



Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015

Emissions d'ammoniac agricoles en Suisse de 1990 à 2015

Ammonia emissions from agriculture in Switzerland for 1990 to 2015

Bericht auf Deutsch mit Zusammenfassung auf Französisch und Englisch

Rapport en allemand avec résumé en français

Report in German with summary in English

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

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

10.10.2018

Beauftragte:	Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften Bonjour Engineering GmbH Oetiker+Partner AG
Finanzierung:	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien
Autoren/-innen:	Thomas Kupper Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, HAFL, 3052 Zollikofen Cyrill Bonjour Bonjour Engineering GmbH, 4654 Lostorf Harald Menzi Bundesamt für Umwelt, Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität, 3003 Bern Daniel Bretscher Agroscope, 8046 Zürich Fritz Zaucker Oetiker+Partner AG, 4600 Olten
Beiträge von:	Stéphane Burgos Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, HAFL Kap. 2.2.5.1 (pH-Wert) Alexander Burren, Christine Flury Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, HAFL Kap. 2.1.5.3, Anhang 7.2.3.2 Mamoun Bencheikh, Andrea Grossi, Arthur Zesiger Bundesamt für Statistik, BFS Kap. 3.5, Anhang 7.22.5 Beat Rihm Meteotest, 3012 Bern Kap. 3.2.4
Begleitung durch Auftraggeber:	Gaston Theis Bundesamt für Umwelt, Abt. Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Luftqualität, 3003 Bern

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	18
2.1.4 Neuerungen in der verwendeten Modellversion	20
2.1.5 Tierkategorien und Tierzahlen	21
2.1.6 Ausscheidung von N und TAN der Nutztiere	23
2.1.7 Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik	28
2.1.8 Einzelbetriebliche Berechnung	33
2.1.9 Berechnung von mittleren Emissionsfaktoren (Betriebs- und Tierkategorien)	33
2.1.10 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz	34
2.2 Eingabedaten	35
2.2.1 Tierzahlen	35
2.2.2 Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen	36
2.2.3 Milchleistung	36
2.2.4 Produktionssysteme und -techniken	37
2.2.5 Ausbringung von mineralischen Stickstoffdüngern	39
2.2.6 Ausbringung von Recyclingdünger	43
2.3 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030	43
3 Resultate	44
3.1 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2015	44
3.1.1 Übersicht	44
3.1.2 Emissionen der einzelnen Tierkategorien und Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion	45
3.1.3 Emissionen des Pflanzenbaus	45
3.2 Entwicklung der Ammoniakemissionen 1990-2015	46
3.2.1 Einleitung	46
3.2.2 Landwirtschaftliche Emissionen	46
3.2.3 Emissionen der Tierproduktion	47
3.2.4 Hauptursachen für die Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion	50
3.2.5 Emissionen des Pflanzenbaus	51
3.3 Emissionen nach Grössenklasse der Betriebe	51
3.4 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030	52
3.5 Landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS 2013 – Einfluss der Eingabedaten auf die Emissionsrechnung	53
3.6 Einfluss von Modelländerungen auf die Resultate der Emissionsrechnung	54
4 Diskussion und Schlussfolgerungen	55
4.1 Entwicklung der Emissionen zwischen 1990 und 2015	55
4.2 Zeitreihe der Emissionen im Vergleich zur Zeitreihe der Immissionen	55
4.3 Unsicherheiten und deren Auswirkungen	56
4.4 Schlussfolgerungen	57

