwirtschaft</b>	<b>53.3</b>	<b>49.9</b>	<b>44.5</b>	<b>45.2</b>	<b>43.7</b>	<b>42.4</b>	<b>41.3</b>	<b>-6%</b>	<b>-16%</b>	<b>-15%</b>	<b>-18%</b>	<b>-20%</b>	<b>-23%</b>
<b>Anteile in Prozent</b>													
Rindvieh	66%	68%	70%	71%	71%	72%	72%						
Schweine	21%	20%	18%	17%	16%	15%	14%						
Geflügel	3%	3%	3%	3%	4%	4%	5%						
Übrige Nutztiere*	2%	2%	3%	3%	3%	3%	3%						
<b>Tierproduktion**</b>	<b>92%</b>	<b>92%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>	<b>93%</b>						
Mineral. N-Dünger	7%	5%	5%	5%	5%	5%	5%						
Recyclingdünger	2%	2%	1%	1%	1%	1%	2%						
<b>Pflanzenbau**</b>	<b>8%</b>	<b>8%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>	<b>7%</b>						
<b>Total Landwirtschaft</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>						

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

\*\*Vollständige Zeitreihe der Emissionen 1990 bis 2020 von Rindvieh, Schweinen, Geflügel, übrige Tierkategorien, Pflanzenbau und Emissionen Tierproduktion aufgelöst nach Emissionsstufen sowie Total landw. Emissionen: Anhang 7.14.

### 3.2.4 Hauptursachen für die Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion

Der Verlauf der Ammoniakemissionen der Tierproduktion hängt von der Entwicklung der Tierzahl, der N-Ausscheidungen und der Emissionsfaktoren (Emission pro Tier und Jahr) der einzelnen Tierkategorien auf den verschiedenen Emissionsstufen ab. Die beiden zuletzt genannten Faktoren werden durch die Produktionstechnik und das Hofdüngermanagement beeinflusst. Kupper et al. (2013, 2015) diskutierten deren Auswirkungen auf die modellierten Emissionsfaktoren jeder Emissionsstufe und die TAN Flüsse zwischen 1990 und 2010 eingehend. Die dort aufgezeigten Trends haben sich seither fortgesetzt. Hier wird diese Entwicklung für die wichtigsten Tierkategorien Milchkühe und Mastschweine nochmals kurz zusammengefasst und diskutiert. Die einzelnen Emissionsfaktoren und N Flüsse pro Tier jeder Tierkategorie der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 sind in Anhang 7.7 bis 7.13 aufgeführt.

**Milchkühe:** die Ausscheidung von löslichem Stickstoff pro Milchkuh und Jahr hat zwischen 1990 und 2019 um 9% zugenommen. Die Ursache für den Anstieg ist hauptsächlich die höhere Milchleistung (1990: 4940 kg; 2019: 7308 kg pro Kuh und Jahr), welche zu einem höheren Verzehr und demzufolge einer Zunahme der N-Ausscheidung führte. Der TAN Fluss in die Weide vergrösserte sich um einen Faktor von mehr als zwei aufgrund der längeren Weidedauer. Der EF von Stall/Laufhof nahm zwischen 1990 und 2019 um einen Faktor von rund 1.3 von 4.0 kg NH<sub>3</sub>-N auf 9.4 NH<sub>3</sub>-N zu. Dies ist auf die Zunahme der Laufställe und die Einführung von Laufhöfen zurückzuführen (Anteil der Milchkühe in Laufställen 1990: 6%; 2019: 58%). Laufhöfe kamen 1990 noch kaum vor, 2019 hatten praktisch sämtliche Milchkühe Zutritt zu einem Laufhof. Der EF Hofdüngerlager nahm um 8% zu. Allerdings war der Verlauf für die Lagerung von Gülle und Mist gegenläufig. Während sich der EF der Güllelager aufgrund der Zunahme von Stallsystemen mit Produktion von Vollgülle (1990: 31%; 2019: 58% der Milchkühe), der Erhöhung des Güllelagervolumens und des Anteils ungedeckter Lager mehr als verdoppelte, nahmen die Lageremissionen von Mist um 59% ab. Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf eine Verschiebung von Systemen mit Produktion von Gülle und Mist zu Ställen mit Produktion von Vollgülle zurückzuführen. Die bis Emissionsstufe Lager erhöhten Emissionen bewirkten eine Reduktion des in die Ausbringung gelangenden TAN Flusses von 9%. Dies führte in Kombination mit dem zunehmenden Einsatz von emissionsmindernden Ausbringverfahren (2019: Ausbringung von 37% der Güllemenge mittels emissionsmindernder Ausbringverfahren, v.a. Schleppschauch) zu einer Abnahme der EF um 15% beim Ausbringen von Gülle trotz höherem Gülleanfall pro Milchkuh im Vergleich zu 1990. Die Reduktion des EF bei der Ausbringung von Mist von 33% ist hauptsächlich mit der Abnahme der Mistproduktion zu erklären. Daher nahm der EF Ausbringung Hofdünger um 19% ab. Die Änderungen der EF der verschiedenen Emissionsstufen kompensieren sich teilweise, so dass sich der EF total pro Milchkuh zwischen 1990 und 2019 wenig veränderte (Zunahme um 7%).

**Mastschweine:** zwischen 1990 und 2019 nahm der Anteil von Labelställen mit Mehrflächenbucht und Auslauf stark zu (1990: 0%; 2019: 53%). Dies würde wegen der doppelt so hohen Emissionsrate der Labelställe gegenüber konventionellen Ställen eine deutliche Erhöhung der Stallemissionen pro Tierplatz erwarten lassen. Die Emissionen auf Stufe Stall nahmen aber um 5% ab, da die N-Ausscheidung aufgrund des züchterischen Fortschritts und der Reduktion des Rohproteingehaltes in den Rationen (von 184 g/kg 1990 auf 156 g/kg 2019) um 38% abnahm. Trotz Zunahme des Lagervolumens infolge der Neuerstellung von Güllelagern in den 1990er Jahren nahm der EF Lager zwischen 1990 und 2019 um 7% ab. Mögliche Gründe sind die grössere Tiefe der Lager im Jahr 2019 (2.7 m) gegenüber 1990 (2.6 m) und unterschiedliche Anteile von Rinder- und Schweinegülle in den Lagern. Die gegenüber 1990 geringere N-Ausscheidung der Mastschweine führte im Jahr 2019 zu einer Verminderung des TAN Flusses aus dem Lager um 51%. In Kombination mit der Anwendung von emissionsmindernden Ausbringtechniken nahm der EF Ausbringung um 58% ab.

Die Entwicklung der Emissionsfaktoren und der TAN-Flüsse kombiniert mit der Abnahme der Bestände von Milchkühen und Mastschweinen um 30% bzw. 33% führte insgesamt zu einer Reduktion der Emissionen. Wie dargestellt in Abbildung 8 entwickelten sich die Emissionen auf den verschiedenen Stufen unterschiedlich: Emissionszunahme auf den Stufen Stall/Laufhof, Weide und -abnahme auf den Stufen Hofdüngerlagerung und -ausbringung. Bei den übrigen Rindvieh- und Schweinekategorien verlief die Entwicklung der Emissionen ähnlich (Ausnahme: Mutterkühe: Zunahme des Bestands um einen Faktor von rund 11). Die Zunahme der Emissionen bei Geflügel und den übrigen Tierkategorien fiel weniger ins Gewicht, da diese Tierkategorien nur einen geringen Anteil am Total der Emissionen aufweisen.

### 3.2.5 Emissionen des Pflanzenbaus

Die Emissionen des Pflanzenbaus nahmen zwischen 1990 und 2020 um 37% ab (Tabelle 15). Der Rückgang der Emissionen der mineralischen Stickstoffdünger betrug 42% und derjenige der Recyclingdünger 21%. Die deutliche Reduktion der Emissionen von Recyclingdüngern im Zeitraum 1990 bis 2010 ist auf das Verbot des Klärschlammeinsatzes in der Landwirtschaft per 30.09.2006 zurückzuführen. Seither stiegen die Emissionen vor allem aufgrund der starken Zunahme der ausgebrachten Mengen von Gärgut flüssig industriell-gewerblicher Herkunft und Gärgülle (Gärgut aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen) wieder an. Die Zunahme der Emissionen des Pflanzenbaus seit 2006 ist allerdings schwach, da sich abnehmende Emissionen der mineralischen N-Dünger und zunehmende Emissionen der Recyclingdünger grösstenteils gegenseitig kompensieren. Der Anteil des Pflanzenbaus an den landwirtschaftlichen Emissionen veränderte sich zwischen 1990 und 2020 nur wenig (Abnahme von 8% auf 7%). Detaillierte Angaben zur Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus sind in Anhang 7.16 aufgeführt.

### 3.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030

Unter Annahme der Grössen wie angegeben in Kap. 2.3 (Tierzahlen nach Mack und Möhring (2021) sowie den Emissionsfaktoren von 2019, d.h. keine Veränderung der Produktionstechnik bis 2030), liegen die totalen landwirtschaftlichen Emissionen im Jahr 2030 um 0.5 kt NH<sub>3</sub>-N bzw. 1.0% niedriger als im Jahr 2020 (Tabelle 16). Gegenüber 1990 resultiert eine Reduktion um 12.5 kt NH<sub>3</sub>-N. Die Emissionen der Tierproduktion gehen zwischen 2020 und 2030 um 1.4% zurück. Die Reduktion der Emissionen bei Rindvieh beträgt 2.1%. Bei Schweinen, Geflügel und den übrigen Nutztieren findet eine Zunahme um 1.5%, 0.8% bzw. 0.3% statt. Die Entwicklung wird durch die Tierzahlen gesteuert. Beim Rindvieh nimmt der prognostizierte Bestand zwischen 2020 und 2030 um 1.9% ab<sup>18</sup>. Dabei sinkt die Zahl der Milchkühe um 2.8%. Diese produzieren allein rund 50% der ausgeschiedenen TAN-Menge und dominieren damit die gesamte Entwicklung der Emissionen. Zunahmen der Tierzahlen bis 2030, etwa bei den Mutterkühen von 1.3%, Schweine und Geflügel total von 1.0% bzw. 0.4%, werden damit kompensiert. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Tierkategorien an den Emissionen der Tierproduktion verändern sich zwischen 2020 und 2030 nicht.

Die Emissionen des Pflanzenbaus nehmen 2030 gegenüber 2020 um 3.8% zu. Dies ist auf eine Erhöhung des Verbrauchs an mineralischem Stickstoffdünger gemäss Mack und Möhring (2021) zurückzuführen. Die Entwicklung der verwendeten Mengen von mineralischen N-Düngern und von Recyclingdüngern und von deren Emissionen (Kap. 3.2.5, Anhang 7.16) in Kombination mit dem Verordnungspaket Parlamentarische Initiative (Palv) 19.475 lassen jedoch eine Zunahme als eher unwahrscheinlich erscheinen. Der im Rahmen der Palv vorgesehene

---

<sup>18</sup> Die Prognosen gemäss Mack und Möhring et al. (2021) gelten für den Zeitraum bis 2027. Zwischen 2027 und 2030 werden die Tierzahlen als konstant angenommen.



Absenkpfad Nährstoffverluste dürfte weiter zu einer Abnahme des Verbrauchs von mineralischen N-Düngern beitragen. Daher ist die prognostizierte Zunahme der Emissionen des Pflanzenbaus eher nicht zu erwarten.

Die Prognosen berücksichtigen nur die Veränderung der Tierzahlen, Änderungen der Produktionstechnik dagegen nicht. Aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre ist von einer weiteren Zunahme von Laufställen und emissionsmindernden Ausbringtechniken für Gülle auszugehen. Diese beiden Trends dürften sich wie in der Vergangenheit grösstenteils kompensieren. Allerdings ist zu erwarten, dass die Pflicht zur Abdeckung bestehender Güllelager bis 2030 (Inkrafttreten Beginn 2022) und zur emissionsarmen Ausbringung von flüssigen Hofdüngern per 1. Januar 2024 zu einer verstärkten Abnahme der Emissionen führt. Auch zunehmende Bemühungen zur Umsetzung emissionsarmer Stallsysteme dürften die Emissionszunahme auf der Stufe Stall/Laufhof zumindest teilweise abschwächen. Inwieweit alle bestehenden Massnahmen ausreichen, um eine wesentliche Absenkung der Ammoniakemissionen zu erreichen, ist schwer vorauszusagen. Gemäss Kupper und Menzi (2011) sind für eine substanzielle Reduktion der NH<sub>3</sub>-Emissionen grosse Anstrengungen hinsichtlich Implementierung von emissionsmindernden Massnahmen und Techniken auf allen Stufen erforderlich, die mit der voraussichtlichen Umsetzung voraussichtlich nur teilweise erreicht werden kann.

Tabelle 16: Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030 von Tierproduktion und Pflanzenbau im Vergleich zu 1990, 2010, 2015 und 2020 und der Anteile verschiedener Kategorien an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Prozent. Die zwei Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen von 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 und 2020 an. Eine Zahl > 0% bedeutet eine Zunahme, eine Zahl < 0% eine Abnahme der Emissionen (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

	1990	2010	2015	2020	2030	2030 (1990)	2030 (2020)
	kt NH <sub>3</sub> -N /a					Trend in %	
Weide	0.6	1.2	1.1	1.2	1.1	82%	-1.5%
Stall und Laufhof	11.6	14.0	14.2	13.7	13.6	18%	-0.9%
Hofdüngerlagerung flüssig	2.9	4.3	4.5	4.4	4.3	50%	-1.7%
Hofdüngerlagerung fest	5.2	2.7	2.4	2.4	2.3	-55%	-1.3%
Hofdüngerausbringung flüssig	23.1	14.7	13.8	13.0	12.8	-45%	-1.8%
Hofdüngerausbringung fest	5.3	4.1	3.7	3.8	3.7	-31%	-1.4%
Emissionen Tierproduktion	48.8	41.0	39.7	38.4	37.9	-22%	-1.4%
Rindvieh	35.2	31.0	30.5	29.5	28.9	-18%	-2.1%
Schweine	11.0	6.9	6.2	5.6	5.7	-48%	1.5%
Geflügel	1.5	1.6	1.7	2.0	2.0	33%	0.8%
Übrige Nutztiere*	1.0	1.4	1.3	1.3	1.3	28%	0.3%
Emissionen Tierproduktion	48.8	41.0	39.7	38.4	37.9	-22%	-1.4%
Emissionen Pflanzenbau	4.5	2.6	2.7	2.8	2.9	-35%	3.8%
Total landwirtschaftliche Emissionen	53.3	43.7	42.4	41.3	40.8	-23%	-1.0%
	Anteile in Prozent						
Rindvieh	66%	71%	72%	71%	71%		
Schweine	21%	16%	15%	14%	14%		
Geflügel	3%	4%	4%	5%	5%		
Übrige Nutztiere *	2%	3%	3%	3%	3%		
Emissionen Tierproduktion	92%	94%	94%	93%	93%		
Emissionen Pflanzenbau	8%	6%	6%	7%	7%		
Total landw. Emissionen	100%	100%	100%	100%	100%		

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

### 3.4 Einfluss methodischer Änderungen auf das Emissionsinventar

#### 3.4.1 Hochrechnung der Emissionsfaktoren

Der Einfluss der neuen Methodik zur Hochrechnung der Emissionsfaktoren wie beschreiben in Kap. 2.1.9 lässt sich auf der Grundlage von Anhang 7.15 nachvollziehen. Die weniger starke Gewichtung grosser Einheiten aufgrund der neuen Methodik ist klar ersichtlich, beispielsweise anhand der Emissionsfaktoren der Milchkühe. Typischerweise haben grössere Betriebe einen Laufstall, welcher im Vergleich zum Anbindestall zwei bis drei Mal mehr Emissionen verursacht. Die stärkere Gewichtung der Letzteren schlägt sich im niedrigeren Emissionsfaktor gemäss neuer Methodik nieder. Der Emissionsfaktor total ist trotzdem leicht höher gemäss neuer Berechnungsmethode. Dies ist vor allem auf die höheren Emissionsfaktoren von Lagerung und Ausbringung von Mist zurückzuführen. Ursache hierfür ist wiederum die stärkere Gewichtung kleinerer Betriebe, welche eher Systeme mit Produktion von Gülle und Mist haben. Bei den übrigen Rindviehkategorien zeigt sich ein ähnliches Bild bezüglich Emissionsfaktoren von Lagerung und Ausbringung von Mist. Der gesamte Emissionsfaktor bei Milchkühen unterscheidet sich zwischen der bisherigen und der neuen Methode mit 0.1% allerdings nur sehr wenig.

Anhand der Legehennen lässt sich die Auswirkung der bisherigen und neuen Methodik ebenfalls illustrieren. Grosse Einheiten haben überwiegend ein System mit Kotbandentmistung, welches im Vergleich zu Bodenhaltung (System für kleinere Einheiten) rund halb so hohe Emissionen verursacht. Durch die neue Methode mit einer stärkeren Gewichtung kleinerer Einheiten nimmt der Emissionsfaktor Stall zu. Da sich die übrigen Emissionsfaktoren kaum unterscheiden, nimmt der totale Emissionsfaktor um 4% zu.

In Bezug auf das Emissionsinventar hat die neue Methode marginale Auswirkungen. Für 2020 betragen die Emissionen der Tierproduktion 38.1 kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr basierend auf der bisherigen Methode. Dies ist um 0.64% weniger als gemäss neuer Berechnung, welche 38.4 kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr ergibt (Kap. 3.2.2). Die Differenz zwischen den beiden Berechnungsarten bei den landwirtschaftlichen Emissionen beträgt 0.60%.

#### 3.4.2 Modelländerungen

Der Einfluss der Änderungen der Modellversion 6.0.1 gegenüber 5.1.4 wird anhand der Emissionsfaktoren der Tierkategorien und der der Emissionsrechnung für das Jahr 2020 aufgezeigt. Änderungen liegen erwartungsgemäss bei den Emissionen auf der Stufe Stall/Laufhof vor aufgrund der Korrektur der Emissionen Stall bei Weide. Die Emissionsfaktoren verändern sich jedoch nur wenig (max. um 0.39% bei den Milchkühen). Grössere Änderungen von bis zu ca. 20% liegen bei den Kategorien Pferde und andere Equiden vor auf den Stufen Weide sowie Stall/Laufhof aufgrund der Fehlerkorrektur wie beschrieben in Kap. 2.1.4. Die Revision der Verteilung der TAN-Flüsse ab Stufe Hofdüngerlager führte erwartungsgemäss zu Änderungen der Emissionsfaktoren auf den Stufen Lagerung (max.: Lager Gülle: 4.5%, Lager Mist: 6.5%) und Ausbringung von Hofdünger (max.: Ausbringung Gülle: 0.2%, Ausbringung Mist: 90%). Grosse Änderungen betreffen die Ausbringung von Mist, aber nur bei Tierkategorien, bei welchen Systeme mit Produktion von Festmist praktisch keine Rolle spielen (z.B. Ausbringung Mist: 90% für Absatzferkel) und die Tierkategorien Pferde und andere Equiden sowie Kleinwiederkäuer (max. rund 20%), die für die Gesamtemission eine kleine Bedeutung haben. Maximale Änderungen der totalen Emissionsfaktoren betragen für die Kategorien von Rindvieh 1.9% (Ausnahme: Mastkälber: 3.7%), Schweine 0.5%, Geflügel 5.5%, Pferde und andere Equiden 15% sowie Kleinwiederkäuer 8.0%.

Die Auswirkung auf die Emissionsrechnung für das Jahr 2020 ist sehr klein (Tabelle 17). Die Emissionsrechnung führt aufgrund der Änderungen der Modellversion zu einer Reduktion der Emissionen aus der Tierproduktion um 1.4% bzw. 1.3% für das Total der Landwirtschaft. In Kombination mit der Änderung zur Berechnung der Emissionsfaktoren beträgt die Differenz

0.62% bzw. 0.58% für die Emissionen aus der Tierproduktion bzw. für das Total der Landwirtschaft mit niedrigeren Emissionen für die Version 6.0.1.

Tabelle 17: Änderungen der Resultate der Emissionsrechnung aufgrund Änderungen der Modellversion (Modellversion 6.0.1 und 5.1.4) sowie aufgrund Änderungen der Modellversion in Kombination mit der Änderung zur Berechnung der Emissionsfaktoren

Emission	Modellversion			Modellversion und Hochrechnung Emissionsfaktoren		
	6.0.1*	5.1.4*	Differenz	6.0.1*	5.1.4**	Differenz
	Emission (kt NH <sub>3</sub> -N / Jahr)		Prozent	Emission (kt NH <sub>3</sub> -N / Jahr)		Prozent
Total Tierproduktion***	38.4	38.9	-1.4%	38.4	38.6	-0.62%
Total Pflanzenbau	2.8	2.8	0.0%	2.8	2.8	0.00%
Total Landwirtschaft***	40.9	41.8	-1.3%	41.3	41.4	-0.58%

\*Hochrechnung basierend auf dem neu angewendeten Vorgehen zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors

\*\*Hochrechnung basierend auf dem bisher angewendeten Vorgehen zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors

\*\*\*Nicht eingerechnet: andere Raufutter verzehrende Nutztiere, Kaninchen

## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

### 4.1 Entwicklung der Emissionen zwischen 1990 und 2020

Die Tierproduktion trug zwischen 1990 und 2020 mit einem Anteil von 83% bis 88% weitaus am stärksten zu den Gesamtemissionen von Ammoniak bei. Die Emissionen der Tierproduktion ihrerseits hängen vom Verlauf der Tierzahlen, der N-Ausscheidungen und der Emissionsfaktoren (Emission pro Tier und Jahr) pro Emissionsstufe der verschiedenen Tierkategorien ab. Basierend auf den Emissionen der Milchkühe und der Mastschweine, die zusammen 59% der Emissionen der Tierproduktion generieren, lässt sich diese Entwicklung zwischen 1990 und 2020 charakterisieren:

- Zunahme der N-Ausscheidung pro Milchkuh, v.a. wegen höherer Milchleistung; Abnahme N-Ausscheidung pro Mastschwein (züchterischer Fortschritt, Reduktion der Rohproteingehaltes in den Rationen).
- Zunahme der Emissionsfaktoren auf der Stufe Stall/Laufhof wegen der grösseren emittierenden Fläche pro Tier (Zunahme des Anteils Laufställe bei Milchkühen und Labelställe mit Mehrflächenbucht und Auslauf bei Mastschweinen).
- Kaum Veränderung der Emissionsfaktoren auf der Stufe Hofdüngerlagerung.
- Abnahme der Emissionsfaktoren bei der Hofdüngerausbringung wegen niedrigerem TAN-Fluss in die Ausbringung aufgrund der höheren Emissionen insgesamt auf den Stufen vor der Hofdüngerausbringung und des höheren TAN-Flusses in die Weide wegen vermehrter Weide sowie Zunahme der Verwendung von emissionsmindernder Technik bei der Ausbringung von Gülle.
- In Kombination mit der Abnahme der Tierbestände bei den meisten Kategorien von Rindvieh und Schweinen resultierte eine Abnahme der landwirtschaftlichen Emissionen zwischen 1990 und 2020 um 23% von 53.3 auf 41.3 kt NH<sub>3</sub>-N.