5	Verdankungen	58
6	Literatur	59
7	Anhang.....	67
7.1	Umfrage 2015: Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge.....	67
7.2	Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2020 und 2030	72
7.2.1	Für die Berechnung der Ammoniakemissionen verwendete Tierzahlen der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 sowie für die Prognosen 2020 und 2030	72
7.2.2	Herleitung der Tierzahlen Tierkategorien 2002, 2007, 2010 und 2015.....	73
7.2.3	Vorgehen zur Herleitung der Anzahl Tiere der Rindviehkategorien nach 2008	74
7.2.4	Verteilung der Tierkategorien gemäss GRUD 2017 für die Betriebe der Umfrage HAFL 2010 und 2015 aus den Tierkategorien gemäss TVD	82
7.2.5	Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2010, 2011, 2016a).....	88
7.3	N-Ausscheidung nach GRUDAF 1994, 2001, 2009 und GRUD 2017	91
7.4	Parameter zur Korrektur der N-Ausscheidung von Milchkühen	92
7.5	Parameter zur Korrektur der N-Ausscheidung von Zucht und Mastschweinen.....	93
7.6	Grundlagen zur Korrektur der N-Ausscheidung für Tierkategorien mit mehreren Umtrieben	94
7.7	Tierzahlen nach Referenzdatum und im Jahresdurchschnitt	97
7.8	Emissionsraten für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2016).....	98
7.9	Festlegung von Klimazone und pH-Wert des Bodens zur Berechnung der Emissionen von mineralischen N-Düngern gemäss EEA (2016).....	99
7.10	Berechnung Emissionen für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2016)	100
7.11	Ausgebrachte Mengen und Emissionsraten von Recyclingdünger	102
7.11.1	Ausgebrachte Mengen	102
7.11.2	Emissionsraten	104
7.11.3	Plausibilisierung der Mengen Recyclingdünger	107
7.12	Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2015	108
7.13	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2015	129
7.14	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2015	130
7.15	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010	131
7.16	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007	132
7.17	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002	133
7.18	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995	134
7.19	Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990	135
7.20	Vollständige Zeitreihe der Ammoniakemissionen 1990-2015	136
7.21	Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus 1990 - 2015	137
7.21.1	Mineralische N-Dünger	137
7.21.2	Recyclingdünger	138
7.22	Landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS 2013 – Einfluss der der Eingabedaten auf die Emissionsrechnung	139
7.22.1	Einleitung und Grundlagedaten	139
7.22.2	Weide	140
7.22.3	Aufstallungssysteme und Laufhof.....	140
7.22.4	Güllelager, Ausbringung von Mist und Gülle.....	145
7.22.5	Emissionsrechnung basierend auf Eingabedaten aus Umfrage HAFL 2015 und Zusatzerhebung BFS 2013	147
7.23	Abkürzungen.....	148
7.24	Glossar	149

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 und 2015. Für die Rechnungen 2002, 2007, 2010 und 2015 wurden die relevanten produktionstechnischen Parameter mittels Umfragen ermittelt. Die verwendete repräsentative Stichprobe der Betriebe war in 32 Klassen aufgeteilt (3 Regionen, 4 Höhenstufen, 5 Betriebstypen). Insgesamt wurden die Daten von 1950 (2002), 3133 (2007), 2957 (2010) und 2688 Betrieben (2015) ausgewertet. Für jeden Betrieb der Stichprobe erfolgte eine Berechnung der Ammoniakemissionen mit dem Modell Agrammon. Die resultierenden mittleren Emissionsfaktoren (d.h. Stickstoffmenge pro Nutztier, die in Form von Ammoniak, NH_3 , emittiert wird) für 24 Nutztierkategorien jeder Betriebsklasse wurden mit den Gesamttierzahlen 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 2015 wurden aus der Landwirtschaft 42.5 kt Stickstoff (N) als Ammoniak (NH_3) emittiert. Mit einem Anteil von 93% war sie Hauptverursacherin der gesamten Ammoniakemissionen (45.7 kt NH_3 -N). Rund 3.2 kt NH_3 -N bzw. 7% der Gesamtemissionen stammten aus nicht-landwirtschaftlichen Quellen (Industrie/Gewerbe, Verkehr, Haushalte, Abfallbewirtschaftung). Innerhalb der Landwirtschaft trug die Tierproduktion mit einem Anteil von 93% (39.6 kt NH_3 -N) am stärksten zu den Emissionen bei. Die Verluste aus dem Pflanzenbau lagen bei 2.9 kt NH_3 -N. Die Kategorien Rindvieh und Schweine trugen mit 30.8 kt NH_3 -N und 5.9 kt NH_3 -N am stärksten zu den Emissionen aus der Tierproduktion bei (78% bzw. 15% des Totals der Tierproduktion; Abb. Z-1a). Die Anteile von Geflügel (1.6 kt NH_3 -N, 4.0%), der Pferde und anderen Equiden (0.6 kt NH_3 -N, 1.4%) und der Kleinwiederkäuer (0.8 kt NH_3 -N, 1.9%) waren relativ niedrig. Die Hofdüngerausbringung sowie Stall/Laufhof (43% bzw. 37% der Emissionen der Tierproduktion) waren die wichtigsten Emissionsstufen (Abb. Z-1b).