Demnach hat die Verwendung von Techniken, welche eine Zunahme der Emissionen (v.a. Lauf- und Labelställe) und eine Emissionsminderung bewirken (z.B. emissionsmindernde Ausbringverfahren, vermehrtes Weiden), stark zugenommen. Die beiden Trends kompensieren

sich teilweise gegenseitig in Bezug auf die Emissionen. Ohne die breite Umsetzung von emissionsmindernden Techniken (z.B. Schleppschlauchverteiler zur Ausbringung von Gülle, Senkung des Rohproteingehalts in der Schweinefütterung) wären die Emissionen seit 1990 weniger stark zurückgegangen.

#### 4.2 Modellierte Emissionen im Vergleich zu gemessenen Konzentrationen

Seit 2000 wird die Ammoniakkonzentration an 13 Standorten durchgehend gemessen. Dazu kamen von 2000 bis 2003 Zürcher-Passivsammler und ab 2004 Passivsammler vom Typ „Radiello®“ zum Einsatz (Seitler et al., 2018). Zehn Standorte sind vom Typ ländlich (d.h. überwiegend von landwirtschaftlichen Emissionen beeinflusst). Davon liegen 9 unter 900 m ü.M. und einer über 900 m ü.M. Drei Standorte sind städtisch oder liegen an einer Autobahn. Im Jahr 2004 wurde das Messnetz auf 21 Standorte erweitert, davon 16 vom Typ ländlich.

Abbildung 11 zeigt den zeitlichen Verlauf der Jahresmittel der 13 bzw. 21 Stationen, die seit 2000 bzw. 2004 betrieben werden. Insgesamt ist bis 2016 kein Trend in Richtung Zu- oder Abnahme der Konzentrationen zu erkennen. Da der grösste Teil im ländlichen Raum liegt, muss man davon ausgehen, dass die Jahresmittelwerte klar von landwirtschaftlichen Emissionen bestimmt werden. Die modellierten landwirtschaftlichen Emissionen (nicht gezeigt in Abbildung 11) haben zwischen 2000 und 2020 um 8% und die Gesamtemissionen um 14% abgenommen. Die Abnahme im Zeitraum 2005 bis 2020 betrug 7% bzw. 11%. Man kann damit nur von einem leicht abnehmenden Trend sprechen. Der Trend der Konzentrationen stimmte abgesehen von einigen Peaks aufgrund von warmen Jahren (2003, 2011, 2015) bis ca. 2015 relativ gut mit der Gesamtemission überein. Die Emissionen bilden solche Peaks nicht ab, weil das zu Grunde liegende Stoffflussmodell Agrammon keine Parameter oder Submodelle aufweist, welche den Einfluss der Temperatur auf die Emissionen abbilden. Ab 2017 weichen die Konzentrationsdaten von der Gesamtemission ab. Dies dürfte wiederum mit der Temperatur zusammenhängen: die Jahre 2017 bis 2020 zeigen die höchsten Jahrestemperaturen der gesamten Messreihe (mittlere Jahrestemperatur der Standorte unterhalb von 1000 m ü.M. von Meteoschweiz 2017 bis 2020: 10.20°C, Mittelwert 2000 bis 2016: 9.36°C; die Jahre 2018 und 2020 zeigen die höchsten mittleren Jahrestemperaturen der gesamten Messreihe (2018: 10.57°C; 2020: 10.42°C; vgl. Begert, Frei, 2018).

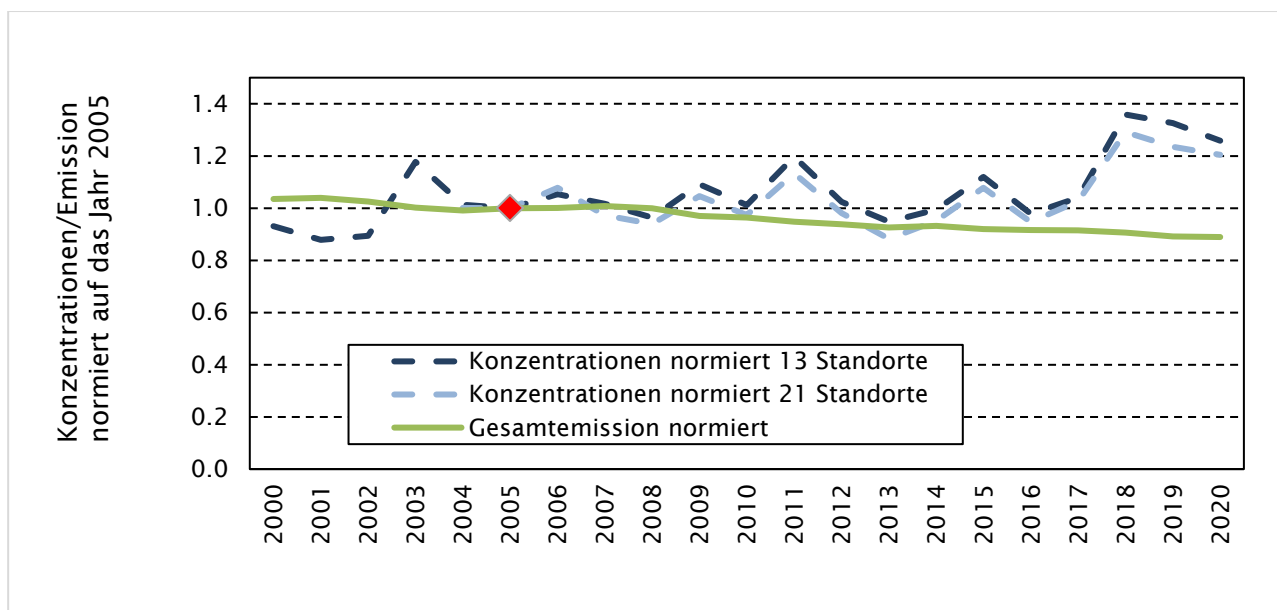


Abbildung 11: Entwicklung der Ammoniakkonzentrationen in der Schweiz zwischen 2000 und 2020 im Vergleich zu den modellierten Emissionen. Die Emissionen (Total) und die Mittelwerte der Konzentrationen an 13 bzw. 21 Messstandorten sind normiert auf das Bezugsjahr 2005 (angegeben mit rotem Rhombus).

Eine weitere Unsicherheit hinsichtlich der gemessenen Konzentrationen geht von den ammoniumhaltigen Aerosolen aus. Freigesetztes  $\text{NH}_3$  kann während der Verfrachtung als Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in Feinstaubpartikeln gebunden werden. Im Feinstaub ist das  $\text{NH}_4^+$  durch die Neutralisierung von sauren Bestandteilen dauerhaft oder kurzfristig gebunden. Der Stickstoff kann damit je nach Bedingungen wieder als  $\text{NH}_3$  aus dem Feinstaub freigesetzt werden. Die Bindung von  $\text{NH}_3$  im Feinstaub ist über die Zeit variabel und abhängig von Lufttemperatur und -feuchte, Sonnenstrahlung und der Verfügbarkeit von Säuren (z.B. Salpetersäure,  $\text{HNO}_3$ , Schwefelsäure,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; Seinfeld, Pandis, 2016). Die Säuren entstehen in der Atmosphäre aus der Oxidation von Schwefeldioxid und Stickoxiden (Spirig, Neftel, 2006). Der Anteil an partikulärem  $\text{NH}_4\text{-N}$  ist im Vergleich zu gasförmigem  $\text{NH}_3\text{-N}$  kleiner, jedoch nicht vernachlässigbar. Deshalb bildet die Summe aus reduziertem atmosphärischem Stickstoff (d.h.  $\text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N}$ ) eine verlässlichere Grundlage zur Kontrolle der Emissionsentwicklung von  $\text{NH}_3$ . Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Genauigkeit der Zeitreihen der berechneten Emissionen und den Konzentrationen gemessen als gasförmiges  $\text{NH}_3$  insgesamt nicht ausreicht, um eine systematische Abweichung zwischen Konzentrationen und modellierter Gesamtemission feststellen zu können.

Weiter lagen für die Berechnungen der Emissionen für 1990 und 1995 keine Ergebnisse von Umfragen bei Landwirtschaftsbetrieben vor. Daher kann man nicht von einer ausreichend homogenen Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2020 ausgehen. Ein Vergleich mit dem zeitlichen Verlauf der Konzentrationen ist wegen der geringen Datenverfügbarkeit vor 2000 nicht sinnvoll (Kupper et al., 2013).

Insgesamt kann man unter Berücksichtigung der Datengrundlage für den ganzen Zeitraum 1990 bis 2020 von einer ausreichenden Übereinstimmung von gemessenen Konzentrationen und modellierten Emissionen ausgehen. Die Trends beider Zeitreihen sollten auch in Zukunft verglichen werden. Bei einem systematischen Auseinanderdriften der Datenreihen müsste das Emissionsmodell Agrammon vertieft überprüft werden.

### 4.3 Überprüfung von Emissionsraten und Unsicherheiten der Emissionsrechnung

Unsicherheiten von Emissionsrechnungen werden massgeblich von der Anzahl Tiere und den in Agrammon für die Ausscheidungen und Emissionsraten hinterlegten Werten beeinflusst. In den letzten Jahren wurden diverse Literaturstudien und experimentelle Arbeiten durchgeführt, welche erlauben, die im Modell implementierten Emissionsraten mit aktuellen Daten abzugleichen. Darauf basierend lässt sich die Unsicherheit der Modellrechnungen besser einschätzen. Die wichtigsten Erkenntnisse aus diesen Arbeiten werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Eine Literaturrecherche von Kupper (2019) zu Emissionen von Ammoniak aus Rindviehställen und Laufhöfen umfasste 37 Studien mit 110 Datensätzen zu Laufställen und 7 Studien mit 15 Datensätzen zu Anbindeställen. Die Messungen erfolgten unter praxisähnlichen Bedingungen. Die Emissionen schwanken über rund eine Grössenordnung innerhalb von Anbindeställen und Laufställen. Im Mittel betragen die Ammoniakemissionen aus Anbindeställen 3 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro Kuh und Jahr und aus Laufställen 12 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro Kuh und Jahr. Die Datenlage betreffend Emissionen von Laufhöfen und laufhofähnlichen Flächen für Rindvieh ist schmal (4 Studien). Die Emissionshöhe streut über einen weiten Bereich (Milchkühe: rund 4 bis 17 g  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro  $\text{m}^2$  und Tag). Die Emissionen betragen im Mittel rund 10 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro Kuh und Jahr und liegen damit ähnlich hoch wie die Emissionen aus Laufställen. Die Datenlage ist aufgrund der verwendeten Messtechnik (Kammersysteme) als unsicher einzuschätzen. Die mit dem Modell Agrammon berechneten Emissionen für Laufställe (d.h. Summe der Emissio-

nen aus Laufstall und Laufhof stimmen verhältnismässig gut mit den vorhandenen Literaturwerten für Laufställe<sup>19</sup> überein. Eine Emissionsmessung beim Emissionsversuchsstall Waldegg von Agroscope (Laufstall mit Produktion von Vollgülle, ohne Laufhof) mittels linienintegrierter Gasmessung kombiniert mit bLS Ausbreitungsmodell ergab Werte, die um weniger als 5% von den mit Agrammon modellierten Emissionen abweichen (Kupper et al. 2020a).

Weiter wurde eine Literaturrecherche über Emissionen aus Ställen für Mastschweine basierend auf 45 Artikeln durchgeführt (Kupper, 2021). Zudem erfolgte eine eingehende Analyse des Berichts von Berry et al. (2005), welcher im Modell Agrammon die Grundlage der Emissionsraten von Schweineställen bildet. Für konventionelle Stallsysteme von Mastschweinen (mit Zwangslüftung, Teilspalten oder Vollspaltenboden) und teilweise auch für Systeme mit Einstreue liegen zahlreiche Datensätze vor. Die Variabilität der Emissionshöhe ist gross. Standardwerte aus z.B. dem UNECE Guidance Document (UNECE, 2014) weichen teilweise stark vom berechneten Mittelwert der Literaturstudie ab. Agrammon verwendet für Systeme mit Voll- und Teilspaltenboden die gleiche Emissionsrate. Der Emissionsfaktor von Agrammon für konventionelle Ställe, die Voll- oder Teilspaltenboden aufweisen können, berechnet mit dem Standardwert für die N-Ausscheidung stimmt für Teilspalten gut mit dem Mittelwert der Literaturstudie und dem Standardwert des UNECE Guidance Documents überein. Eine verhältnismässig gute Übereinstimmung besteht ebenfalls für Systeme mit Tiefstreue. Agrammon weist aber einen deutlich tieferen Emissionsfaktor im Vergleich zu sämtlichen andern Datengrundlagen auf, welche Emissionsfaktoren für Systeme mit Vollspaltenboden angeben. Die Niederlande verwenden für das Emissionsinventar wesentlich höhere Emissionswerte als implementiert in Agrammon.

Für das System Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf liegen nur die Datensätze von Berry et al. (2005) sowie von Mosquera et al. (2008) vor. In beiden Studien stammte ein grosser Teil der Emissionen aus dem Auslauf. Die Datenbasis ist hier sehr schmal und als Grundlage für eine Emissionsrate in Agrammon als ungenügend abgestützt einzuschätzen. Die Emissionen von solchen Systemen sollten mit Messungen unter Umweltbedingungen überprüft werden.

Eine Literaturstudie basierend auf 36 Datensätzen aus 23 Studien zu Emissionen aus Legehennenställen (Kupper, 2020) führte zu folgenden Jahresmittelwerten: Bodenhaltung: 322 g NH<sub>3</sub> pro Tierplatz und Jahr; Voliersysteme ohne und mit Kotbandbelüftung 99 bzw. 68 g NH<sub>3</sub> pro Tierplatz und Jahr. Die Werte zwischen Minimum und Maximum streuen um einen Faktor von 5 bis 17. Die Emissionswerte der einzelnen Systeme in Agrammon sind vergleichbar mit denjenigen der Literaturstudie. Sie stimmen auch mit Ausnahme des Systems Bodenhaltung gut mit den Emissionsfaktoren aus den Niederlanden überein. Eine Quantifizierung der Emissionsminderung aufgrund der Häufigkeit der Entmistung des Kotbands ist jedoch schwierig. Bei Vorhandensein einer Kotbandtrocknung scheint die emissionsmindernde Wirkung einer häufigen Entmistung geringer zu sein als ohne Kotbandtrocknung. In Agrammon sollte daher der Korrekturfaktor für die Häufigkeit der Entmistung des Kotbands überprüft werden, da dieser für beide Systeme (mit und ohne Kotbandtrocknung) identisch ist. Für Mastpoulets zeigen Daten aus der Literatur für den Zeitraum nach 2000 eine Emission pro Tierplatz und Jahr im Bereich zwischen rund 40 und 80 g NH<sub>3</sub> (19 Datensätze aus Studien von Ländern Europas mit gemässigtem Klima und Kanada sowie mit vergleichbaren produktionstechnischen Bedingungen wie in der Schweiz, d.h. zwangsbelüftete Ställe, Ausmisten nach jedem Umtrieb). Umgerechnet beträgt die Emissionsrate in Agrammon 52 g NH<sub>3</sub> pro Tierplatz und Jahr. Inwieweit die Systeme in den Studien, auf welchen die in Agrammon hinterlegten Werte basieren, repräsentativ sind für die schweizerische Produktionstechnik, lässt sich nicht abschliessend

---

<sup>19</sup> In der Literatur wird praktisch nie zwischen Emissionen aus Laufställen den dazu gehörigen Laufhöfen differenziert.

beantworten. Die in den Studien dokumentierten produktionstechnischen Parameter scheinen abgesehen vom Stallsystem, welches keinen Wintergarten aufweist, nicht grundsätzlich von der in der Schweiz üblichen Bedingungen abzuweichen. Für eine abschliessende Bewertung der Emissionen aus schweizerischen Geflügelställen und deren Abbildung in Agrammon sind Messungen nötig, welche das in der Schweiz am weitesten verbreiteten System mit Wintergarten und allenfalls Freilandauslauf vollständig abdeckt.

Kupper et al. (2020b) schlagen basierend auf einer umfassenden Literaturstudie die folgenden Basiswerte für Emissionen aus der Lagerung von Gülle vor: 0.08 g NH<sub>3</sub> pro m<sup>2</sup> und Stunde bzw. 1.6 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag für Rindviehgülle und 0.24 g NH<sub>3</sub> pro m<sup>2</sup> und Stunde bzw. 4.7 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag für Schweinegülle. Für Rindviehgülle stimmen die Werte gut mit den Resultaten von Messungen aus der Schweiz von Kupper et al. (2021) überein (0.07 g NH<sub>3</sub> pro m<sup>2</sup> und Stunde bzw. 1.4 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag). Diese Werte liegen deutlich tiefer als die in Agrammon hinterlegten Emissionsraten von 6 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag für Rindviehgülle und 8 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag für Schweinegülle. Referenzwerte gemäss UNECE Guidance Document (UNECE, 2014) liegen im Bereich von 3.8-9.0 g NH<sub>3</sub>-N pro m<sup>2</sup> und Tag, wobei die Grundlagen dieser Referenzwerte nicht verfügbar sind.

Neuere Untersuchungen haben für Ausbringung von Gülle deutlich niedrigere Emissionswerte gefunden (Hafner et al., 2018, 2019; Häni et al., 2016) im Vergleich zu Referenzwerten und den in Emissionsmodellen verwendeten Werten. Für Rindviehgülle geben Häni et al. (2016) einen Basiswert bei Ausbringung mit Breitverteiler von 25% TAN an. Für die Basis-Emissionsrate gemäss ALFAM2 resultieren 24% TAN für Rindviehgülle und 17% TAN für Schweinegülle<sup>20</sup>. Im Vergleich dazu betragen die Basiswerte der Emissionsraten von Agrammon 50% TAN für Rindviehgülle und 35% TAN für Schweinegülle. Das UNECE Guidance Document (UNECE, 2014) gibt einen typischen Bereich von 40 bis 60% TAN an.

Bünemann et al. (2022) haben für Gärgülle und flüssiges Gärgut industriell-gewerblicher Herkunft deutlich höhere Emissionen im Vergleich zu unbehandelter Rindviehgülle gemessen. Für Gärgülle und flüssiges Gärgut sind in Agrammon vergleichsweise niedrigere Emissionsraten hinterlegt. Angesichts der zunehmenden Mengen von Gärprodukten in der Schweiz über die letzten Jahre (Anhang 7.4) würde eine allfällige Unterschätzung der Emissionsraten dieser Produkte zunehmend ins Gewicht fallen. Es ist daher zu empfehlen, die Emissionen von Gärgülle und flüssigem Gärgut industriell-gewerblicher Herkunft vertieft zu untersuchen.

Schäppi et al. (2015) schätzen die gesamte Unsicherheit der modellierten landwirtschaftlichen Emissionen auf 12%. Diese Unsicherheitsanalyse berücksichtigt neuere Datengrundlagen nur teilweise. Zudem sind allfällige Unsicherheiten der Emissionsraten nicht direkt eingeschlossen.

Die gefundenen Differenzen zwischen Emissionsraten aus der Literatur und den in Agrammon implementierten Werten lassen gewisse Rückschlüsse auf die Unsicherheit von Emissionsrechnungen zu. Es wird empfohlen, die Datenlage mittels Messungen unter Praxisbedingungen der Schweiz zu verbessern. Dies ist eine Voraussetzung für zuverlässigere Emissionsrechnungen mittels Agrammon sowie für eine bessere Einschätzung von deren Unsicherheit, insbesondere für einzelbetriebliche Anwendungen.

---

<sup>20</sup> Modellparameter: Ausbringmenge: 25 m<sup>3</sup> pro ha, Temperatur: 12°C, Windgeschwindigkeit: 1.5 m/s; Rindviehgülle: TAN: 1.05 g pro Liter; TS: Gehalt: 4.5%; Schweinegülle: TAN: 2.3 g pro Liter; TS: Gehalt: 2.5%; angenommene Verdünnung: 1 Teil Gülle:1 Teil Wasser

#### 4.4 Schlussfolgerungen

Das gewählte Vorgehen zur Berechnung der Ammoniakemissionen von 1990 bis 2020 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, 2010, 2015 und 2019 bildeten repräsentative Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik die Grundlage für die Modellrechnungen.

Die Emissionen aus der Landwirtschaft bzw. aus der Tierproduktion haben über die letzten 30 Jahre um 23% bzw. 21% abgenommen. Dieser Verlauf lässt sich weitgehend mit der Entwicklung der Tierbestände und den Veränderungen der Produktionstechnik erklären, die vor allem auf die Agrar- und Umweltpolitik und die darin enthaltenen Massnahmen zwecks Förderung des Tierwohls und emissionsmindernden Techniken. Bezüglich Produktionstechnik spielt ebenfalls der Strukturwandel in der Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Die damit verbundenen Veränderungen beeinflussten die Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Stufen (Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und -ausbringung). Sowohl Techniken, welche zu einer Zunahme der Emissionen führen (Lauf- und Labelställe) als auch Techniken, die eine Emissionsminderung bewirken (z.B. emissionsmindernde Ausbringungsverfahren, vermehrtes Weiden), haben sich stark verbreitet. Ohne die breite Umsetzung von emissionsmindernden Techniken (z.B. Schleppschlauchverteiler zur Ausbringung von Gülle, Senkung des Rohproteingehalts in der Schweinefütterung) wären die Emissionen seit 1990 weniger stark zurückgegangen.

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.

Die Zeitreihe der Konzentrationsmessungen steht im Einklang mit der modellierten Zeitreihe der Emissionen ab 2000. Allerdings lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Datenqualität der Eingabeparameter keine vollständig homogene Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2020 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. Dazu sind in Zukunft vermehrt Messungen im Feld notwendig. Mit der Fernmessung der Emissionen kombiniert mit Ausbreitungsmodellierung (Bühler et al., 2021) liegt eine Methode vor, die Emissionen der Quellen Stall/Laufhof und Hofdüngerlager im Praxismassstab integral mit einer hohen Präzision erfasst. Die Messung der Emissionen von Ausbringung und Weide wurden mit dieser Methode in der Schweiz bereits etabliert (Häni et al., 2016, Voglmeier et al., 2018). Damit lassen sich die im Modell implementierten Emissionsraten und Korrekturfaktoren überprüfen.

## 5 Verdankungen

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 Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2016. Agricura Statistiken 2005/2006 bis 2015/2016 zusammengestellt durch die Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2021. Agricura Statistiken 2005/2006 bis 2019/2020 zusammengestellt durch die Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agridea, BLW. 2009. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.2, Jan 2009. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- Agridea, BLW. 2011. 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.
- Agridea, BLW. 2013. Weisungen zur Handhabung von Vergärungsprodukten in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 8 zur Suisse-Bilanz, Auflage 1.1, September 2013. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- Agridea, BLW. 2019. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.11. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- BAFU, BLW. 2016. Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1633. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- Begert, M., Frei, C. 2018. Long-term area-mean temperature series for Switzerland—Combining homogenized station data and high resolution grid data. *Int. J. Climatol.* 38(6): 2792-2807.
- Berry, N., Zeyer, K., Emmenegger, L., Keck, M. 2005. Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Dübendorf: Agroscope FAT Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, Empa, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf.
- BFS, 2010. Koordinierte landwirtschaftliche Betriebsdatenerhebung, Formular Tiererhebung 2000. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- BFS. 2011. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2010. Pers. Mitteilung. M. Bencheikh, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- BFS. 2016a. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2015. Pers. Mitteilung. M. Bencheikh, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- BFS. 2016b. Landwirtschaftliche Strukturserhebung (URL: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/erhebungen/stru.assetdetail.6993.html>; 09.10.2017). Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- BFS. 2018. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2018. Pers. Mitteilung. M. Bencheikh, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.

- BFS. 2020. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2019. Pers. Mitteilung. M. Bencheikh, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- BLW. 2008. Förderung der Tierzucht durch den Bund und die Kantone im Jahre 2007. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- BLW. 2016. Agrarbericht 2015. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW. URL: <https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/produktionssysteme?highlight=BTS> (29.11.2017).
- BLW. 2017. Zusatzmodule 6 & 7 - Berechnungsprogramm für Werte auf Tabellen 1 + 2 NPr-Weisungen - Basis GRUD 2017. Unveröffentlichtes Dokument M. Ofner, Bern: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- Bretscher, D., Kupper, T. 2012. Categorization of livestock animals in Switzerland. CH-8046 Zürich: Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station (ART).
- Bühler, M., Häni, C., Ammann, C., Mohn, J., Neftel, A., Schrade, S., Zähler, M., Zeyer, K., Brönnimann, S., Kupper, T. 2021. Assessment of the inverse dispersion method for the determination of methane emissions from a dairy housing. *Agric. For. Meteorol.* 307: 108501.
- Buhlmann, T., Hiltbrunner, E., Korner, C., Rihm, B., Achermann, B. 2015. Induction of indirect N<sub>2</sub>O and NO emissions by atmospheric nitrogen deposition in (semi-)natural ecosystems in Switzerland. *Atmos Environ* 103: 94-101.
- Bünemann-König, E., Efoosa, N., Krause, H.-M., Krauss, M. 2022. Quantifizierung der Klimawirkung von Recyclingdüngern und Pflanzenkohle in biologischen Anbausystemen (GHG-Recycle4Bio). FiBL, Forschungsinstitut für Biologischen Landbau CH-5070 Frick, HAFL, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften CH-3052 Zollikofen.
- de Vries, W., Kros, J., Reinds, G.J., Butterbach-Bahl, K. 2011. Quantifying impacts of nitrogen use in European agriculture on global warming potential. *Curr. Opin. Env. Sust.* 3(5): 291-302.
- Dupre, C., Stevens, C.J., Ranke, T., Bleeker, A., Peppler-Lisbach, C., Gowing, D.J.G., Dise, N.B., Dorland, E., Bobbink, R., Diekmann, M. 2010. Changes in species richness and composition in European acidic grasslands over the past 70 years: the contribution of cumulative atmospheric nitrogen deposition. *Global Change Biol.* 16(1): 344-357.
- EEA. 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. Luxembourg: European Environment Agency.
- EEA. 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. Luxembourg: European Environment Agency.
- 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.
- FOEN 2022b: Switzerland's Eighth National Communication under the UNFCCC. Federal Office for the Environment. Bern, Switzerland. <http://www.climatereporting.ch>
- FOEN, 2022a. Switzerland's Informative Inventory Report 2022 (IIR). Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Submission of March 2022 to the United Nations ECE Secretariat. Federal Office for the Environment (FOEN), Berne.
- FOEN. 2021. Switzerland's Informative Inventory Report 2021 (IIR). Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Federal Office for the Environment FOEN, Air Pollution Control and Chemicals Division, 3003 Bern, Switzerland.

- Gutser, R., Ebertseder, T., Weber, A., Schraml, M., Schmidhalter, U. 2005. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 168(4): 439-446.
- Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Burchill, W., Bussink, W., Chantigny, M., Carozzi, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Hunt, D., Kupper, T., Lanigan, G., Loubet, B., Misselbrook, T., Meisinger, J.J., Neftel, A., Nyord, T., Pedersen, S.V., Rochette, P., Sintermann, J., Vermeulen, B., Vestergaard, A., Voylokov, P., Williams, J.R., Sommer, S.G. 2018. The ALFAM2 database on ammonia emission from field-applied manure: Description and illustrative analysis. *Agric. For. Meteorol.* 258: 66-78.
- Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Carozzi, M., Chantigny, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Kupper, T., Misselbrook, T., Neftel, A., Nyord, T., Sommer, S.G. 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmos. Environ.* 199: 474-484.
- Häni, C., Sintermann, J., Kupper, T., Jocher, M., Neftel, A. 2016. Ammonia emission after slurry application to grassland. *Atmos. Environ.* 125: 92-99.
- Hoop, D., Schmid, D. 2016. Betriebstypologie ZA2015 (BT-ZA2015) <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/search.html#Betriebstypologie>.
- Kessler, J., Zogg, M., Bächler, E. 1994. Ein kritischer Blick in den Schweinetrog. *Agrarforschung* 1(7): 313-316.
- Krause, K., Niklaus, P.A., Schleppi, P. 2013. Soil-atmosphere fluxes of the greenhouse gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O in a mountain spruce forest subjected to long-term N addition and to tree girdling. *Agr. Forest. Meteorol.* 181: 61-68.
- Kupper, T. 2019. Ammoniakemissionen aus Rindviehställen - Literaturstudie (unveröffentlicht). CH-3052 Zollikofen: Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T. 2020. Ammoniakemissionen aus Legehennenställen - Literaturstudie (unveröffentlicht). CH-3052 Zollikofen: Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T. 2021. Ammoniakemissionen aus Mastschweineeställen - Literaturstudie (unveröffentlicht). CH-3052 Zollikofen: Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T., Bonjour, C., Achermann, B., Rihm, B., Zaucker, F., Menzi, H. 2013. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2010. Prognose bis 2020. URL: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/> (26.10.2016). Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H. 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmos. Environ.* 103(0): 215-221.
- Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F. 2018. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T., Bühler, M., Häni, C. 2020a. Comparison of methane and ammonia emissions from a dairy housing between inverse dispersion technique and inhouse tracer ratio method. Final report from project FerEVS (unpublished). CH-3052 Zollikofen: Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.

- Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., VanderZaag, A.C. 2020b. Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - a review. *Agr. Ecosyst. Environ.* 300(106963): 1-18.
- Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Häni, C. 2021. Ammonia emissions from an uncovered dairy slurry storage tank over two years: Interactions with tank operations and meteorological conditions. *Biosyst. Eng.* 204: 36-49.
- Mack, G., Möhring, A. 2021: SWISSland-Modellierung zur Palv 19.475: «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren». *Agroscope*. Tänikon-Ettenhausen, Schweiz. <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/oekonomische-modellierung-politikanalyse.html> [01.12.2021]
- Menzi, H., Arrigo, Y., Huguenin, O., Mürger, A., Schori, F., Wyss, U., Schlegel, P. 2016. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Milchkühe. *Agrarforschung* 7(10): 428-435.
- 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).
- Möhring, A., Mack, G., Ferjani, A., Kohler, A., Mann, S. 2015. Swiss Agricultural Outlook 2014-2024. Pilotprojekt zur Erarbeitung eines Referenzszenarios für den Schweizer Agrarsektor. *Ökonomie Agroscope Science* | Nr. 23 / 2015. CH-8356 Ettenhausen: Agroscope Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., Huis in 't Veld, J.W.H. 2008. Measurement method for ammonia emissions from animal houses with an outdoor yard. Rapport 100 (in Dutch). NL-Wageningen: Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Pannatier, E.G., Thimonier, A., Schmitt, M., Walthert, L., Waldner, P. 2011. A decade of monitoring at Swiss Long-Term Forest Ecosystem Research (LWF) sites: can we observe trends in atmospheric acid deposition and in soil solution acidity? *Environ. Monit. Assess.* 174(1-4): 3-30.
- 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.
- Richner, W., Flisch, R., Mayer, J., Schlegel, P., Zähler, M., Menzi, H., 2017. 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern, in: Richner, W., Sinaj, S. (Eds.), *Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017*. *Agrarforschung Schweiz* 8 (6) Spezialpublikation, pp. 4/1-4/23.
- Rösemann, C., Haenel, H.D., Vos, C., Dammgén, U., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Freibauer, A., Döhler, H., Schreiner, C., Osterburg, B., Fuss, R. 2021. Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2019. Report on methods and data (RMD) Submission 2021. Thünen Report 84.
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Achermann, B. 2013. Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agr. Ecosyst. Environ.* 178: 121-126.
- Saxer, M., Steinhöfel, H., Bohnenblust, D., Borluz, N., Murbach, F. 2004. Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Ausgabe 2004. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).

- Schaeppli, B., Heldstab, J., Kupper, T. 2015. Modeling uncertainty in ammonia emissions from agriculture: Regional upscaling by Monte Carlo analysis. 4th International Workshop on Uncertainty in Atmospheric Emissions 7-9 October 2015, Krakow, Poland.
- 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 Soil* 228(1): 105-115.
- Schweizerischer Bauernverband, 2003. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 80. Jahreshaft URL: <https://www.sbv-usp.ch/de/services/agristat-statistik-der-schweizer-landwirtschaft/statistische-erhebungen-und-schaetzungen-ses/archiv-statistische-erhebungen-und-schaetzungen/> (24.02.2022)
- Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 2016. Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change / John H. Seinfeld and Spyros N. Pandis. Third edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Seitler, E., Meier, M., Thöni, L. 2018. Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2017. Messbericht. Rapperswil: FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung.
- Spirig, C., Neftel, A. 2006. Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft und Feinstaub. *Agrarforschung* 13(9): 392-397.
- Spring, P., Bracher, A. 2013. Survey of current Swiss pig feeding practices and potential for ammonia emission reduction. *J. Appl. An. Nutr.* 2: 1-8.
- Sutton, M.A., Oenema, O., Erisman, J.W., Leip, A., van Grinsven, H., Winiwarter, W. 2011. Too much of a good thing. *Nature* 472(7342): 159-161.
- Talkner, U., Meiwes, K.J., Potocic, N., Seletkovic, I., Cools, N., De Vos, B., Rautio, P. 2015. Phosphorus nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.) is decreasing in Europe. *Ann. Forest Sci.* 72(7): 919-928.
- UNECE. 2014. Guidance document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. Paper ECE/EB.AIR/120, February 7, 2014. Geneva, Switzerland: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE).
- Velthof, G., Barot, S., Bloem, J., Butterbach-Bahl, K., De Vries, W., Kros, J., Lavelle, P., Olesen, J.E., Oenema, O., 2011. Nitrogen as a threat to European soil quality, in: Sutton, M. A., Howard, C. M., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H., Grizzetti, B. (Eds.), *The European Nitrogen Assessment. Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge University Press, New York, pp. 495-510.
- Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C., Ammann, C. 2018. Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture. *Biogeosciences* 15(14): 4593-4608.
- 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.

## 7 Anhang

### 7.1 Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019, 2020 und 2030

#### 7.1.1 Für die Berechnung der Ammoniakemissionen verwendete Tierzahlen der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019 und 2020 sowie für die Prognose 2030

* Tierkategorie	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2019	2020	2030**
R Milchkühe	783'100	739'641	657'924	614'795	589'024	583'277	554'588	546'479	531'333
R Aufzuchtrinder<1J	346'400	294'738	229'514	223'261	221'571	210'174	200'968	198'564	192'986
R Aufzuchtr. 1- bis 2J	253'300	238'564	219'092	210'491	214'900	209'045	204'366	202'829	197'263
R Aufzuchtrinder> 2J	150'700	139'357	126'028	109'072	110'840	98'522	90'989	86'987	84'454
R Mutterkühe	12'000	23'000	58'103	93'545	111'291	117'895	128'270	131'384	133'133
R Mutterkuhkälber	9'600	18'400	46'925	72'166	86'264	91'147	99'463	101'942	103'297
R Masttiere	187'800	192'888	141'706	147'958	143'797	141'668	136'177	136'450	135'042
R Mastkälber	112'300	101'686	114'405	100'476	113'547	102'592	109'998	110'488	108'562
S Galtsauen	129'256	108'886	108'582	105'680	106'070	93'348	82'767	80'972	84'124
S Säugende Sauen	37'384	33'015	36'499	34'876	33'508	29'432	26'471	26'326	27'343
S Ferkel abg.b. 25 kg	299'417	274'756	326'586	344'754	350'908	329'976	293'171	284'881	287'046
S Eber	8'400	7'112	5'784	4'170	3'685	2'682	2'448	2'378	2'474
S Mastschweine/Re.	1'203'087	1'061'293	942'725	941'688	949'625	886'108	799'661	807'849	813'751
G Junghennen	718'900	714'448	753'918	901'798	925'522	1'032'974	1'242'066	1'149'653	1'160'563
G Legehennen	3'083'000	2'118'248	2'154'133	2'197'685	2'438'051	2'821'943	3'485'657	3'854'017	3'914'974
G Mastpoulets	3'392'076	3'636'565	4'329'987	6'076'996	7'183'794	8'613'783	9'593'356	10'083'364	10'077'982
G Masttruten	94'651	170'150	123'905	112'459	58'074	49'307	75'110	88'373	88'325
G Übriges Geflügel	21'778	16'859	8'490	14'165	23'153	22'623	20'874	24'011	24'000
P Pferde>3J	22'092	30'364	41'709	48'078	53'441	50'798	43'888	43'921	46'046
P Pferde<3J	6'070	11'005	9'527	9'642	8'672	4'681	3'188	3'059	3'212
P Ponys,Klpf,E,M j A	5'879	7'556	13'209	17'161	20'407	19'682	33'614	33'092	34'780
K Schafe	190'600	191'382	219'877	229'985	228'178	203'995	206'683	206'257	197'390
K Milchschafe	4'265	3'023	7'159	10'212	12'362	13'564	14'539	13'816	13'200
K Ziegen	44'800	34'606	43'003	51'878	54'739	56'121	61'340	60'364	61'145
A Bisons>3J	-	43	143	156	222	228	295	292	292
A Bisons<3J	-	57	162	264	291	328	160	163	163
A Damhirsche	168	1'292	2'686	3'978	4'887	5'116	5'433	5'421	5'421
A Rothirsche	-	136	375	471	656	891	1'186	1'190	1'190
A Lamas>2J	-	-	703	1'549	2'127	2'425	2'257	2'262	2'262
A Lamas<2J	-	-	296	554	842	591	625	637	637
A Alpakas>2J	-	-	467	1'205	2'295	2'567	2'861	2'835	2'835
A Alpakas<2J	-	-	123	545	821	857	807	729	729
A Kaninchen***	60'866	40'546	33'379	27'173	35'037	25'312	21'436	19'039	19'039

\*R: Rindvieh; S: Schweine; G: Geflügel; P: Pferde und andere Equiden; K: Kleinwiederkäuer; A: andere Raufutter verzehrende Nutztiere; die Kategorien P, K und A werden teilweise unter „übrige Tierkategorien“ zusammengefasst; Tierkategorien gemäss Richner et al. (2017)

\*\*Abgeleitet von: Möhring et al. (2015)

\*\*\*Produzierende Zibbe (inkl. Jungtier bis ca.35 Tage)

**7.1.2 Herleitung der Tierkategorien 2002, 2007, 2010, 2015, 2019**

Tierkategorie	2002*	2007*	2010,2015*	2019
Milchkühe	$\Sigma(x1111,x1112)$	$\Sigma(x1111,x1112,x1116)$	$\Sigma(x1110)$	
Mutterkühe	$\Sigma(x1151)$		$\Sigma(x1150)$	
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	$\Sigma(x1131,x1132,x1136,x1137)$			Herleitung gemäss Kupper et al. (2018)
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	$\Sigma(x1122,x1127)$			
Aufzuchtrinder über 2-jährig	$\Sigma(x1121,x1126)$			
Mutterkuhkälber	$\Sigma(x1156)$			
Masttiere	$\Sigma(x1161,x1163)$	$\Sigma(x1161,x1163,x1117)$		
Mastkälber	$\Sigma(x1171)$			
Galtsauen	$\Sigma(x1615)$			
Säugende Sauen	$\Sigma(x1611)$			
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	$\Sigma(x1631)$			
Eber	$\Sigma(x1621)$			
Mastschweine und Remonten	$\Sigma(x1639)$			
Junghennen	$\Sigma(x1755)$			
Legehennen	$\Sigma(x1751,x1753)$		$\Sigma(x1751,x1753,x1754)$	
Mastpoulets	$\Sigma(x1757)$			
Masttruten	$\Sigma(x1761)$		$\Sigma(x1761,x1762,x1763)$	
Übriges Geflügel	$\Sigma(x1871,x1872,x1873,x1874,x1875,x1876)$		**	
Pferde über 3-jährig	$\Sigma(x1211,x1215)$		$\Sigma(x1211,x1214,x1216)$	$\Sigma(x1222,x1223)$
Pferde unter 3-jährig	$\Sigma(x1212,x1221)$		$\Sigma(x1212,x1219)$	$\Sigma(x1224,x1225)$
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters	$\Sigma(x1231,x1234,x1237)$		$\Sigma(x1244,x1246,x1249,x1254,x1256,x1259)$	$\Sigma(x1262,x1263,x1264,x1265)$
Schafe	$\Sigma(x1353)$			
Milchschafe	$\Sigma(x1351)$			
Ziegen	$\Sigma(x1461,x1463)$			
Bisons über 3-jährig	$\Sigma(x1571)$			
Bisons unter 3-jährig	$\Sigma(x1572)$			
Damhirsche jeden Alters	$\Sigma(x1578)\#$			
Rothirsche jeden Alters	$\Sigma(x1581)\#$			
Lamas über 2-jährig	$\Sigma(x1581)$			
Lamas unter 2-jährig	$\Sigma(x1582)$			
Alpakas über 2-jährig	$\Sigma(x1585)$			
Alpakas unter 2-jährig	$\Sigma(x1586)$			
Kaninchen	$\Sigma(x1586)$			

\*Die Grundlage bilden die Daten gemäss BFS (2011, 2016a, 2018); angegeben sind die Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2011, 2016a, 2018): Anhang 7.1.3

\*\*2010:  $\Sigma(x1871,x1872,x1874,x1875,x1876,x1877,x1878,x1880)$

2015:  $\Sigma(x1871,x1872,x1876,x1877,x1878,x1879,x1887,x1888,x1890)$

2019:  $\Sigma(x1871,x1872,x1876,x1877,x1878,x1887,x1888,x1890)$

#50% der Tierzahlen werden angerechnet, da die Ausscheidungswerte für die Muttertiere gelten