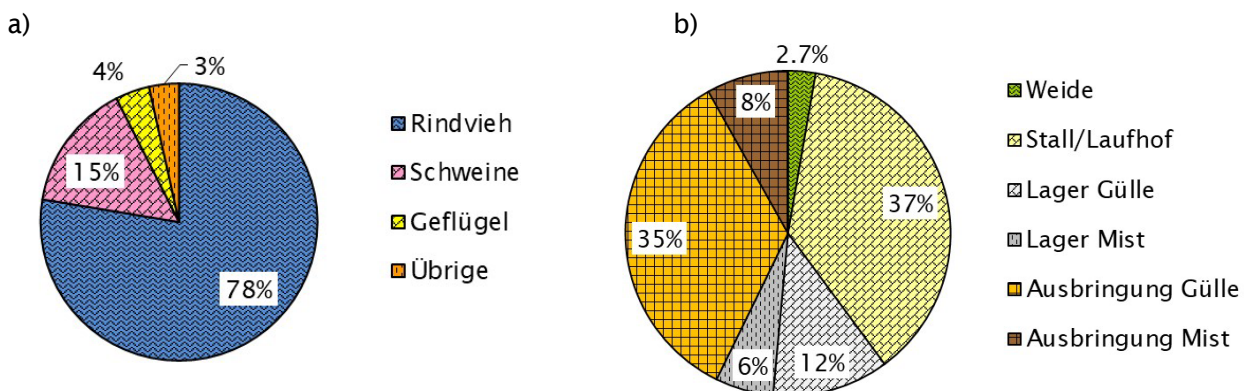


Abb. Z-1: Anteile der Haupttierkategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (a), Anteile der Emissionsstufen an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (b) für 2015

Die totalen Emissionen nahmen zwischen 1990 und 2015 um 17% und die landwirtschaftlichen Emissionen um 18% ab. Die NH_3 -Verluste aus der Tierproduktion und dem Pflanzenbau gingen um 16% und 35% zurück. Die Abnahme der Emissionen des Rindviehs und der Schweine betrug 14% bzw. 35%. Die Emissionen von Geflügel lagen 2015 um 15%, diejenigen der übrigen Nutztiere um 37% über dem Stand von 1990 (Tab. Z-1).

Tab. Z-1: Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen von Tierproduktion und Pflanzenbau zwischen 1990 und 2015 in kt NH₃-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

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	1995	2002	2007	2010	2015
	kt NH ₃ -N /a						%				
Rindvieh	35.9	34.7	29.9	31.9	31.3	30.8	-4%	-17%	-11%	-13%	-14%
Schweine	9.1	7.1	6.9	6.5	6.5	5.9	-22%	-25%	-29%	-29%	-35%
Geflügel	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.6	-7%	-14%	-3%	6%	15%
Übrige Nutztiere*	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	10%	26%	39%	48%	37%
Emissionen Tierproduktion	47.4	44.2	39.2	41.1	40.8	39.6	-7%	-17%	-13%	-14%	-16%
Emissionen Pflanzenbau	4.5	3.9	2.9	2.7	2.7	2.9	-12%	-36%	-41%	-41%	-35%
Total landwirtschaftliche Emissionen	51.9	48.1	42.1	43.8	43.4	42.5	-7%	-19%	-16%	-16%	-18%
Total nicht-landwirtschaftl. Emissionen	3.1	4.0	5.5	4.3	3.8	3.2	29%	79%	40%	23%	2%
Total Emissionen	55.0	52.1	47.6	48.1	47.2	45.7	-5%	-14%	-13%	-14%	-17%

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

Die Weideemissionen nahmen zwischen 1990 und 2015 um 74% und die Emissionen aus Stall/Laufhof um 34% zu. Die Anteile der NH₃-Verluste von Hofdüngerlager und -ausbringung gingen um 21% bzw. 38% zurück (Abb. Z-2). Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) betrugen im Jahr 1990 41% und im Jahr 2015 54% der Emissionen aus der Tierproduktion.