**7.1.3 Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2010, 2011, 2016a, 2018)**

Code	Bezeichnung	Quelle
X1110	Rindergattung & Wasserbüffel Milchkühe	BFS (2016a)
X1111	Kühe zur Verkehrsmilchproduktion	BFS (2009)
X1112	Kühe, gemolken, keine Verkehrsmilchproduktion	BFS (2009)
X1116	Galkühe	BFS (2009)
X1117	Ausmastkühe	BFS (2009)
X1121	Rinder über 2-jährig	BFS (2009)
X1122	Rinder 1- bis 2-jährig	BFS (2009)
X1123	Rindergattung & Wasserbüffel > 730 Tage weiblich	BFS (2016a)
X1124	Rindergattung & Wasserbüffel > 730 Tage männlich	BFS (2016a)
X1126	Stiere über 2-jährig	BFS (2009)
X1127	Stiere 1- bis 2-jährig	BFS (2009)
X1128	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage weiblich	BFS (2016a)
X1129	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage männlich	BFS (2016a)
X1131	Jungvieh zur Zucht, 4 bis 12 Monate alt, weiblich	BFS (2009)
X1132	Jungvieh zur Zucht, 4 bis 12 Monate alt, männlich	BFS (2009)
X1133	Rindergattung und Wasserbüffel, Tiere 120-365 Tage alt, weiblich	BFS (2011)
X1134	Rindergattung und Wasserbüffel, Tiere 120-365 Tage alt, männlich	BFS (2011)
X1136	Aufzuchtkälber unter 4 Monate alt, weiblich	BFS (2009)
X1137	Aufzuchtkälber unter 4 Monate alt, männlich	BFS (2009)
X1138	Rindergattung und Wasserbüffel, Tiere bis 120 Tage alt, weiblich	BFS (2011)
X1139	Rindergattung und Wasserbüffel, Tiere bis 120 Tage alt, männlich	BFS (2011)
X1141	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage weiblich	BFS (2016a)
X1142	Rindergattung & Wasserbüffel < 160 Tage weiblich	BFS (2016a)
X1143	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage männlich	BFS (2016a)
X1144	Rindergattung & Wasserbüffel < 160 Tage männlich	BFS (2016a)
X1150	Rindergattung & Wasserbüffel andere Kühe	BFS (2016a)
X1151	Mutter- und Ammenkühe (ohne Kälber)	BFS (2009)
X1156	Kälber von Mutter- und Ammenkühen, unter 1-jährig	BFS (2009)
X1161	Rinder, Stiere und Ochsen (Grossviehmast) über 4 Monate alt	BFS (2009)
X1163	Kälber zur Grossviehmast unter 4 Monate alt	BFS (2009)
X1171	Mastkälber	BFS (2009)
X1199	Rindergattung & Wasserbüffel TOTAL	BFS (2016a)



Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

Code	Bezeichnung	Quelle
X1211	Säugende & trächtige Stuten	BFS (2016a)
X1212	Fohlen bei Fuss	BFS (2016a)
X1214	Andere weibl. & männl. kastrierte Pferde > 30 Monate	BFS (2016a)
X1215	Andere Pferde über 3-jährig	BFS (2009)
X1216	Hengste > 30 Monate	BFS (2016a)
X1219	Andere Fohlen < 30 Monate	BFS (2016a)
X1221	Andere Fohlen unter 3-jährig	BFS (2011)
X1231	Maultiere und Maulesel jeden Alters	BFS (2009)
X1234	Ponys und Kleinpferde jeden Alters	BFS (2009)
X1237	Esel jeden Alters	BFS (2009)
X1222	Pferdegat. w.& m. kastr. > 900 Tg., Widerristhöhe > 148cm	BFS (2018)
X1223	Pferdegat. Hengste > 900 Tg., Widerristhöhe > 148 cm	BFS (2018)
X1224	Pferdegat. > 180 Tg. & < 900 Tg., Widerristhöhe > 148 cm	BFS (2018)
X1225	Pferdegat. Fohlen < 180 Tg., Widerristhöhe > 148 cm	BFS (2018)
X1262	Pferdegat. w.& m. kastr. > 900 Tg., Widerristhöhe < 148cm	BFS (2018)
X1263	Pferdegat. Hengste > 900 Tg., Widerristhöhe < 148 cm	BFS (2018)
X1264	Pferdegat. > 180 Tg. & < 900 Tg., Widerristhöhe < 148 cm	BFS (2018)
X1265	Pferdegat. Fohlen < 180 Tg., Widerristhöhe < 148 cm	BFS (2018)
X1351	Schafe gemolken	BFS (2016a)
X1353	Andere weibliche Schafe > 1-jährig	BFS (2016a)
X1461	Ziegen gemolken	BFS (2016a)
X1463	Andere weibliche Ziegen > 1-jährig	BFS (2016a)
X1571	Bisons > 3-jährig	BFS (2016a)
X1572	Bisons < 3-jährig	BFS (2016a)
X1575	Damhirsche jeden Alters	BFS (2016a)
X1578	Rothirsche jeden Alters	BFS (2016a)
X1581	Lamas > 2-jährig	BFS (2016a)
X1582	Lamas < 2-jährig	BFS (2016a)
X1585	Alpakas > 2-jährig	BFS (2016a)
X1586	Alpakas < 2-jährig	BFS (2016a)
X1611	Säugende Zuchtsauen	BFS (2016a)
X1615	Nicht säugende Zuchtsauen > 6 Monate	BFS (2016a)
X1621	Zuchteber	BFS (2016a)
X1631	Abgesetzte Ferkel	BFS (2016a)
X1639	Remonten & Mastschweine	BFS (2016a)

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

Code	Bezeichnung	Quelle
X1751	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Mastlinien)	BFS (2016a)
X1753	Konsumeier produzierende Hennen	BFS (2016a)
X1754	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Legelinien)	BFS (2016a)
X1755	Junghennen Junghähne & Küken für Eierproduktion	BFS (2016a)
X1757	Mastpoulets jeden Alters	BFS (2016a)
X1761	Truten jeden Alters	BFS (2016a)
X1762	Trutenvormast	BFS (2016a)
X1763	Trutenausmast	BFS (2016a)
X1861	Produzierende Zibben	BFS (2016a)
X1862	Jungtiere 35-100 Tage	BFS (2016a)
X1863	Andere Kaninchen	BFS (2016a)
X1871	Enten (ohne Zierenten)	BFS (2016a)
X1872	Gänse	BFS (2016a)
X1873	Fasane	BFS (2009)
X1874	Rebhühner	BFS (2009)
X1875	Strausse	BFS (2009)
X1876	Wachteln	BFS (2016a)
X1877	Strausse < 13 Monate	BFS (2016a)
X1878	Strausse > 13 Monate	BFS (2016a)
X1879	Übriges Geflügel Rebhühner Emus Pfauen Fasane usw.	BFS (2016a)
X1880	Übriges Geflügel (Pfauen, Fasane usw.)	BFS (2011)
X1881	Kaninchen	BFS (2016a)
X1887	Perlhühner	BFS (2016a)
X1888	Emus	BFS (2016a)
X1890	Übriges Geflügel (Rebhühner, Pfauen, Fasane)	BFS (2016a)

## 7.2 N-Ausscheidung nach GRUDAF 1994, 2001, 2009 und GRUD 2017

Übersicht der Werte zur N-Ausscheidung in kg N pro Einheit (Tier oder Tierplatz) und Jahr Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 1994, 2001, 2009 (Walther et al., 1994, 2001; Flisch et al., 2009) bzw. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017 (Richner et al., 2017).

	GRUDAF1994	GRUDAF2001	GRUDAF 2009#	GRUD 2017##
Milchkühe (N-Ausscheidung kg N pro Tier und Jahr, Milchleistung in kg pro Jahr)	105 5000	110 6000	115 6500	112 7500
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	26	25	25	25
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	42	40	40	40
Aufzuchtrinder über 2-jährig	63	55	55	55
Mutterkühe, schwere Rassen (>700 kg)	84	80	80	95
Mutterkühe, mittelschwere Rassen (600–700 kg)	84	80	80	85
Mutterkühe, leichte Rassen (< 600 kg)	84	80	80	72
Mutterkühkälber	18	34	34	22
Vormastkälber	8 <sup>1)</sup>	-	-	-
Masttiere (Rindviehmast)	35 <sup>2)</sup>	33 <sup>3)</sup>	33 <sup>3)</sup>	38 <sup>3)</sup>
Mastkälber	12	13	13	18
Galtsauen*	-	20	20	25
Säugende Sauen*	-	42	42	49
Ferkel abgesetzt bis 25 kg*	-	4.6	4.6	3.9
Eber*	-	18	18	18
Zuchtschweineplatz	35	35	35	44
Mastschweine*	15	13	13	13
Junghennen	0.34	0.34	0.31 <sup>6)</sup>	0.30
Legehennen	0.71	0.71	0.80	0.80
Mastpoulets	0.4	0.4	0.45	0.36
Masttruten	1.4	1.4	1.4	1.4
Anderes Geflügel	-	-	0.56	0.56
Pferde über 3-jährig	85 <sup>4)</sup>	44	44	44
Pferde unter 3-jährig	60 <sup>5)</sup>	42	42	42
Maultiere und Maulesel jeden Alters	Keine Angaben; Werte aus der jew. gültigen Version Wegleitung Suisse-Bilanz übernommen			25
Ponys, Kleinpferde Esel jeden Alters				16
Schafe <sup>7)</sup>	16	12 <sup>8)</sup>	12 <sup>8)</sup>	18 <sup>9)</sup>
Milchschafe <sup>7)</sup>	21	21	21	20
Ziegen <sup>7)</sup>	18	16	16	17

1) Vormast von 50 auf 125 kg in ca. 100 Tagen. Bei optimaler Auslastung des Stalles mit 3 - 3,3 Umtrieben pro Jahr. Bei nicht durchgehender Belegung ist je gemästetes Kalb mit einem Anfall von 2,5 kg N zu rechnen.

2) Mast von 125 auf 500 kg bei einem mittleren Tageszuwachs von ca. 1'200 g (Munis). 1 Umtrieb pro Jahr.

3) 65 bis 520 kg bei mittlerem Tageszuwachs von ca. 1400 g (Muni)

4) Stute mit Fohlen

5) Ausgewachsenes Pferd mit einem mittleren Gewicht von 500 kg. Bei leichteren Tieren oder Ponys, Esel, Jungtieren usw. kann der Anfall dem Gewicht entsprechend umgerechnet werden.

6) Aktualisiert gemäss Wegleitung Suisse Bilanz 1.9 (Agridea-BLW, 2011); Wert GRUDAF 2009 = 0.34

7) Muttertier inkl. Remontierung von Zuchttieren, Ausmast der übrigen Jungtiere und Anteil Bock.

8) 12 kg bzw. 18 kg für extensive bzw. intensive Haltung. Angegeben sind jeweils beide Werte in Tabelle oder Fussnote

9) 12 kg bzw. 17 kg für extensive bzw. intensive Haltung. Angegeben sind jeweils beide Werte in Tabelle od. Fussnote

\*Zusätzlich: lineare Korrektur für Gehalt an RP und Energie im Futter nach jeweils gültiger Version von Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz

#Werte Modell Agrammon Version 4.1; ## Werte Modell Agrammon Version 5.0

### 7.3 Emissionsraten für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2019)

Emissionsraten für 11 Düngertypen, abhängig von der Klimazone und vom pH-Wert des Bodens (normal: pH-Wert  $\leq 7.0$ ; hoch: pH-Wert  $> 7.0$ ) nach EEA (2019). Angabe in g NH<sub>3</sub> pro kg N ausgebracht

Nr.			Climate#					
			Cool		Temperate		Warm	
			normal pH*	high pH*	normal pH	high pH	normal pH	high pH
1	Anhydrous ammonia	AH	19	35	20	36	25	46
2	Ammonium nitrate	AN	15	32	16	33	20	41
3	Ammonium phosphate	AP**	50	91	51	94	64	117
4	Ammonium sulphate	AS	90	165	92	170	115	212
5	Calcium ammonium nitrate	CAN	8	17	8	17	10	21
6	NK mixtures	**	15	32	22	33	20	41
7	NPK mixtures	**	50	91	67	94	64	117
8	NP mixtures	**	50	91	67	94	64	117
9	Nitrogen solutions	**	98	95	100	97	126	122
10	Other straight N compounds	**	10	19	14	20	13	25
11	Urea	**	155	164	159	168	198	210

# Klimazonen ("Climate") "Cool, Temperate, Warm", wie definiert in "Table 10.14" von "Chapter 10 (Emissions From Livestock And Manure Management)" von IPCC (2006). Cool umfasst gemäss der oben erwähnten Tabelle 10.14 mittlere Jahrestemperaturen zwischen  $\leq 10$  und  $14^{\circ}\text{C}$ .

\* normal pH = pH 7.0 or below, high pH = more than pH 7.0 (usually calcareous soils)

\*\* AP = sum of ammonium monophosphate (MAP) and ammonium diphosphate (DAP), NK mixtures = AN, NPK and NP mixtures = 50% MAP + 50% DAP, Nitrogen solutions = Urea ammonium nitrate and other straight N compounds = Calcium nitrate.

## 7.4 Ausgebrachte Mengen und Emissionsraten von Recyclingdünger

### 7.4.1 Ausgebrachte Mengen

Die landwirtschaftlichen Emissionen bei der Ausbringung von Recyclingdünger (Klärschlamm, Kompost, festes und flüssiges Gärgut aus industriell-gewerblichen Anlagen, aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen bzw. Co-Vergärung) wurden auf der Grundlage der Mengen (Gewicht Frisch- (FS) oder Trockensubstanz oder Volumen) und der Konzentration von löslichem Stickstoff (TAN) im jeweiligen Recyclingdünger abgeleitet. Die Herleitung der Mengen ist in Kupper et al. (2018) dokumentiert

Die resultierenden Frachten an TS und TAN sind in Tabelle 18 aufgeführt. Die TS-Menge von Recyclingdünger betrug 1990 etwa 150'000 t TS, wovon Klärschlamm rund zwei Drittel beitrug. Die landwirtschaftlich verwendete Klärschlammmenge nahm kontinuierlich ab. Von der Jahrtausendwende an übertraf die TS-Menge von Kompost diejenige von Klärschlamm. Die Menge von TAN stammte dagegen bis zur vollständigen Umsetzung des Verbots zum grössten Teil von Klärschlamm (ca. 1600 t 1990 und ca. 370 t im Jahr 2006). Gleichzeitig nahm die Menge an Gärgut zu, und schon vom Jahr 2002 an war die Fracht an TAN in Gärgut grösser als im Kompost. Von 2010 an nahm die Menge von TS und TAN von Gärgülle zu und lag ab 2015 beinahe auf der gleichen Höhe wie diejenige von Gärgut flüssig industriell-gewerblicher Herkunft. Im Jahr 2020 betrug die Menge von TAN in Recyclingdüngern 1730 t, was ähnlich hoch ist wie die Menge im Zeitraum zwischen 1990 und 2000.

Tabelle 18: Verwendung von Recyclingdüngern in der Landwirtschaft in 1000 Tonnen Trockensubstanz (TS) pro Jahr und löslichem Stickstoff (t TAN)

	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2010	2013	2015	2020
Klärschlamm flüssig (1000 t TS /a)	107	116	77	42	29	20	0	0	0	0
Kompost (1000 t TS /a)	56	86	124	126	128	130	135	138	140	120
Gärgut fest indust.-gewerbl. (1000 t TS /a)	0	0	10	14	15	23	48	94	109	132
Gärgut flüssig indust.-gewerbl. (1000 t TS /a)	0	0	4.3	6.3	6.5	10	21	41	47	57
Gärgülle* (1000 t TS /a)	0	0	0.3	3.5	6.7	13	30	44	57	98
Total (1000 t TS /a)	160	195	206	180	172	181	217	298	309	408
Klärschlamm flüssig (t TAN /a)	1605	1972	1458	798	542	373	0	0	0	0
Kompost (t TAN /a)	37	54	73	74	75	77	79	81	82	70
Gärgut fest industriell-gewerblich (t TAN /a)	0	0	6.1	8.5	9.1	14	29	57	66	81
Gärgut flüssig indust.-gewerblich (t TAN /a)	0	0	66	92	100	152	321	624	723	882
Gärgülle* (t TAN /a)	0	0	3.0	31	60	114	269	400	512	696
Total	1640	2022	1600	991	767	698	643	1078	1261	1730

\*Gärgülle = flüssiges Gärgut, das in Co-Vergärungsanlagen anfällt bzw. gemäss Definition nach Agridea, BLW (2013): Material landwirtschaftlicher Herkunft plus maximal 20% Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft (bezogen auf FS). Angegeben ist die Menge TAN von Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft nach der Vergärung.

### 7.4.2 Emissionsraten

Die Emissionsraten von Recyclingdüngern wurden von Kupper et al. (2013) übernommen: Klärschlamm: Gärgut flüssig: 60% TAN, Gärgut flüssig bei Ausbringung mittels Schleppl Schlauch: 42% TAN, Kompost und festes Gärgut: 80% TAN. Informationen zur Herleitung der Emissionsraten ist in Kupper et al. (2018) enthalten.

## 7.5 Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2019

Landwirtschaftliche Produktionstechnik für 2002, 2007, 2010, 2015 und 2019 basierend auf Umfragen (vgl. Kap. 2.1.7)

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Milchkühe</b>					
Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh	6001	6771	7032	7251	7308
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten	56%	67%	66%	68%	68%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten	25%	33%	36%	37%	37%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten	25%	20%	17%	16%	16%
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten	39%	46%	48%	47%	49%
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten	57%	62%	59%	60%	63%
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten	19%	15%	15%	16%	17%
Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Sommer	1.2	1.5	1.6	1.7	1.7
Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Winter	2.1	2.3	2.3	2.3	2.3
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	28%	24%	19%	14%	13%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	46%	39%	38%	32%	29%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	17%	29%	32%	44%	45%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	8%	7%	10%	10%	12%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	0%	1%	1%	1%	1%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	148	143	177	202	210
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	59%	49%	75%	77%	76%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	38%	50%	20%	17%	17%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3%	1%	6%	6%	7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	59%	69%	57%	58%	58%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	14%	15%	17%	13%	13%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	21%	4%	12%	19%	21%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	6%	11%	14%	10%	8%
Anteil der Tiere mit Weidegang	92%	98%	97%	96%	96%
Jährliche Weidetage	165	178	173	174	175
Tägliche Weidestunden	8.3	8.5	8.6	8.2	8.3
Weidestunden pro Jahr	1509	1558	1542	1501	1532

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Mutterkühe (Kälber von Mutterkühen)</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	1%	2%	3%	3%	3%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	8%	13%	13%	11%	13%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	18%	23%	24%	33%	28%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	62%	59%	54%	50%	51%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	12%	4%	6%	3%	5%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	247	259	237	238	244
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	63%	8%	50%	48%	57%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	27%	89%	29%	28%	22%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	10%	3%	21%	23%	22%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	74%	97%	87%	86%	83%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	7%	1%	5%	1%	1%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	18%	1%	6%	12%	12%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	1%	1%	2%	1%	3%
Anteil der Tiere mit Weidegang	90%	94%	90%	89%	95%
Jährliche Weidetage	168	162	161	157	175
Tägliche Weidestunden	17.8	15.9	14.9	15.0	15.9
Weidestunden pro Jahr	3340	2722	2675	2655	2902
<b>Aufzuchtrinder über 2-jährig</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	9%	7%	6%	3%	4%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	43%	42%	33%	25%	24%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	17%	19%	23%	32%	30%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	22%	27%	32%	36%	37%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	9%	4%	6%	4%	5%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	173	169	197	218	218
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	50%	31%	56%	52%	52%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	47%	67%	37%	40%	38%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3%	2%	6%	8%	10%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	62%	77%	65%	70%	71%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	13%	12%	14%	8%	10%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	17%	3%	6%	11%	11%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	7%	8%	14%	11%	8%
Anteil der Tiere mit Weidegang	95%	98%	96%	95%	96%
Jährliche Weidetage	170	174	167	167	168
Tägliche Weidestunden	17.0	16.8	16.4	15.6	15.9
Weidestunden pro Jahr	3087	2989	2898	2778	2835

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2010	2019
<b>Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	7%	4%	4%	2%	3%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	43%	39%	31%	24%	20%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	14%	16%	20%	25%	31%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	23%	32%	35%	42%	39%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	13%	9%	10%	8%	7%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	168	177	189	207	211
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	52%	37%	64%	65%	61%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	44%	61%	27%	24%	27%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	4%	2%	9%	11%	12%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	61%	73%	64%	67%	70%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	15%	13%	15%	11%	11%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	15%	3%	8%	11%	11%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	9%	11%	14%	12%	8%
Anteil der Tiere mit Weidegang	95%	98%	98%	98%	98%
Jährliche Weidetage	174	178	174	177	174
Tägliche Weidestunden	18.0	17.8	17.6	17.6	17.3
Weidestunden pro Jahr	3322	3252	3172	3207	3107
<b>Aufzuchtrinder unter 1-jährig</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	2%	1%	1%	0%	1%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	36%	33%	26%	17%	17%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	8%	9%	14%	17%	19%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	20%	35%	39%	48%	50%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	34%	21%	19%	17%	13%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	174	190	198	220	217
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	46%	33%	48%	50%	50%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	52%	65%	46%	43%	46%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3%	2%	6%	7%	4%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	60%	78%	67%	74%	73%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	13%	11%	15%	10%	9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	13%	1%	3%	5%	6%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	14%	10%	15%	11%	12%
Anteil der Tiere mit Weidegang	95%	98%	94%	95%	96%
Jährliche Weidetage	168	167	162	164	165
Tägliche Weidestunden	13.8	13.2	12.8	12.5	12.3
Weidestunden pro Jahr	2475	2296	2217	2173	2156



Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Masttiere/Rindviehmast</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	1%	0%	3%	0%	1%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	5%	5%	11%	7%	12%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	35%	23%	12%	29%	21%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	51%	65%	58%	54%	57%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	8%	6%	15%	10%	8%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	72	20	141	158	140
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	50%	41%	55%	61%	61%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	18%	49%	25%	15%	19%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	32%	10%	19%	23%	21%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	75%	80%	78%	85%	77%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	4%	9%	7%	2%	3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	18%	4%	11%	10%	17%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	3%	8%	3%	3%	3%
Anteil der Tiere mit Weidegang	39%	49%	69%	71%	66%
Jährliche Weidetage	70	84	100	113	106
Tägliche Weidestunden	2.2	3.0	2.7	3.2	4.6
Weidestunden pro Jahr	407	601	515	581	840
<b>Mastkälber</b>					
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	0%	0%	0%	0%	0%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	0%	0%	0%	0%	0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	0%	0%	2%	2%	3%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	23%	37%	32%	43%	52%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreu / Tretmist	77%	63%	66%	55%	45%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	23	9	47	114	110
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	61%	50%	58%	67%	66%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	32%	29%	38%	27%	21%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	7%	21%	4%	5%	12%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	59%	79%	81%	75%	86%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	9%	16%	9%	17%	9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	27%	1%	2%	4%	1%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	5%	4%	7%	3%	4%
Anteil der Tiere mit Weidegang	29%	21%	35%	52%	48%
Jährliche Weidetage	48	30	56	65	70
Tägliche Weidestunden	0.3	0.2	0.5	0.9	1.3
Weidestunden pro Jahr	68	39	85	113	198