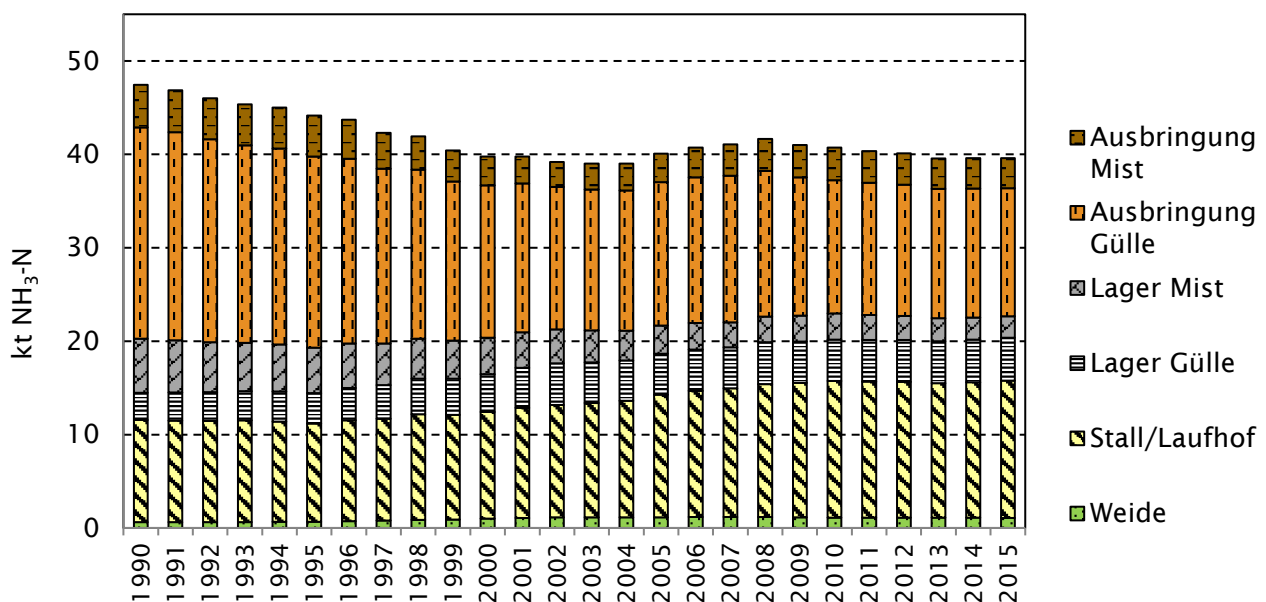


Abb. Z-2: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2015 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung in kt NH₃-N.

Die zeitliche Entwicklung der Emissionen aus der Tierproduktion, welche eine Abnahme bis 2003 und anschliessend einen ungefähr konstanten Verlauf zeigten, 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 16%

bzw. 18%, die hauptsächlich zwischen 1990 und 2000 stattfand, bewirkte eine Verminderung der NH_3 -Verluste, 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 NH_3 -Verluste aus der Landwirtschaft in den letzten Jahren wieder zugenommen.

Die Emissionsrechnung erfolgte mit einer neuen Modellversion von Agrammon. Diese berücksichtigt die aktuellen nationalen und internationalen methodischen Grundlagen und weist folgende wesentlichen Änderungen auf:

- N-Ausscheidung einzelner Nutztierkategorien sowie Anteil von TAN in den Ausscheidungen von Rindvieh (Milchkühe und übriges Rindvieh),
- Verluste von N durch Lachgas (N_2O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementaren Stickstoff (N_2) werden neu zur Korrektur des N-Flusses verwendet,
- Emissionsraten mineralische N-Dünger: Anwendung differenzierter Emissionsraten nach Düngertyp,
- Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen werden neu nicht mehr berücksichtigt.

Aufgrund dieser Änderungen liegen die Emissionen über die ganze Zeitreihe tiefer im Vergleich zu früheren Berechnungen. Für 2015 besteht eine Differenz von minus 5.1 kt NH_3 -N bzw. 12% im Vergleich zur Berechnung mit der früheren Version.

Der zeitliche Verlauf der seit dem Jahr 2