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Galtsauen</b>					
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	145*	148	145	144	144
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
Konventioneller Stall ohne Auslauf	36%	21%	25%	29%	35%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	62%	77%	74%	71%	65%
Tiefstreustall	1%	0%	1%	0%	0%
Weidehaltung	0%	1%	0%	0%	0%
<b>Säugende Sauen</b>					
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	165*	160	160	157	157
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
Konventioneller Stall ohne Auslauf	88%	92%	92%	93%	84%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	9%	7%	8%	7%	16%
Tiefstreustall	4%	1%	0%	0%	0%
Weidehaltung	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Ferkel abgesetzt bis 25 kg</b>					
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	180*	167	165	162	163
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
Konventioneller Stall ohne Auslauf	82%	89%	90%	94%	86%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	14%	9%	6%	6%	14%
Tiefstreustall	4%	1%	4%	0%	0%
Weidehaltung	0%	1%	0%	0%	0%
<b>Mastschweine</b>					
Anteil Durchmast	100%	23%	31%	21%	28%
Anteil 2-Phasenfütterung	0%	52%	41%	49%	54%
Anteil 3-Phasenfütterung	0%	25%	28%	30%	18%
Rohproteingehalt bei Durchmast (g RP pro kg Futter)	170*	167	167	163	166
Rohproteingehalt der Ration 2 Phasenf. Phase 1 (g RP pro kg Futter)	-***	161	160	157	155
Rohproteingehalt der Ration 2 Phasenf. Phase 2 (g RP pro kg Futter)	-***	157	156	151	146
Rohproteingehalt der Ration 3 Phasenf. Phase 1 (g RP pro kg Futter)	-***	159	162	157	157
Rohproteingehalt der Ration 3 Phasenf. Phase 2 (g RP pro kg Futter)	-***	157	157	153	153
Rohproteingehalt der Ration 3 Phasenf. Phase 3 (g RP pro kg Futter)	-***	154	152	150	152
Rohproteingehalt der Ration Phase 1 (g RP pro kg Futter)	170*	162	162	158	159
Rohproteingehalt der Ration Phase 2 (g RP pro kg Futter)	-***	157	157	151	148
Rohproteingehalt der Ration Phase 3 (g RP pro kg Futter)	-***	154	152	150	152
Mittlerer Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	170*	160	160	155	156
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Konventioneller Stall ohne Auslauf	43%	37%	46%	45%	47%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	56%	62%	54%	55%	53%
Tiefstreustall	1%	0%	0%	0%	0%
Weidehaltung	0%	1%	0%	0%	0%

\*Standardwerte gemäss BLW (2017)

\*\*VES: Verdauliche Energie Schweine

\*\*\*nicht erhoben

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Legehennen</b>					
Zugang zu Weide	58%	74%	75%	76%	77%
Kotbandentmistung ohne Kotbandbelüftung	62%	76%	72%	79%	81%
Kotbandentmistung mit Kotbandbelüftung	0%	0%	2%	5%	7%
Kotgrube	5%	3%	4%	5%	1%
Bodenhaltung	33%	22%	22%	12%	10%
Entmistungsintervall <2/Monat (nur Kotbandentmistung)	1%	0%	0%	3%	7%
Entmistungsintervall 2/Monat (nur Kotbandentmistung)	11%	21%	33%	13%	4%
Entmistungsintervall <3-4/Monat (nur Kotbandentmistung)	47%	34%	32%	16%	30%
Entmistungsintervall >4/Monat (nur Kotbandentmistung)	41%	45%	34%	68%	58%
Entmistungsintervall <2/Monat	1%	0%	0%	3%	4%
Entmistungsintervall 2/Monat	10%	17%	23%	11%	7%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	36%	29%	28%	21%	26%
Entmistungsintervall >4/Monat	15%	29%	23%	48%	52%
Keine Kotbandentmistung	38%	24%	26%	17%	12%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	33%	76%	69%	58%	75%
Wasserbehälter	67%	24%	31%	42%	25%
<b>Junghennen</b>					
Zugang zu Weide	44%	69%	76%	84%	79%
Kotbandentmistung ohne Kotbandbelüftung	68%	78%	89%	98%	94%
Kotbandentmistung mit Kotbandbelüftung	0%	0%	0%	0%	0%
Kotgrube	0%	2%	4%	1%	0%
Bodenhaltung	32%	20%	7%	1%	6%
Entmistungsintervall <2/Monat (nur Kotbandentmistung)	0%	46%	8%	5%	11%
Entmistungsintervall 2/Monat (nur Kotbandentmistung)	41%	33%	51%	65%	14%
Entmistungsintervall <3-4/Monat (nur Kotbandentmistung)	44%	12%	25%	30%	64%
Entmistungsintervall >4/Monat (nur Kotbandentmistung)	15%	9%	16%	0%	11%
Entmistungsintervall <2/Monat	0%	33%	2%	6%	11%
Entmistungsintervall 2/Monat	28%	26%	51%	64%	13%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	30%	8%	26%	29%	60%
Entmistungsintervall >4/Monat	10%	11%	10%	0%	11%
Keine Kotbandentmistung	32%	22%	11%	2%	6%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	44%	69%	76%	84%	79%
Wasserbehälter	56%	31%	24%	16%	21%
<b>Mastpoulets*</b>					
Zugang zu Weide	22%	37%	14%	10%	17%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	26%	87%	89%	85%	83%
Wasserbehälter	74%	13%	11%	15%	17%
<b>Masttruten*</b>					
Zugang zu Weide	96%	66%	62%	100%	100%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	18%	11%	43%	0%	55%
Wasserbehälter	82%	89%	57%	100%	45%
<b>Anderes Geflügel*</b>					
Zugang zu Weide	100%	21%	65%	94%	100%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	18%	0%	0%	0%	2%
Wasserbehälter	82%	100%	100%	100%	98%

\*Aufstallung: 100% Bodenhaltung

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Pferde über 3-jährig</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	92%	91%	93%	91%	89%
Jährliche Weidetage	204	206	205	205	224
Tägliche Weidestunden	8.9	8.8	9.9	8.9	8.9
Weidestunden pro Jahr	2014	2038	2234	2051	2186
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	238	129	263	267	259
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	6.4	9.2	10.3	11.1	10.1
<b>Pferde unter 3-jährig</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	74%	88%	88%	87%	91%
Jährliche Weidetage	170	176	184	210	220
Tägliche Weidestunden	12.5	13.5	14.3	12.3	15.0
Weidestunden pro Jahr	2784	2591	2923	2876	3656
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	200	117	260	240	250
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	4.1	9.1	11.9	11.4	10.7
<b>Übrige Equiden</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	52%	69%	77%	79%	60%
Jährliche Weidetage	118	166	177	183	151
Tägliche Weidestunden	6.8	8.7	10.4	8.9	8.2
Weidestunden pro Jahr	1593	2098	2418	2175	1980
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	194	128	236	238	221
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	7.3	9.4	12.1	13.4	11.3
<b>Schafe</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	100%	100%	100%	100%	100%
Jährliche Weidetage	213	215	191	208	215
Tägliche Weidestunden	19.4	18.5	17.6	19.1	17.8
Weidestunden pro Jahr	4290	4044	3491	4058	3885
<b>Milchschafe</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	100%	100%	100%	100%	100%
Jährliche Weidetage	194	214	201	226	191
Tägliche Weidestunden	19.0	13.9	11.0	12.6	12.0
Weidestunden pro Jahr	3766	2928	2159	2908	2381
<b>Ziegen</b>					
Anteil der Tiere mit Weidegang	100%	100%	100%	100%	100%
Jährliche Weidetage	181	186	173	176	196
Tägliche Weidestunden	13.4	12.9	13.7	13.4	14.5
Weidestunden pro Jahr	2500	2391	2461	2480	2956

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

	2002	2007	2010	2015	2019
<b>Gütlelager</b>					
Intervall Aufrühren: max. 2 Mal pro Jahr	17%	8%	9%	10%	9%
Intervall Aufrühren: 3-6 Mal pro Jahr	23%	-*	-*	-*	-*
Intervall Aufrühren: 7-12 Mal pro Jahr	23%	66%	68%	67%	67%
Intervall Aufrühren: 13-20 Mal pro Jahr	14%	14%	12%	12%	12%
Intervall Aufrühren: 21-30 Mal pro Jahr	9%	10%	9%	9%	10%
Intervall Aufrühren: mehr als 30 Mal pro Jahr	14%	3%	2%	2%	2%
Abdeckung des Gütlelagers: ungedeckt	8%	6%	7%	7%	7%
Abdeckung des Gütlelagers: natürliche Schwimmschicht**	3%	4%	4%	3%	3%
Abdeckung des Gütlelagers: feste Abdeckung Beton, Holz	79%	80%	78%	75%	74%
Abdeckung des Gütlelagers: perforierte Abdeckung	10%	10%	12%	14%	15%
Abdeckung des Gütlelagers: Folienzelt	0%	0%	0%	0%	1%
Abdeckung des Gütlelagers: Schwimmfolie	0%	0%	0%	0%	0%
Volumen des Gütlelagers	240	266	271	308	312
Tiefe des Gütlelagers	2.5	2.5	2.6	2.7	2.7
Lager: enthält Rindergülle	92%	91%	90%	90%	91%
Lager: enthält Schweinegülle	28%	25%	24%	21%	20%
Anteil Lagerung Geflügelmist abgedeckt	0%	0%	13%	12%	14%
Anteil direkt ausgebrachter Geflügelmist	4%	4%	8%	8%	10%
Anteil direkt ausgebrachter Rindermist	10%	21%	24%	24%	25%
Anteil direkt ausgebrachter Schweinemist	8%	9%	49%	17%	18%
<b>Hofdüngerausbringung</b>					
Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer	90%	86%	74%	62%	63%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschlauch	9.2%	13%	25%	36%	35%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh	-*	-*	-*	1.0%	1.5%
Anteil Gülleausbringung mit Gülledrill	0.8%	0.9%	0.6%	0.8%	0.5%
Anteil Gülleausbringung mittels tiefer Injektion	-*	-*	-*	-*	-*
Gülleverdünnung (Liter Wasser / Liter unverdünnte Gülle)	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2
Mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe	25	25	25	26	25
Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00	19%	21%	21%	20%	20%
Ausbringung von Gülle im Sommer (Juni, Juli, August)	52%	54%	45%	44%	44%
Ausbringung von Gülle von September bis und mit Mai	48%	46%	55%	56%	56%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Stunde	0%	0%	1%	1%	1%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 4 Stunden	3%	3%	3%	3%	3%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 8 Stunden	3%	3%	4%	3%	4%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Tag	17%	16%	15%	16%	16%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 3 Tagen	20%	21%	18%	19%	20%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von mehr als 3 Tagen	7%	6%	7%	6%	6%
Keine Einarbeitung von Mist	49%	50%	53%	52%	50%
Ausbringung von Mist im Sommer (Juni, Juli, August)	25%	29%	23%	24%	25%
Ausbringung von Mist von September bis und mit Mai	75%	71%	77%	76%	75%

\*nicht erhoben

\*\*wird in der Emissionsrechnung zum ungedeckten Lager aufaddiert

## Landwirtschaftliche Produktionstechnik basierend auf Expertenannahmen für 1990 und 1995

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
<b>Milchkühe</b>					
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	

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
10.	Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Winter		kg/d	2.0	2.0	Die eingesetzten Werte wurden anhand der Resultate der Umfragen 2002/07 extrapoliert. Es wurde davon ausgegangen, dass die Kraftfuttermengen bei Sommerrationen zwecks Ausgleichs der Rationen im Sommer stärker erhöht wurden als die Winterrationen.
11.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	260	<p>Annahmen für 1990: Generell sind keine Laufhöfe vorhanden; Begründung: in der Tierschutzgesetzgebung gab es 1990 keine Vorgaben betr. Auslauf ausserhalb der Vegetationszeit; 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"> <li>– 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)</li> </ul> <p>Weitere Bemerkungen zu Laufhöfen für 1995:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 12% des Rindviehbestands wurde gemäss RAUS-Verordnung gehalten. Diese Tiere hatten Zutritt zu einem Laufhof.</li> <li>– Sämtliche Laufhöfe wiesen einen befestigten Boden auf (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007).</li> <li>– keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007)</li> </ul>
12.	Anteil der Tiere mit Weidengang		%	67%	70%	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

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
						unterstellt. Diese Annahme wird gestützt durch den Rückgang der am häufigsten verwendeten Maschine zur Einbringung von Grünfütter, dem Motormäher, um 12.7% zwischen 1990 und 1996 bzw. 16.6% zwischen 1996 und 2003 (Saxer et al., 2004).
13.	Jährliche Weidetage		d/a	135	150	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: – Die jährlichen Weidetage haben zugenommen über die 90er Jahre, u.a. aus folgenden Gründen: Unterbrechen der Weide an heissen Sommertagen, während Regenperioden oder bei Arbeitsspitzen war anfangs der 90er Jahre üblicher als heute; Stallsysteme und Einrichtungen, welche das Auslassen und Einstellen 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.
14.	Tägliche Weidestunden		h/d	8.0	8.0	
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%	
<b>Mutterkühe</b> (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



## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
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	18	18	
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, Schweiz). Es wurde angenommen, dass die Anteile der Systeme Laufstall mit Tiefstreue / 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 Tiefstreue) und damit Produktion von Mist aufweisen.
25.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	20%	15%	
26.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	15%	15%	
27.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	36%	48%	
28.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	20%	20%	
29.	<b>Aufzuchtrinder unter 1-jährig</b>					
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

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
					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 Aufzuchttrindern 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%	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%	
36.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	1%	
37.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	4%	
38.		Laufstall m. Tiefstreue / Tretmist	%	30%	
39.	<b>Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig</b>				
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 Aufzuchttrindern 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%	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%	
46.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen	
47.	Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	8%	12%		
48.	Laufstall Tiefstreue/Tretmist	%	10%	8%		
49.	<b>Aufzuchtrinder über 2-jährig</b>					
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%	
58.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	8%	8%	
59.	<b>Masttiere Rindviehmast</b>					
60.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	d/a	0	290	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 tierge-	

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
						rechten 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 Tiefstreu / Tretmist wurde eine leichte 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 Tiefstreu / Tretmist	%	15%	15%	
69.	<b>Mastkälber</b>					
70.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	285	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
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
75.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	20%	20%	

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
76.	Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	0%	0%	stützen uns für die Annahme der Werte von 1990 und 1995 auf die Resultate der Umfrage 2002.
77.	Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	5%	5%	
78.	Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	75%	75%	
79.	<b>Säugende Sauen</b>				
80.	Rohproteingehalt der Ration	g RP/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%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
83.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	
84.		Weidehaltung	%	0%	
85.		Tiefstreustall	%	0%	
86.	<b>Galtsauen<sup>21</sup></b>				
87.	Rohproteingehalt der Ration	g RP/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%	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 Mastschweine/Remonten und Galtschweine verteilt, was für beide Tierkategorien einen Anteil von je 5% nach RAUS ergibt. Diese Tiere wurden dem Typ Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf zugeordnet.
90.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	
91.		Weidehaltung	%	0%	

<sup>21</sup> Für Eber wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Galtsauen.

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
92.	Tiefstreustall	%	0%	0%	
93.	<b>Ferkel abgesetzt bis 25 kg</b>				
94.	Rohproteingehalt der Ration	g RP/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%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
97.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	
98.		Weidehaltung	%	0%	
99.		Tiefstreustall	%	0%	
100	<b>Mastschweine<sup>22</sup></b>				
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	g RP/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%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 89 bis 92
105		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	
106		Weidehaltung	%	0%	
107		Tiefstreustall	%	0%	

<sup>22</sup> Für Remonten wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Mastschweine.

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
<b>108</b>	<b>Legehennen</b>					
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 Kotbandentmischung	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	Kotbandentmischung	%	25%	30%	
115		Kotgrube	%	15%	10%	
116		Bodenhaltung	%	60%	60%	
117	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	70%	65%	Zwischen 2002 und 2007 wurde eine Zunahme der Nippeltränken beobachtet und dementsprechend für 1990/95 extrapoliert.
118		Nippeltränken	%	30%	35%	
<b>119</b>	<b>Junghennen</b>					
120	Intervall Kotbandentmischung	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	Kotbandentmischung	%	5%	25%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 114 bis 116

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen	
125	Kotgrube	%	0%	0%		
126	Bodenhaltung	%	95%	75%		
127	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	100%	95%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 117 bis 118
128	Nippeltränken	%	0%	5%		
129	<b>Mastpoulets</b>					
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%	Zwischen 2002 und 2007 wurde eine Zunahme der Nippeltränken beobachtet und dementsprechend für 1990/95 extrapoliert.
132	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	100%	60%	
133	Nippeltränken	%	0%	40%		

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95	
<b>Güllelager</b>						
134	Abdeckung des Güllelagers	keine Abdeckung	m <sup>3</sup>	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 verwendet (vgl. Kupper et al., 2013). 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 <sup>3</sup>	10'763'640 / 87%	12'917'760 / 87%	
136	Abdeckung des Güllelagers	perforiert	m <sup>3</sup>	0%	0%	
137	Abdeckung des Güllelagers	Folien / Folienzelt	m <sup>3</sup>	0%	0%	
138	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmfolie	m <sup>3</sup>	0%	0%	
139	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmschicht	m <sup>3</sup>	0%	0%	



## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

		Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95	
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	2.7	2.5	
143	Lager 2	enthält Rindergülle	%	ja	ja	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 140/141
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	%	10%	10%	Es wurde angenommen, dass in den 1990er Jahren im Vergleich heute der Anteil direkt ausgebrachter Mist geringer war.
147		Rindvieh	%	10%	10%	
148		Schweine	%	0%	0%	
<b>Hofdüngerausbringung</b>						
149	Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer		%	100%	100%	Emissionsmindernde Ausbringsysteme waren vor 1995 kaum vorhanden.
150	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschauch		%	0%	0%	
151	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh		%	0%	0%	
152	Anteil Gülleausbringung mit Gölledrill		%	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 <sup>3</sup>	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%	

## Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2020

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

## 7.6 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2020

Tierkategorie	Emission (kt NH <sub>3</sub> -N/Jahr)							Fluss N <sub>tot</sub> (kt N/Jahr)									Fluss TAN (kt N/Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.47	5.16	2.54	0.88	8.03	1.51	18.6	60.9	10.2	50.7	37.4	5.56	33.9	6.92	25.3	5.31	9.45	33.6	5.63	28.0	18.5	2.93	16.9	2.26	8.32	0.65	4.90
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.05	0.49	0.14	0.13	0.42	0.20	1.44	4.96	1.16	3.81	2.05	0.87	1.84	1.07	1.40	0.85	1.07	2.73	0.64	2.09	0.97	0.44	0.87	0.32	0.42	0.10	0.55
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.13	0.69	0.25	0.14	0.71	0.22	2.14	8.11	2.74	5.37	3.35	0.94	3.01	1.13	2.25	0.88	2.55	4.46	1.51	2.95	1.59	0.48	1.42	0.34	0.67	0.09	1.31
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.07	0.42	0.16	0.09	0.46	0.14	1.32	4.78	1.47	3.32	2.11	0.56	1.89	0.67	1.40	0.52	1.36	2.63	0.81	1.82	1.00	0.28	0.90	0.21	0.41	0.05	0.70
Mutterkühe	0.16	1.14	0.37	0.20	0.96	0.28	3.10	11.2	3.46	7.71	4.77	1.32	4.26	1.53	3.24	1.22	3.21	6.14	1.90	4.24	2.20	0.66	1.95	0.44	0.93	0.13	1.66
Mutterkuhkälber	0.03	0.23	0.06	0.06	0.15	0.08	0.61	2.24	0.73	1.51	0.75	0.38	0.67	0.44	0.51	0.36	0.68	1.23	0.40	0.83	0.34	0.19	0.30	0.12	0.14	0.04	0.35
Masttiere	0.02	0.52	0.18	0.16	0.54	0.22	1.63	5.19	0.48	4.71	2.69	1.07	2.44	1.27	1.86	1.03	0.44	2.85	0.26	2.59	1.32	0.54	1.20	0.37	0.62	0.14	0.23
Mastkälber	0.00	0.22	0.04	0.12	0.12	0.17	0.67	1.99	0.03	1.96	0.60	0.81	0.55	0.93	0.42	0.75	0.03	1.09	0.02	1.08	0.29	0.41	0.27	0.25	0.13	0.07	0.02
Galtsauen	0.00	0.56	0.09	0.00	0.21	0.00	0.87	2.01	0.00	2.01	1.44	0.00	1.31	0.00	1.07	0.00	0.00	1.41	0.00	1.41	0.84	0.00	0.76	0.00	0.53	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	0.21	0.06	0.00	0.14	0.00	0.41	1.07	0.00	1.07	0.86	0.00	0.77	0.00	0.62	0.00	0.00	0.75	0.00	0.75	0.54	0.00	0.48	0.00	0.33	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.19	0.05	0.00	0.12	0.00	0.36	0.97	0.00	0.97	0.77	0.00	0.70	0.00	0.57	0.00	0.00	0.68	0.00	0.68	0.49	0.00	0.44	0.00	0.31	0.00	0.00
Eber	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	2.38	0.46	0.00	1.15	0.00	3.98	9.11	0.00	9.10	6.73	0.00	6.05	0.00	4.81	0.00	0.00	6.38	0.00	6.37	4.00	0.00	3.59	0.00	2.35	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03	0.10	0.34	0.01	0.34	0.00	0.51	0.00	0.26	0.00	0.23	0.00	0.21	0.01	0.20	0.00	0.27	0.00	0.13	0.00	0.10	0.00
Legehennen	0.09	0.41	0.00	0.15	0.00	0.30	0.95	3.08	0.22	2.86	0.00	4.59	0.00	2.23	0.00	1.90	0.12	1.85	0.13	1.72	0.00	2.45	0.00	1.08	0.00	0.75	0.03
Mastpoulets	0.01	0.45	0.00	0.08	0.00	0.41	0.95	3.63	0.02	3.61	0.00	5.56	0.00	2.98	0.00	2.52	0.01	2.18	0.01	2.17	0.00	3.02	0.00	1.54	0.00	1.08	0.00
Masttruten	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12	0.00	0.12	0.00	0.19	0.00	0.10	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.10	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pferde über 3-jährig	0.02	0.19	0.00	0.11	0.00	0.05	0.38	1.93	0.44	1.50	0.00	1.14	0.00	1.09	0.00	1.02	0.41	0.77	0.17	0.60	0.00	0.35	0.00	0.09	0.00	0.02	0.15
Pferde unter 3-jährig	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.13	0.05	0.08	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.04	0.05	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.01	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.11	0.53	0.10	0.43	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	0.29	0.10	0.21	0.04	0.17	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03
Schafe	0.07	0.21	0.00	0.13	0.00	0.07	0.48	3.09	1.37	1.72	0.00	1.39	0.00	1.26	0.00	1.17	1.28	1.24	0.55	0.69	0.00	0.44	0.00	0.10	0.00	0.02	0.46
Milchschafe	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.28	0.08	0.20	0.00	0.17	0.00	0.14	0.00	0.14	0.07	0.11	0.03	0.08	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
Ziegen	0.02	0.09	0.00	0.04	0.00	0.03	0.18	1.03	0.35	0.68	0.00	0.47	0.00	0.50	0.00	0.46	0.32	0.41	0.14	0.27	0.00	0.15	0.00	0.05	0.00	0.01	0.12

## 7.7 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2019

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.86	9.4	4.65	1.61	14.7	2.76	34.0	111	18.6	92.8	68.5	10.2	62.0	12.7	46.3	9.71	17.3	61.5	10.3	51.2	33.9	5.35	30.9	4.14	15.2	1.18	8.98
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.27	2.48	0.73	0.66	2.12	1.02	7.28	25.0	5.82	19.2	10.3	4.40	9.29	5.39	7.03	4.28	5.41	13.8	3.20	10.5	4.87	2.20	4.39	1.59	2.13	0.49	2.79
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.62	3.41	1.21	0.70	3.48	1.11	10.5	40.0	13.5	26.5	16.5	4.64	14.8	5.56	11.1	4.36	12.6	22.0	7.44	14.6	7.83	2.34	7.01	1.66	3.30	0.47	6.48
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.77	4.79	1.78	0.98	5.27	1.61	15.2	55.0	16.9	38.1	24.2	6.41	21.7	7.76	16.1	6.02	15.7	30.3	9.28	21.0	11.5	3.26	10.3	2.36	4.73	0.63	8.08
Mutterkühe	1.20	8.64	2.79	1.51	7.27	2.17	23.6	85.0	26.3	58.7	36.3	10.0	32.4	11.6	24.7	9.30	24.4	46.8	14.5	32.3	16.7	5.04	14.8	3.37	7.06	1.03	12.6
Mutterkuhkälber	0.33	2.28	0.58	0.55	1.46	0.77	5.98	22.0	7.20	14.8	7.37	3.74	6.56	4.34	4.99	3.50	6.69	12.1	3.96	8.14	3.32	1.85	2.91	1.21	1.35	0.37	3.45
Masttiere	0.16	3.78	1.31	1.18	3.94	1.60	12.0	38.0	3.50	34.5	19.7	7.85	17.9	9.31	13.6	7.56	3.25	20.9	1.93	19.0	9.65	3.94	8.80	2.74	4.58	1.00	1.68
Mastkälber	0.01	2.02	0.32	1.10	1.13	1.51	6.11	18.0	0.30	17.7	5.46	7.4	4.97	8.45	3.77	6.81	0.28	9.90	0.17	9.73	2.61	3.68	2.41	2.30	1.20	0.66	0.14
Galtsauen	0.00	6.96	1.11	0.00	2.63	0.00	10.7	24.8	0.03	24.8	17.8	0.00	16.1	0.00	13.2	0.00	0.02	17.4	0.02	17.4	10.4	0.00	9.43	0.00	6.55	0.00	0.01
Säugende Sauen	0.00	8.06	2.37	0.00	5.25	0.00	15.7	40.8	0.02	40.8	32.7	0.00	29.4	0.00	23.7	0.00	0.02	28.6	0.02	28.5	20.5	0.00	18.4	0.00	12.6	0.00	0.01
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.66	0.18	0.00	0.42	0.00	1.27	3.39	0.00	3.39	2.72	0.01	2.45	0.01	1.99	0.01	0.00	2.37	0.00	2.37	1.71	0.01	1.54	0.00	1.08	0.00	0.00
Eber	0.02	3.99	0.63	0.00	1.55	0.00	6.18	14.3	0.12	14.1	10.1	0.00	9.2	0.00	7.49	0.00	0.10	10.0	0.09	9.89	5.91	0.00	5.36	0.00	3.67	0.00	0.07
Mastschweine und Remonten	0.00	2.94	0.57	0.00	1.42	0.00	4.93	11.3	0.01	11.3	8.33	0.00	7.49	0.00	5.95	0.00	0.00	7.89	0.00	7.89	4.95	0.00	4.45	0.00	2.91	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.08	0.30	0.01	0.29	0.00	0.45	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00	0.24	0.00	0.11	0.00	0.08	0.00
Legehennen	0.02	0.11	0.00	0.04	0.00	0.08	0.25	0.80	0.06	0.74	0.00	1.19	0.00	0.58	0.00	0.49	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.64	0.00	0.28	0.00	0.20	0.01
Mastpoulets	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.04	0.09	0.36	0.00	0.36	0.00	0.55	0.00	0.30	0.00	0.25	0.00	0.22	0.00	0.21	0.00	0.30	0.00	0.15	0.00	0.11	0.00
Masttruten	0.02	0.18	0.00	0.03	0.00	0.13	0.36	1.40	0.04	1.36	0.00	2.11	0.00	1.10	0.00	0.96	0.02	0.84	0.03	0.81	0.00	1.13	0.00	0.56	0.00	0.42	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.05	0.00	0.05	0.19	0.56	0.02	0.54	0.00	0.86	0.00	0.40	0.00	0.34	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.46	0.00	0.18	0.00	0.12	0.00
Pferde über 3-jährig	0.50	4.43	0.00	2.42	0.00	1.25	8.60	44.0	9.94	34.1	0.00	26.0	0.00	24.8	0.00	23.2	9.29	17.6	3.98	13.6	0.00	8.07	0.00	2.13	0.00	0.50	3.33
Pferde unter 3-jährig	0.74	3.56	0.00	1.77	0.00	1.13	7.20	42.0	14.7	27.3	0.00	19.1	0.00	20.0	0.00	18.6	13.8	16.8	5.90	10.9	0.00	5.91	0.00	2.00	0.00	0.57	4.93
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.16	1.61	0.00	0.88	0.00	0.55	3.21	16.0	3.14	12.9	0.00	9.4	0.00	9.47	0.00	8.77	2.93	6.40	1.25	5.15	0.00	2.95	0.00	0.92	0.00	0.23	1.05
Schafe	0.33	1.04	0.00	0.64	0.00	0.32	2.33	15.0	6.65	8.35	0.00	6.73	0.00	6.09	0.00	5.67	6.22	6.00	2.66	3.34	0.00	2.12	0.00	0.49	0.00	0.07	2.23
Milchschafe	0.27	1.92	0.00	1.17	0.00	0.42	3.78	20.0	5.44	14.6	0.00	12.6	0.00	10.5	0.00	9.88	5.08	8.00	2.17	5.83	0.00	3.89	0.00	0.64	0.00	0.05	1.82
Ziegen	0.29	1.41	0.00	0.74	0.00	0.54	2.98	17.0	5.74	11.3	0.00	7.9	0.00	8.32	0.00	7.7	5.36	6.80	2.29	4.51	0.00	2.46	0.00	0.88	0.00	0.21	1.92

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

## 7.8 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2015

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.84	9.11	4.44	1.66	14.8	2.72	33.6	111	18.3	92.7	68.7	10.5	62.4	12.6	46.7	9.73	17.0	61.3	10.1	51.2	34.2	5.54	31.3	4.07	15.6	1.16	8.83
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.27	2.53	0.65	0.73	2.04	1.04	7.25	25.0	5.84	19.2	9.8	4.84	8.89	5.69	6.71	4.57	5.43	13.8	3.21	10.5	4.61	2.42	4.18	1.62	2.01	0.50	2.80
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.64	3.20	1.05	0.81	3.33	1.20	10.2	40.0	14.0	26.0	15.5	5.30	14.0	6.18	10.4	4.88	13.0	22.0	7.71	14.3	7.38	2.68	6.70	1.81	3.15	0.52	6.71
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.76	4.82	1.59	0.98	5.36	1.47	15.0	55.0	16.6	38.4	24.8	6.44	22.5	7.39	16.8	5.81	15.4	30.3	9.14	21.1	11.8	3.28	10.8	2.18	5.14	0.60	7.96
Mutterkühe	1.13	9.01	3.22	1.37	7.62	2.09	24.5	85.0	24.8	60.2	38.7	9.09	34.3	10.6	26.1	8.33	23.1	46.8	13.7	33.1	17.8	4.56	15.5	3.10	7.39	0.84	11.9
Mutterkuhkälber	0.33	2.30	0.64	0.53	1.49	0.78	6.07	22.0	7.14	14.9	7.65	3.57	6.77	4.14	5.18	3.30	6.63	12.1	3.93	8.17	3.45	1.76	2.99	1.16	1.40	0.32	3.42
Masttiere	0.11	4.28	1.41	1.00	3.93	1.65	12.4	38.0	2.39	35.6	20.9	6.66	18.9	8.89	14.7	7.10	2.22	20.9	1.32	19.6	10.1	3.35	9.16	2.77	4.94	0.98	1.15
Mastkälber	0.01	2.02	0.29	1.18	0.97	1.58	6.04	18.0	0.22	17.8	4.56	7.86	4.13	9.26	3.09	7.54	0.21	9.90	0.12	9.78	2.17	3.93	1.97	2.55	0.94	0.83	0.11
Galtsauen	0.00	7.22	1.17	0.00	2.67	0.00	11.1	24.9	0.03	24.9	17.7	0.00	15.9	0.00	13.0	0.00	0.02	17.4	0.02	17.4	10.2	0.00	9.17	0.00	6.26	0.00	0.01
Säugende Sauen	0.00	7.42	2.23	0.00	5.61	0.00	15.3	40.7	0.00	40.7	33.2	0.01	30.0	0.01	24.0	0.01	0.00	28.5	0.00	28.5	21.0	0.01	19.1	0.00	13.0	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.61	0.19	0.00	0.48	0.00	1.28	3.38	0.00	3.38	2.76	0.00	2.50	0.00	1.98	0.00	0.00	2.36	0.00	2.36	1.75	0.00	1.59	0.00	1.07	0.00	0.00
Eber	0.00	4.06	0.67	0.00	1.57	0.00	6.30	14.3	0.03	14.2	10.2	0.00	9.16	0.00	7.45	0.00	0.02	10.0	0.02	10.0	5.90	0.00	5.32	0.00	3.61	0.00	0.01
Mastschweine und Remonten	0.00	2.97	0.55	0.00	1.35	0.00	4.88	11.2	0.01	11.2	8.19	0.01	7.37	0.01	5.90	0.01	0.01	7.83	0.01	7.82	4.84	0.00	4.36	0.00	2.89	0.00	0.01
Junghennen	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03	0.10	0.30	0.00	0.30	0.00	0.48	0.00	0.23	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00	0.25	0.00	0.11	0.00	0.07	0.00
Legehennen	0.02	0.12	0.00	0.04	0.00	0.08	0.26	0.80	0.06	0.74	0.00	1.14	0.00	0.56	0.00	0.48	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.60	0.00	0.27	0.00	0.18	0.01
Mastpoulets	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.04	0.09	0.36	0.00	0.36	0.00	0.53	0.00	0.30	0.00	0.25	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.29	0.00	0.15	0.00	0.11	0.00
Masttruten	0.02	0.20	0.00	0.06	0.00	0.13	0.41	1.40	0.04	1.36	0.00	2.31	0.00	1.06	0.00	0.91	0.02	0.84	0.03	0.81	0.00	1.23	0.00	0.51	0.00	0.37	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.06	0.00	0.05	0.20	0.56	0.02	0.54	0.00	0.92	0.00	0.39	0.00	0.33	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.49	0.00	0.17	0.00	0.11	0.00
Pferde über 3-jährig	0.46	4.51	0.00	2.39	0.00	1.35	8.71	44.0	9.23	34.8	0.00	25.6	0.00	25.4	0.00	23.7	8.63	17.6	3.69	13.9	0.00	7.97	0.00	2.34	0.00	0.60	3.09
Pferde unter 3-jährig	0.60	3.97	0.00	2.22	0.00	0.95	7.74	42.0	12.0	30.0	0.00	24.0	0.00	21.7	0.00	20.4	11.2	16.8	4.80	12.0	0.00	7.39	0.00	1.65	0.00	0.36	4.01
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.18	1.61	0.00	0.86	0.00	0.50	3.15	16.0	3.54	12.5	0.00	9.24	0.00	9.12	0.00	8.48	3.30	6.40	1.41	4.99	0.00	2.87	0.00	0.84	0.00	0.20	1.18
Schafe	0.35	1.01	0.00	0.61	0.00	0.30	2.26	15.0	6.95	8.05	0.00	6.49	0.00	5.87	0.00	5.48	6.49	6.00	2.78	3.22	0.00	2.04	0.00	0.47	0.00	0.08	2.32
Milchschafe	0.33	1.85	0.00	0.99	0.00	0.38	3.55	20.0	6.64	13.4	0.00	10.8	0.00	9.59	0.00	9.06	6.20	8.00	2.66	5.34	0.00	3.30	0.00	0.65	0.00	0.13	2.22
Ziegen	0.24	1.49	0.00	0.85	0.00	0.53	3.11	17.0	4.81	12.2	0.00	8.93	0.00	8.99	0.00	8.3	4.50	6.80	1.93	4.87	0.00	2.82	0.00	0.89	0.00	0.23	1.61

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

## 7.9 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.87	8.24	4.24	1.89	15.5	3.03	33.8	11.0	18.9	91.2	66.1	11.9	60.1	14.4	43.6	11.1	17.6	60.9	10.5	50.4	33.2	6.32	30.5	4.64	14.1	1.38	9.13
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.28	2.28	0.60	0.77	2.20	1.09	7.22	25.0	6.05	19.0	9.57	5.11	8.67	5.95	6.34	4.76	5.62	13.8	3.32	10.4	4.57	2.57	4.17	1.70	1.84	0.52	2.89
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.64	2.98	1.04	0.85	3.54	1.33	10.4	40.0	13.9	26.1	15.2	5.55	13.7	6.67	10.0	5.23	12.9	22.0	7.66	14.3	7.34	2.83	6.65	2.01	2.90	0.57	6.67
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.80	4.24	1.47	1.09	5.69	1.80	15.1	55.0	17.5	37.5	23.2	7.08	21.1	8.59	15.0	6.66	16.2	30.3	9.61	20.6	11.2	3.62	10.3	2.64	4.28	0.71	8.36
Mutterkühe	1.14	9.00	2.71	1.53	7.77	2.40	24.6	85.0	24.9	60.1	36.7	10.2	32.9	12.2	24.6	9.65	23.2	46.8	13.7	33.0	16.8	5.12	15.0	3.63	6.73	1.04	11.9
Mutterkuhkälber	0.33	2.28	0.53	0.51	1.58	0.85	6.08	22.0	7.15	14.9	7.42	3.45	6.65	4.39	4.97	3.46	6.64	12.1	3.93	8.17	3.35	1.70	2.99	1.29	1.30	0.37	3.42
Masttiere	0.10	3.78	1.18	1.38	3.75	1.86	12.1	36.0	2.13	33.9	17.5	9.17	15.9	10.5	11.9	8.50	1.98	19.8	1.17	18.6	8.53	4.61	7.76	2.99	3.77	0.97	1.02
Mastkälber	0.01	1.68	0.18	1.19	0.72	1.58	5.35	16.0	0.15	15.8	2.96	7.95	2.70	9.21	1.93	7.49	0.14	8.80	0.08	8.72	1.44	3.97	1.32	2.49	0.57	0.77	0.07
Galtsauen	0.01	5.93	1.05	0.01	2.14	0.01	9.15	20.0	0.06	20.0	13.9	0.03	12.4	0.08	10.1	0.07	0.05	14.0	0.04	14.0	7.98	0.01	7.05	0.03	4.72	0.02	0.03
Säugende Sauen	0.00	7.00	2.44	0.03	5.14	0.00	14.6	38.0	0.00	38.0	30.9	0.11	27.5	0.08	22.0	0.08	0.00	26.6	0.00	26.6	19.5	0.06	17.3	0.01	11.8	0.01	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.80	0.25	0.02	0.58	0.01	1.65	4.28	0.00	4.28	3.38	0.07	3.03	0.07	2.40	0.06	0.00	2.99	0.00	2.99	2.14	0.04	1.92	0.02	1.29	0.01	0.00
Eber	0.01	4.21	0.73	0.02	1.54	0.02	6.53	14.3	0.09	14.2	9.8	0.07	8.69	0.17	7.01	0.15	0.07	10.0	0.06	9.92	5.60	0.04	4.95	0.06	3.27	0.05	0.05
Mastschweine und Remonten	0.01	3.09	0.49	0.00	1.54	0.00	5.13	11.8	0.04	11.8	8.69	0.00	7.91	0.00	6.24	0.00	0.04	8.27	0.03	8.24	5.15	0.00	4.73	0.00	3.06	0.00	0.02
Junghennen	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03	0.10	0.31	0.01	0.30	0.00	0.47	0.00	0.23	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00	0.24	0.00	0.11	0.00	0.07	0.00
Legehennen	0.02	0.14	0.00	0.04	0.00	0.07	0.27	0.80	0.06	0.74	0.00	1.08	0.00	0.55	0.00	0.46	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.55	0.00	0.25	0.00	0.17	0.01
Mastpoulets	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.05	0.12	0.45	0.00	0.45	0.00	0.69	0.00	0.37	0.00	0.31	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.38	0.00	0.19	0.00	0.13	0.00
Masttruten	0.01	0.19	0.00	0.04	0.00	0.14	0.38	1.40	0.03	1.37	0.00	2.14	0.00	1.10	0.00	0.95	0.01	0.84	0.02	0.82	0.00	1.15	0.00	0.56	0.00	0.40	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.06	0.21	0.56	0.01	0.55	0.00	0.93	0.00	0.39	0.00	0.32	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.50	0.00	0.17	0.00	0.10	0.00
Pferde über 3-jährig	0.51	4.40	0.00	2.39	0.00	1.23	8.53	44.0	10.1	33.9	0.00	25.6	0.00	24.7	0.00	23.1	9.46	17.6	4.05	13.6	0.00	7.95	0.00	2.17	0.00	0.55	3.38
Pferde unter 3-jährig	0.63	3.82	0.00	2.06	0.00	1.07	7.58	42.0	12.6	29.4	0.00	22.1	0.00	21.5	0.00	20.1	11.8	16.8	5.03	11.8	0.00	6.87	0.00	1.90	0.00	0.51	4.21
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.18	1.57	0.00	0.82	0.00	0.54	3.11	16.0	3.70	12.3	0.00	8.77	0.00	9.05	0.00	8.38	3.45	6.40	1.48	4.92	0.00	2.74	0.00	0.91	0.00	0.23	1.24
Schafe	0.30	1.10	0.00	0.68	0.00	0.36	2.45	15.0	5.98	9.02	0.00	7.20	0.00	6.60	0.00	6.14	5.59	6.00	2.39	3.61	0.00	2.28	0.00	0.55	0.00	0.09	2.00
Milchschafe	0.25	1.98	0.00	1.01	0.00	0.60	3.84	20.0	4.93	15.1	0.00	10.9	0.00	11.0	0.00	10.3	4.61	8.00	1.97	6.03	0.00	3.37	0.00	1.03	0.00	0.27	1.65
Ziegen	0.24	1.52	0.00	0.87	0.00	0.51	3.15	17.0	4.78	12.2	0.00	9.27	0.00	8.97	0.00	8.32	4.46	6.80	1.91	4.89	0.00	2.91	0.00	0.82	0.00	0.17	1.60

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

## 7.10 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.87	7.84	4.65	2.06	16.6	2.83	34.8	109	18.9	90.1	65.8	12.9	59.4	13.8	41.9	10.7	17.5	60.4	10.5	49.9	33.3	6.85	30.2	4.15	12.7	1.11	9.12
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.28	2.24	0.63	0.87	2.19	1.16	7.38	25.0	6.20	18.8	9.03	5.77	8.11	6.25	5.80	4.99	5.76	13.8	3.41	10.3	4.29	2.91	3.85	1.70	1.55	0.45	2.97
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.64	2.92	1.10	0.96	3.64	1.34	10.6	40.0	14.1	25.9	14.8	6.23	13.3	6.81	9.45	5.36	13.1	22.0	7.76	14.2	7.15	3.19	6.38	1.95	2.55	0.50	6.76
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.82	4.00	1.65	1.24	5.79	1.73	15.2	55.0	17.9	37.1	22.8	8.04	20.5	8.60	14.4	6.73	16.6	30.3	9.85	20.4	11.1	4.15	9.99	2.47	3.89	0.60	8.58
Mutterkühe	1.08	9.53	2.73	1.73	7.94	2.50	25.5	85.0	23.6	61.4	36.4	11.5	32.5	13.1	24.1	10.4	22.0	46.8	13.0	33.8	16.5	5.78	14.6	3.74	6.21	1.04	11.3
Mutterkuhkälber	0.29	2.42	0.71	0.43	2.01	0.62	6.50	22.0	6.42	15.6	9.2	2.94	8.23	3.33	6.09	2.66	5.96	12.1	3.53	8.57	4.20	1.45	3.71	0.93	1.58	0.26	3.07
Masttiere	0.11	3.31	1.52	1.17	4.45	1.57	12.1	35.0	2.39	32.6	18.8	7.80	16.8	8.84	12.1	7.13	2.22	19.3	1.32	17.9	9.37	3.91	8.29	2.51	3.59	0.80	1.15
Mastkälber	0.00	1.53	0.18	1.23	0.77	1.46	5.19	15.0	0.07	14.9	2.94	8.24	2.67	8.50	1.86	6.90	0.06	8.25	0.04	8.21	1.45	4.12	1.34	2.11	0.53	0.51	0.03
Galtsauen	0.03	6.12	1.07	0.01	2.37	0.00	9.60	20.3	0.21	20.1	14.0	0.03	12.4	0.02	9.87	0.02	0.18	14.2	0.15	14.1	7.96	0.02	7.01	0.00	4.45	0.00	0.11
Säugende Sauen	0.03	6.88	2.86	0.04	5.96	0.00	15.8	37.8	0.18	37.6	30.6	0.15	26.8	0.09	20.5	0.09	0.15	26.5	0.13	26.3	19.4	0.08	16.7	0.01	10.4	0.00	0.10
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.81	0.33	0.01	0.67	0.00	1.83	4.35	0.02	4.33	3.48	0.03	3.05	0.02	2.33	0.02	0.02	3.04	0.02	3.03	2.20	0.02	1.90	0.00	1.17	0.00	0.01
Eber	0.02	4.19	0.78	0.00	1.75	0.00	6.74	14.3	0.16	14.1	9.91	0.00	8.79	0.00	6.91	0.00	0.13	10.0	0.11	9.87	5.68	0.00	4.98	0.00	3.10	0.00	0.08
Mastschweine und Remonten	0.01	3.24	0.79	0.00	1.63	0.00	5.68	11.8	0.11	11.7	8.43	0.00	7.36	0.00	5.62	0.00	0.09	8.25	0.07	8.18	4.93	0.00	4.21	0.00	2.46	0.00	0.06
Junghennen	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.03	0.12	0.31	0.00	0.31	0.00	0.48	0.00	0.21	0.00	0.18	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00	0.24	0.00	0.09	0.00	0.06	0.00
Legehennen	0.02	0.14	0.00	0.07	0.00	0.06	0.30	0.80	0.05	0.75	0.00	1.19	0.00	0.51	0.00	0.44	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.61	0.00	0.22	0.00	0.14	0.01
Mastpoulets	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.05	0.13	0.45	0.01	0.44	0.00	0.75	0.00	0.36	0.00	0.30	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.41	0.00	0.18	0.00	0.13	0.00
Masttruten	0.01	0.20	0.00	0.06	0.00	0.14	0.41	1.40	0.03	1.37	0.00	2.35	0.00	1.07	0.00	0.92	0.02	0.84	0.02	0.82	0.00	1.25	0.00	0.53	0.00	0.37	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.04	0.18	0.56	0.00	0.56	0.00	0.94	0.00	0.40	0.00	0.36	0.00	0.34	0.00	0.33	0.00	0.50	0.00	0.18	0.00	0.13	0.00
Pferde über 3-jährig	0.51	4.34	0.00	2.37	0.00	1.27	8.48	44.0	10.1	33.9	0.00	25.3	0.00	24.8	0.00	23.2	9.44	17.6	4.04	13.6	0.00	7.89	0.00	2.27	0.00	0.62	3.38
Pferde unter 3-jährig	0.62	3.71	0.00	1.96	0.00	1.24	7.53	42.0	12.4	29.6	0.00	20.8	0.00	21.9	0.00	20.3	11.6	16.8	4.95	11.8	0.00	6.52	0.00	2.29	0.00	0.70	4.14
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.19	1.53	0.00	0.85	0.00	0.50	3.07	16.0	3.73	12.3	0.00	9.04	0.00	9.03	0.00	8.39	3.48	6.40	1.49	4.91	0.00	2.84	0.00	0.87	0.00	0.23	1.25
Schafe	0.35	1.01	0.00	0.57	0.00	0.34	2.27	15.0	6.92	8.08	0.00	6.05	0.00	5.93	0.00	5.50	6.47	6.00	2.77	3.23	0.00	1.91	0.00	0.55	0.00	0.12	2.32
Milchschafe	0.33	1.77	0.00	0.89	0.00	0.57	3.56	20.0	6.69	13.3	0.00	9.60	0.00	9.72	0.00	9.00	6.25	8.00	2.67	5.33	0.00	2.97	0.00	0.90	0.00	0.19	2.24
Ziegen	0.23	1.55	0.00	0.68	0.00	0.80	3.27	17.0	4.64	12.4	0.00	7.31	0.00	9.26	0.00	8.31	4.34	6.80	1.86	4.94	0.00	2.28	0.00	1.20	0.00	0.26	1.55

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

## 7.11 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.82	6.57	5.00	2.64	15.7	2.55	33.2	105	17.8	87.3	62.6	16.4	56.0	14.8	39.5	12.0	16.5	58.5	9.9	48.5	32.3	8.81	28.7	3.89	12.2	1.11	8.64
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	0.31	1.89	0.55	1.10	1.97	1.02	6.85	25.0	6.86	18.1	7.84	7.26	7.04	6.80	4.96	5.67	6.37	13.8	3.77	10.0	3.84	3.68	3.44	1.61	1.37	0.48	3.28
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	0.68	2.43	1.01	1.13	3.68	1.11	10.0	40.0	14.9	25.1	14.4	7.30	13.0	6.78	9.11	5.57	13.8	22.0	8.17	13.8	7.13	3.76	6.44	1.68	2.57	0.47	7.11
Aufzuchtrinder über 2-jährig	0.86	3.48	1.57	1.46	5.69	1.49	14.6	55.0	18.8	36.2	21.9	9.4	19.8	8.80	13.8	7.17	17.5	30.3	10.4	19.9	10.9	4.87	9.80	2.22	3.81	0.60	9.01
Mutterkühe	1.42	7.65	2.76	1.99	6.61	2.39	22.8	85.0	31.2	53.8	29.6	13.3	25.9	13.7	18.9	11.1	29.0	46.8	17.2	29.6	13.7	6.64	11.6	3.59	4.62	0.99	14.9
Mutterkuhkälber	0.36	2.07	0.62	0.61	1.54	0.73	5.92	22.0	7.81	14.2	6.94	4.10	6.10	4.31	4.47	3.51	7.25	12.1	4.29	7.81	3.17	2.03	2.71	1.12	1.08	0.32	3.74
Masttiere	0.06	3.43	1.38	0.95	4.68	1.13	11.6	33.0	1.31	31.7	20.0	6.33	18.0	6.95	13.1	5.71	1.22	18.2	0.72	17.4	9.84	3.17	8.92	1.92	3.97	0.68	0.63
Mastkälber	0.00	1.33	0.09	1.31	0.41	1.05	4.19	13.0	0.09	12.9	1.59	8.75	1.45	7.94	1.02	6.77	0.09	7.15	0.05	7.10	0.78	4.37	0.72	1.72	0.29	0.55	0.05
Galtsauen	0.01	5.56	1.35	0.03	2.43	0.02	9.40	20.0	0.06	19.9	14.2	0.09	12.4	0.13	9.76	0.11	0.05	14.0	0.04	14.0	8.30	0.05	7.07	0.04	4.44	0.02	0.03
Säugende Sauen	0.00	7.12	2.98	0.25	5.52	0.03	15.9	37.2	0.00	37.2	29.1	0.91	25.3	0.59	19.4	0.56	0.00	26.0	0.00	26.0	18.4	0.49	15.6	0.07	9.74	0.03	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.95	0.39	0.02	0.64	0.01	2.02	4.77	0.00	4.77	3.68	0.08	3.18	0.10	2.49	0.08	0.00	3.34	0.00	3.34	2.31	0.04	1.94	0.03	1.25	0.01	0.00
Eber	0.01	3.95	0.99	0.03	1.77	0.02	6.76	14.3	0.07	14.2	10.1	0.10	8.73	0.14	6.83	0.12	0.06	10.0	0.05	9.93	5.89	0.05	4.97	0.04	3.07	0.02	0.04
Mastschweine und Remonten	0.01	3.46	0.97	0.02	1.71	0.00	6.17	13.0	0.05	13.0	9.41	0.06	8.13	0.06	6.30	0.05	0.04	9.10	0.03	9.07	5.56	0.04	4.67	0.01	2.83	0.01	0.02
Junghennen	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00	0.03	0.13	0.34	0.00	0.34	0.00	0.49	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.24	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00
Legehennen	0.02	0.15	0.00	0.06	0.00	0.06	0.28	0.71	0.04	0.67	0.00	1.00	0.00	0.45	0.00	0.38	0.02	0.43	0.02	0.40	0.00	0.49	0.00	0.18	0.00	0.11	0.01
Mastpoulets	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.04	0.11	0.40	0.00	0.40	0.00	0.60	0.00	0.32	0.00	0.27	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.32	0.00	0.16	0.00	0.11	0.00
Masttruten	0.02	0.20	0.00	0.04	0.00	0.16	0.42	1.40	0.04	1.36	0.00	1.91	0.00	1.09	0.00	0.91	0.02	0.84	0.02	0.82	0.00	1.02	0.00	0.54	0.00	0.36	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.06	0.00	0.06	0.20	0.56	0.02	0.54	0.00	0.92	0.00	0.39	0.00	0.33	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.49	0.00	0.17	0.00	0.11	0.00
Pferde über 3-jährig	0.48	4.40	0.00	2.42	0.00	1.24	8.54	44.0	9.62	34.4	0.00	25.9	0.00	25.2	0.00	23.5	8.99	17.6	3.85	13.8	0.00	8.08	0.00	2.26	0.00	0.64	3.22
Pferde unter 3-jährig	0.65	3.60	0.00	2.02	0.00	1.18	7.46	42.0	13.0	29.0	0.00	21.3	0.00	21.3	0.00	19.8	12.2	16.8	5.20	11.6	0.00	6.75	0.00	2.05	0.00	0.54	4.35
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.13	1.61	0.00	0.97	0.00	0.50	3.22	16.0	2.55	13.4	0.00	10.2	0.00	9.91	0.00	9.26	2.39	6.40	1.02	5.38	0.00	3.25	0.00	0.94	0.00	0.28	0.85
Schafe	0.37	0.94	0.00	0.61	0.00	0.26	2.17	15.0	7.35	7.65	0.00	6.41	0.00	5.57	0.00	5.23	6.86	6.00	2.94	3.06	0.00	2.03	0.00	0.41	0.00	0.07	2.46
Milchschafe	0.43	1.47	0.00	0.86	0.00	0.35	3.11	20.0	8.60	11.4	0.00	9.25	0.00	8.27	0.00	7.8	8.03	8.00	3.44	4.56	0.00	2.87	0.00	0.63	0.00	0.15	2.88
Ziegen	0.24	1.56	0.00	0.96	0.00	0.36	3.12	17.0	4.85	12.1	0.00	10.2	0.00	8.78	0.00	8.3	4.53	6.80	1.94	4.86	0.00	3.19	0.00	0.59	0.00	0.10	1.62

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor



## 7.12 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.45	4.56	2.38	3.45	17.5	3.65	32.0	102	9.74	91.8	63.6	21.2	59.7	19.3	41.2	15.3	9.04	56.9	5.46	51.5	34.1	11.5	33.1	5.24	14.7	1.29	4.76
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.16	1.53	0.32	1.52	2.38	1.42	7.34	25.0	3.56	21.4	8.85	10.0	8.30	8.90	5.79	7.33	3.31	13.8	1.96	11.8	4.63	5.07	4.51	2.05	2.00	0.48	1.70
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.47	1.93	0.64	1.42	4.72	1.42	10.6	40.0	10.3	29.7	17.6	9.13	16.6	8.26	11.6	6.71	9.55	22.0	5.66	16.3	9.18	4.72	8.93	2.04	3.95	0.49	4.93
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.51	2.86	0.96	2.03	7.06	2.03	15.4	55.0	11.2	43.8	26.4	13.1	24.7	11.9	17.3	9.64	10.4	30.3	6.16	24.1	13.7	6.76	13.3	2.92	5.91	0.70	5.37
Mutterkühe	1.15	6.20	0.99	3.41	7.27	3.21	22.2	85.0	25.2	59.8	28.2	22.9	26.5	20.6	18.8	17.1	23.4	46.8	13.8	32.9	14.1	11.4	13.8	4.62	6.07	1.08	12.0
Mutterkuhkälber	0.30	1.60	0.26	0.88	1.88	0.83	5.75	22.0	6.51	15.5	7.30	5.93	6.85	5.33	4.86	4.42	6.05	12.1	3.58	8.52	3.64	2.94	3.56	1.19	1.57	0.28	3.12
Masttiere	0.00	3.19	0.69	1.38	5.09	1.30	11.7	33.0	0.00	33.0	19.7	9.13	18.4	8.21	13.1	6.78	0.00	18.2	0.00	18.2	9.86	4.58	9.63	1.87	4.25	0.44	0.00
Mastkälber	0.00	1.15	0.06	1.38	0.47	1.18	4.24	13.0	0.00	13.0	1.73	9.11	1.62	8.02	1.13	6.71	0.00	7.15	0.00	7.15	0.91	4.59	0.88	1.70	0.39	0.39	0.00
Galtsauen	0.00	4.04	0.92	0.00	4.09	0.00	9.05	22.6	0.00	22.6	18.6	0.00	17.1	0.00	12.7	0.00	0.00	15.8	0.00	15.8	11.8	0.00	11.0	0.00	6.64	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	8.39	2.03	0.00	9.07	0.00	19.5	49.3	0.00	49.3	40.9	0.00	37.7	0.00	28.0	0.00	0.00	34.5	0.00	34.5	26.1	0.00	24.4	0.00	14.7	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.78	0.19	0.00	0.85	0.00	1.82	4.60	0.00	4.60	3.82	0.00	3.52	0.00	2.62	0.00	0.00	3.22	0.00	3.22	2.44	0.00	2.28	0.00	1.37	0.00	0.00
Eber	0.00	3.38	0.77	0.00	3.42	0.00	7.57	18.9	0.00	18.9	15.5	0.00	14.3	0.00	10.7	0.00	0.00	13.2	0.00	13.2	9.85	0.00	9.20	0.00	5.56	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	3.18	0.72	0.00	3.22	0.00	7.12	17.8	0.00	17.8	14.6	0.00	13.5	0.00	10.0	0.00	0.00	12.5	0.00	12.5	9.28	0.00	8.67	0.00	5.23	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.11	0.00	0.02	0.00	0.02	0.15	0.34	0.00	0.34	0.00	0.21	0.00	0.20	0.00	0.18	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00
Legehennen	0.00	0.20	0.00	0.05	0.00	0.05	0.31	0.71	0.00	0.71	0.00	0.45	0.00	0.43	0.00	0.38	0.00	0.43	0.00	0.42	0.00	0.20	0.00	0.15	0.00	0.09	0.00
Mastpoulets	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.05	0.12	0.40	0.00	0.40	0.00	0.31	0.00	0.32	0.00	0.26	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.17	0.00	0.16	0.00	0.10	0.00
Masttruten	0.00	0.20	0.00	0.06	0.00	0.18	0.44	1.40	0.01	1.39	0.00	1.07	0.00	1.10	0.00	0.90	0.00	0.84	0.00	0.84	0.00	0.57	0.00	0.54	0.00	0.34	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.06	0.20	0.56	0.00	0.56	0.00	0.43	0.00	0.41	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.23	0.00	0.18	0.00	0.12	0.00
Pferde über 3-jährig	0.28	4.69	0.00	2.88	0.00	1.47	9.32	44.0	5.63	38.4	0.00	30.3	0.00	28.1	0.00	26.2	5.26	17.6	2.25	15.3	0.00	9.59	0.00	2.41	0.00	0.50	1.88
Pferde unter 3-jährig	0.27	4.48	0.00	2.75	0.00	1.40	8.89	42.0	5.37	36.6	0.00	28.9	0.00	26.8	0.00	25.0	5.02	16.8	2.15	14.7	0.00	9.16	0.00	2.30	0.00	0.48	1.80
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.10	1.71	0.00	1.05	0.00	0.53	3.39	16.0	2.05	14.0	0.00	11.0	0.00	10.2	0.00	9.5	1.91	6.40	0.82	5.58	0.00	3.49	0.00	0.88	0.00	0.18	0.68
Schafe	0.23	1.37	0.00	0.75	0.00	0.37	2.72	15.0	4.60	10.4	0.00	8.12	0.00	7.54	0.00	7.06	4.30	6.00	1.84	4.16	0.00	2.51	0.00	0.60	0.00	0.12	1.54
Milchschafe	0.11	2.11	0.00	1.34	0.00	0.69	4.26	20.0	2.29	17.7	0.00	14.0	0.00	13.0	0.00	12.1	2.14	8.00	0.91	7.09	0.00	4.47	0.00	1.14	0.00	0.24	0.76
Ziegen	0.12	1.81	0.00	1.10	0.00	0.56	3.58	17.0	2.31	14.7	0.00	11.6	0.00	10.8	0.00	10.0	2.16	6.80	0.93	5.87	0.00	3.66	0.00	0.92	0.00	0.19	0.77

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

## 7.13 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990

Tierkategorie	Emission (kg NH <sub>3</sub> -N/Tier und Jahr)*							Fluss N <sub>tot</sub> (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausscheidung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.39	4.04	1.87	3.91	17.3	4.14	31.6	100	8.30	92.1	61.5	23.9	58.1	21.7	39.9	17.2	7.70	56.5	4.67	57.1	33.3	13.0	32.7	5.94	14.5	1.47	4.07
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.16	1.41	0.26	1.57	2.39	1.48	7.27	25.0	3.52	21.5	8.70	10.2	8.23	9.14	5.70	7.53	3.27	13.8	1.93	11.8	4.60	5.23	4.53	2.12	2.01	0.50	1.68
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.46	1.77	0.51	1.53	4.69	1.52	10.5	40.0	10.1	29.9	17.2	9.83	16.2	8.88	11.3	7.22	9.42	22.0	5.58	16.4	9.00	5.08	8.87	2.19	3.93	0.53	4.86
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.50	2.57	0.78	2.12	7.18	2.13	15.3	55.0	11.0	44.0	26.3	13.6	24.8	12.3	17.3	10.0	10.2	30.3	6.06	24.2	13.8	7.05	13.6	3.06	6.02	0.74	5.27
Mutterkühe	1.15	5.65	0.87	3.20	8.07	3.00	21.9	85.0	25.2	59.8	30.5	21.3	28.8	19.2	20.3	15.9	23.4	46.8	13.8	32.9	15.4	10.7	15.3	4.32	6.75	1.01	12.0
Mutterkuhkälber	0.30	1.46	0.23	0.83	2.09	0.78	5.68	22.0	6.51	15.5	7.89	5.52	7.46	4.96	5.25	4.11	6.05	12.1	3.58	8.52	3.99	2.76	3.95	1.12	1.75	0.26	3.12
Masttiere	0.00	3.20	0.59	1.20	5.50	1.12	11.6	33.0	0.00	33.0	21.0	7.95	19.8	7.12	14.0	5.89	0.00	18.2	0.00	18.2	10.5	3.99	10.4	1.61	4.60	0.38	0.00
Mastkälber	0.00	1.14	0.05	1.37	0.48	1.18	4.23	13.0	0.00	13.0	1.76	9.09	1.66	7.99	1.16	6.69	0.00	7.15	0.00	7.15	0.93	4.57	0.91	1.70	0.40	0.39	0.00
Galtsauen	0.00	3.84	0.75	0.00	4.23	0.00	8.82	22.6	0.00	22.6	18.8	0.00	17.5	0.00	13.0	0.00	0.00	15.8	0.00	15.8	12.0	0.00	11.4	0.00	6.86	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	8.39	1.64	0.00	9.22	0.00	19.2	49.3	0.00	49.3	40.9	0.00	38.1	0.00	28.3	0.00	0.00	34.5	0.00	34.5	26.1	0.00	24.8	0.00	15.0	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.78	0.15	0.00	0.86	0.00	1.80	4.60	0.00	4.60	3.82	0.00	3.55	0.00	2.64	0.00	0.00	3.22	0.00	3.22	2.44	0.00	2.31	0.00	1.40	0.00	0.00
Eber	0.00	3.21	0.63	0.00	3.53	0.00	7.38	18.9	0.00	18.9	15.7	0.00	14.6	0.00	10.8	0.00	0.00	13.2	0.00	13.2	10.0	0.00	9.50	0.00	5.74	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	3.10	0.61	0.00	3.40	0.00	7.11	18.2	0.00	18.2	15.1	0.00	14.1	0.00	10.4	0.00	0.00	12.7	0.00	12.7	9.64	0.00	9.15	0.00	5.53	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.12	0.00	0.02	0.00	0.02	0.16	0.34	0.00	0.34	0.00	0.20	0.00	0.19	0.00	0.17	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00
Legehennen	0.00	0.21	0.00	0.05	0.00	0.05	0.31	0.71	0.00	0.71	0.00	0.45	0.00	0.43	0.00	0.37	0.00	0.43	0.00	0.43	0.00	0.19	0.00	0.15	0.00	0.09	0.00
Mastpoulets	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.05	0.13	0.40	0.00	0.40	0.00	0.31	0.00	0.32	0.00	0.26	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.10	0.00
Masttruten	0.00	0.20	0.00	0.06	0.00	0.18	0.44	1.40	0.00	1.40	0.00	1.08	0.00	1.10	0.00	0.90	0.00	0.84	0.00	0.84	0.00	0.57	0.00	0.54	0.00	0.34	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.06	0.20	0.56	0.00	0.56	0.00	0.43	0.00	0.41	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.23	0.00	0.18	0.00	0.12	0.00
Pferde über 3-jährig	0.28	4.69	0.00	2.88	0.00	1.47	9.32	44.0	5.63	38.4	0.00	30.3	0.00	28.1	0.00	26.2	5.26	17.6	2.25	15.3	0.00	9.59	0.00	2.41	0.00	0.50	1.88
Pferde unter 3-jährig	0.27	4.48	0.00	2.75	0.00	1.40	8.89	42.0	5.37	36.6	0.00	28.9	0.00	26.8	0.00	25.0	5.02	16.8	2.15	14.7	0.00	9.16	0.00	2.30	0.00	0.48	1.80
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.10	1.71	0.00	1.05	0.00	0.53	3.39	16.0	2.05	14.0	0.00	11.0	0.00	10.2	0.00	9.53	1.91	6.40	0.82	5.58	0.00	3.49	0.00	0.88	0.00	0.18	0.68
Schafe	0.23	1.37	0.00	0.75	0.00	0.37	2.72	15.0	4.60	10.4	0.00	8.12	0.00	7.54	0.00	7.06	4.30	6.00	1.84	4.16	0.00	2.51	0.00	0.60	0.00	0.12	1.54
Milchschafe	0.11	2.11	0.00	1.34	0.00	0.69	4.26	20.0	2.29	17.7	0.00	14.0	0.00	13.0	0.00	12.1	2.14	8.00	0.91	7.09	0.00	4.47	0.00	1.14	0.00	0.24	0.76
Ziegen	0.12	1.81	0.00	1.10	0.00	0.56	3.58	17.0	2.31	14.7	0.00	11.6	0.00	10.8	0.00	10.0	2.16	6.80	0.93	5.87	0.00	3.66	0.00	0.92	0.00	0.19	0.77

\* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.14 Vollständige Zeitreihe der Ammoniakemissionen 1990-2020

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	<i>Emissionen in kt NH<sub>3</sub>-N*</i>																														
Weide	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2
Stall/Laufhof	11.6	11.4	11.4	11.4	11.2	11.2	11.1	11.1	11.5	11.7	11.8	12.3	12.5	12.5	12.6	13.1	13.5	13.7	13.8	13.8	14.0	14.0	14.0	14.0	14.2	14.2	14.1	14.1	14.0	13.8	13.7
Lager Gülle	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2	3.3	3.6	3.8	4.2	4.5	4.8	5.2	5.5	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.5	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4
Lager Mist	5.2	5.1	4.9	4.8	4.7	4.6	4.5	4.2	4.0	3.8	3.7	3.6	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Ausbringung Gülle	23.1	22.8	22.3	21.8	21.7	21.4	20.3	19.1	18.5	17.6	16.8	16.5	15.7	15.5	15.4	15.6	15.9	15.9	15.8	15.1	14.7	14.5	14.3	14.1	14.0	13.8	13.6	13.5	13.4	13.1	13.0
Ausbringung Mist	5.3	5.2	5.1	4.9	4.8	4.7	4.5	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5	3.3	3.4	3.4	3.6	3.7	3.8	4.0	4.0	4.1	4.0	3.9	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8
Total Tierproduktion	48.8	48.1	47.4	46.7	46.3	45.9	44.7	43.3	43.1	42.4	41.8	42.2	41.7	41.2	40.9	41.7	42.3	42.6	42.5	41.5	41.0	40.6	40.4	40.0	40.1	39.7	39.5	39.3	39.1	38.6	38.4
Rindvieh	35.2	35.0	34.3	33.6	34.0	33.8	33.8	32.7	32.2	31.6	31.2	31.5	31.2	31.0	30.7	31.2	31.7	32.1	32.6	31.6	31.0	30.9	30.9	30.7	30.7	30.5	30.4	30.2	30.1	29.8	29.5
Schweine	11.0	10.7	10.6	10.6	9.9	9.7	8.5	8.2	8.5	8.3	8.2	8.3	8.1	7.8	7.6	7.8	7.9	7.6	7.0	6.9	6.9	6.8	6.5	6.3	6.3	6.2	6.1	6.0	5.8	5.6	5.6
Geflügel	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0
Pferde u. and. Equiden	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Kleinwiederkäuer	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
And. Raufutterverz./Kan.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Tierproduktion	48.8	48.1	47.4	46.7	46.3	45.9	44.7	43.3	43.1	42.4	41.8	42.2	41.7	41.2	40.9	41.7	42.3	42.6	42.5	41.5	41.0	40.6	40.4	40.0	40.1	39.7	39.5	39.3	39.1	38.6	38.4
Mineral. N-Dünger	3.5	3.1	3.0	2.9	2.7	2.7	2.6	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.0	2.2	2.1	1.9	2.3	2.1	2.0	2.3	2.1	1.9	1.9	2.3	2.1	2.2	2.4	2.2	2.0	2.0
Recyclingdünger	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
Total Pflanzenbau	4.5	4.1	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.2	3.0	3.1	3.1	3.0	2.9	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.4	2.2	2.6	2.4	2.4	2.4	2.8	2.7	2.8	3.1	2.9	2.8	2.8
Total Tierproduktion	48.8	48.1	47.4	46.7	46.3	45.9	44.7	43.3	43.1	42.4	41.8	42.2	41.7	41.2	40.9	41.7	42.3	42.6	42.5	41.5	41.0	40.6	40.4	40.0	40.1	39.7	39.5	39.3	39.1	38.6	38.4
Total Pflanzenbau	4.5	4.1	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.2	3.0	3.1	3.1	3.0	2.9	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.4	2.2	2.6	2.4	2.4	2.4	2.8	2.7	2.8	3.1	2.9	2.8	2.8
Total landwi. Em.	53.3	52.2	51.5	50.7	50.2	49.9	48.5	46.5	46.1	45.5	44.8	45.1	44.5	43.7	43.5	44.2	44.6	45.2	45.0	43.7	43.7	43.1	42.8	42.4	42.9	42.4	42.4	42.4	42.0	41.4	41.3
Total nicht- landw. Em.	3.0	3.2	3.5	3.6	3.7	3.9	4.2	4.4	4.6	4.8	5.8	5.7	5.5	5.3	5.1	4.9	4.6	4.4	4.3	4.1	3.9	3.6	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.4
Total	56.3	55.4	54.9	54.3	53.9	53.8	52.7	50.9	50.7	50.3	50.6	50.8	50.1	49.0	48.6	49.1	49.2	49.6	49.2	47.8	47.5	46.7	46.2	45.6	45.9	45.3	45.2	45.1	44.6	43.9	43.7

\*Bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten.

## 7.15 Einfluss der Änderungen zur Berechnung der Emissionsfaktoren für 2019

Tierkategorie		Weide	Stall/ Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Aus- bringung Gülle	Aus- bringung Mist	Total	Δ Total
Milchkühe	bisher	0.83	10.19	4.87	1.29	14.62	2.16	33.96	
	neu	0.86	9.44	4.65	1.61	14.70	2.76	34.01	0.1%
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	bisher	0.26	2.54	0.78	0.62	2.07	0.96	7.23	
	neu	0.27	2.48	0.73	0.66	2.12	1.02	7.28	0.6%
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	bisher	0.59	3.68	1.41	0.63	3.46	0.93	10.71	
	neu	0.62	3.41	1.21	0.70	3.48	1.11	10.53	-1.7%
Aufzuchtrinder über 2-jährig	bisher	0.77	4.86	1.87	0.97	5.07	1.56	15.10	
	neu	0.77	4.79	1.78	0.98	5.27	1.61	15.20	0.7%
Mutterkühe	bisher	1.24	8.68	2.76	1.52	7.06	1.95	23.20	
	neu	1.20	8.64	2.79	1.51	7.27	2.17	23.58	1.6%
Mutterkuhkälber	bisher	0.33	2.30	0.57	0.56	1.45	0.73	5.93	
	neu	0.33	2.28	0.58	0.55	1.46	0.77	5.98	0.8%
Masttiere	bisher	0.12	3.84	1.37	1.21	3.90	1.58	12.02	
	neu	0.16	3.78	1.31	1.18	3.94	1.60	11.97	-0.4%
Mastkälber	bisher	0.01	2.03	0.27	1.27	1.16	1.34	6.07	
	neu	0.01	2.02	0.32	1.10	1.13	1.51	6.11	0.5%
Galtsauen	bisher	0.00	6.68	1.04	0.00	2.67	0.00	10.40	
	neu	0.00	6.96	1.11	0.00	2.63	0.00	10.71	3.0%
Säugende Sauen	bisher	0.00	8.19	2.27	0.00	5.05	0.00	15.50	
	neu	0.00	8.06	2.37	0.00	5.25	0.00	15.70	1.2%
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	bisher	0.00	0.67	0.17	0.00	0.44	0.00	1.27	
	neu	0.00	0.66	0.18	0.00	0.42	0.00	1.27	-0.2%
Eber	bisher	0.02	3.83	0.58	0.00	1.55	0.00	5.98	
	neu	0.02	3.99	0.63	0.00	1.55	0.00	6.18	3.4%
Mastschweine	bisher	0.00	2.72	0.54	0.00	1.48	0.00	4.74	
	neu	0.00	2.94	0.57	0.00	1.42	0.00	4.93	4.1%
Junghennen	bisher	0.001	0.042	0.000	0.015	0.000	0.020	0.078	
	neu	0.003	0.043	0.000	0.015	0.000	0.022	0.083	7.0%
Legehennen	bisher	0.024	0.096	0.000	0.038	0.000	0.078	0.236	
	neu	0.024	0.106	0.000	0.039	0.000	0.077	0.245	4.0%
Mastpoulets	bisher	0.001	0.045	0.000	0.007	0.000	0.040	0.093	
	neu	0.001	0.045	0.000	0.008	0.000	0.041	0.095	1.5%
Masttruten	bisher	0.018	0.182	0.000	0.038	0.000	0.117	0.356	
	neu	0.018	0.183	0.000	0.033	0.000	0.125	0.359	1.0%
Übriges Geflügel	bisher	0.007	0.080	0.000	0.055	0.000	0.054	0.197	
	neu	0.007	0.080	0.000	0.052	0.000	0.053	0.193	-1.8%
Pferde über 3-jährig	bisher	0.43	4.58	0.00	2.68	0.00	1.21	8.89	
	neu	0.50	4.43	0.00	2.42	0.00	1.25	8.60	-3.3%
Pferde unter 3-jährig	bisher	0.87	3.28	0.00	1.73	0.00	0.84	6.72	
	neu	0.74	3.56	0.00	1.77	0.00	1.13	7.20	7.1%
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	bisher	0.19	1.57	0.00	0.87	0.00	0.50	3.12	
	neu	0.16	1.61	0.00	0.88	0.00	0.55	3.21	2.7%
Schafe	bisher	0.28	1.14	0.00	0.73	0.00	0.37	2.53	
	neu	0.33	1.04	0.00	0.64	0.00	0.32	2.33	-7.9%
Milchschafe	bisher	0.25	1.96	0.00	1.21	0.00	0.43	3.84	
	neu	0.27	1.92	0.00	1.17	0.00	0.42	3.78	-1.8%
Ziegen	bisher	0.25	1.48	0.00	0.82	0.00	0.51	3.07	
	neu	0.29	1.41	0.00	0.74	0.00	0.54	2.98	-2.9%

## 7.16 Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus 1990 - 2020

### 7.16.1 Mineralische N-Dünger

Im Jahr 1990 betrug die Emission der mineralischen N-Dünger 3.5 kt NH<sub>3</sub>-N und nahm auf Beginn der 2000er Jahre ab auf rund 2.0 kt NH<sub>3</sub>-N und blieb seither ungefähr konstant (Abbildung 12; Tabelle 19). Die Abnahme zwischen 1990 und 2020 betrug damit 42%. Dabei nahmen die Emissionen von Harnstoff (45%) stärker ab als diejenigen der übrigen mineralischen N-Dünger (21%).

Tabelle 19: Ammoniakemissionen aus der Ausbringung von mineralischen N-Düngern je Düngertyp für 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2019 und 2020 in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr.

Zolltarif-Nr.	Name	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2019	2020
2814.2000.011	Ammoniakgas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2834.2100.011	Kaliumnitrat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.1000.011	Harnstoff	2.1	1.4	1.1	1.1	0.9	0.9	1.0	0.9
3102.2100.011	Ammoniumsulfat	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3102.2900.011	Ammoniumsulfatsalpeter	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3
3102.3000.011	Ammoniumnitrat (AN)	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0
3102.4000.011	Mischungen AN-Calciumcarbonat	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
3102.5000.011	Natriumnitrat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.6000.011	Doppelsalze*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.9010.011	Calciumcyanamid**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
3102.8000.011	Mischungen Harnstoff/AN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.9090.013	Andere Stickstoffdüngemittel***	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.9000.011	Calcium-Magnesiumnitrat <sup>#</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger <sup>##</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3
3105.3000.011	Diammoniumorthophosphat	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3105.4000.011	Monoammoniumorthophosphat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3105.5100.011	Mehrnährstoffdünger NP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	Total	3.5	2.7	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.0

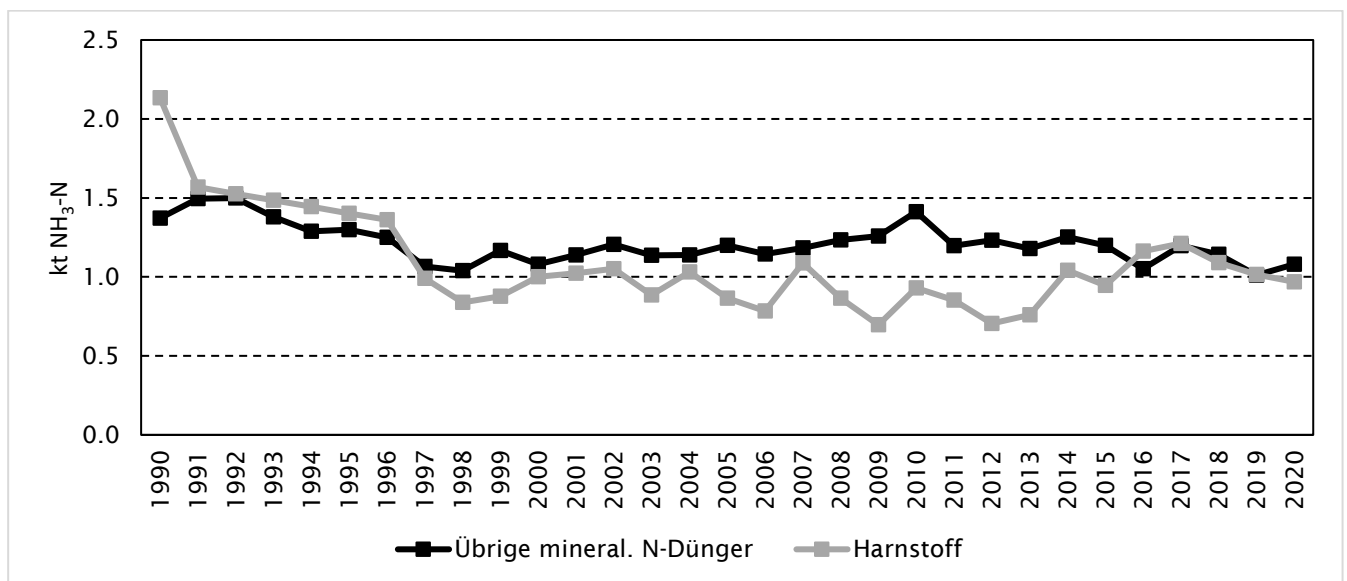


Abbildung 12: Ammoniakemissionen aus der Ausbringung von mineralischen N-Düngern (Harnstoff, übrige mineralische N-Dünger) zwischen 1990 und 2020 in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr.

### 7.16.2 Recyclingdünger

2020 lagen die Emissionen der Recyclingdünger bei insgesamt 0.78 kt NH<sub>3</sub>-N. Zu Beginn der Zeitreihe 1990 betrug die Emissionen der Recyclingdünger rund 1 kt NH<sub>3</sub>-N mit einem Anteil des Klärschlammes von 97% (Abbildung 13). Bis etwa 2000 blieben die Emissionen ungefähr auf diesem Niveau, wobei der Anteil von Klärschlamm absolut und auch anteilmässig leicht abnahm. Gleichzeitig stiegen die Emissionen aufgrund der Verwendung von Kompost und Gärgut an, allerdings auf einem niedrigen Niveau. Anfangs wies Kompost die höchsten Emissionen nach Klärschlamm auf. Mit der Einführung der Vergärung auf industriell-gewerblichen Anlagen zu Beginn der 1990er Jahre nahmen deren Emissionen kontinuierlich zu, wobei der Anteil des flüssigen Gärguts dominierte. Ab 2005 war flüssiges Gärgut mit 0.063 kt NH<sub>3</sub>-N nach Klärschlamm die zweitwichtigste Quelle innerhalb der Recyclingdünger. Im Jahr 2007 produzierte Klärschlamm erstmals weniger als die Hälfte der Emissionen der Recyclingdünger. Die von Klärschlamm verursachte Emissionsmenge nahm anschliessend stark ab und ging auf Null zurück im Jahr 2009. In diesem Jahr wurde mit 0.265 kt NH<sub>3</sub>-N das Minimum der Emissionen der Recyclingdünger innerhalb dieser Zeitreihe erreicht.

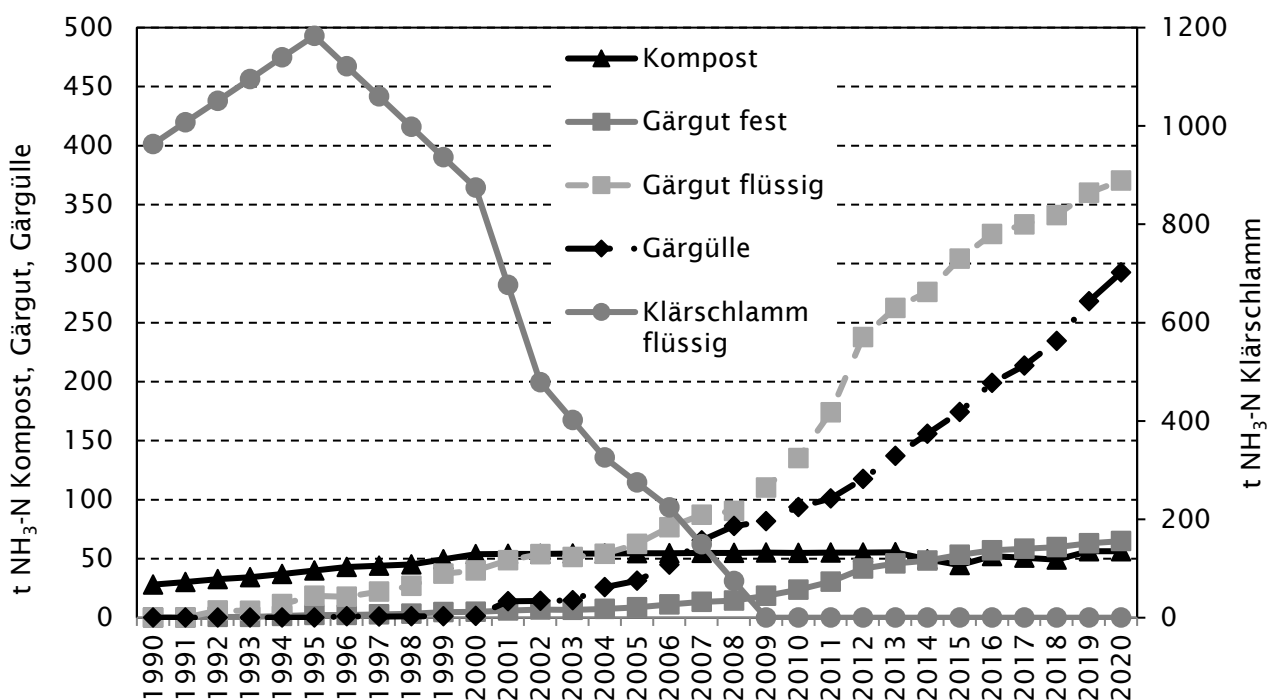


Abbildung 13: Verlauf der Emissionen der Recyclingdünger zwischen 1990 und 2020 in kt NH<sub>3</sub>-N pro Jahr.

Mit der kontinuierlichen Zunahme der Verarbeitung von getrennt gesammelten organischen Abfällen ab 2000, vorerst vorwiegend mittels Kompostierung und ab 2010 dann überwiegend durch Vergärung, nahmen deren Emissionen zu. Ab 2011 stiegen die Emissionen von flüssigem Gärgut aus der landwirtschaftlichen Verwendung stark an und erreichte 0.370 kt NH<sub>3</sub>-N bis im Jahr 2020. Ab 2010 nahm die Verarbeitung von Co-Substrat auf landwirtschaftlichen Anlagen stark zu, was zu einer Erhöhung der Emissionen von 0.094 kt NH<sub>3</sub>-N auf 0.292 kt NH<sub>3</sub>-N bis 2020 führte. Die Emissionen von Kompost und festem Gärgut waren über die ganze Zeitreihe niedrig und betrug 2020 0.056 kt NH<sub>3</sub>-N bzw. 0.065 kt NH<sub>3</sub>-N.

## 7.17 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)
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
FS	Frischsubstanz
GVE	Grossvieheinheit
ha	Hektare (100m x100m)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kt	Kilo Tonne
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	Luftstickstoff, molekularer Stickstoff
N <sub>lös</sub>	löslicher Stickstoff, siehe auch TAN
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NFR	Nomenclature For Reporting
NH <sub>3</sub> -N	Ammoniak-Stickstoff
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NO	Stickstoffmonoxid
N <sub>tot</sub>	Gesamtstickstoff
OA	Offene Ackerfläche
RAUS	Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS-Programm des BLW)
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 <sub>3</sub> -N + NH <sub>4</sub> -N). Der TAN ist dem löslichen Stickstoff gleichzusetzen, da der Nitratgehalt an in Hofdüngern sehr niedrig ist.
TS	Trockensubstanz
ü. M.	über Meer
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
USG	Umweltschutzgesetz
VIKA-Klassen	Viehwirtschaftskataster-Klassen nach BLW

## 7.18 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 <sup>2</sup> Lagersoberfläche), 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: Tierproduktion (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) und Pflanzenbau (mineralische N-Dünger, Recyclingdünger).
Modellparameter	Eingabeparameter und technische Parameter
Technische Parameter	Die dem Modell zugrundeliegenden vorgegebenen Parameter (Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren).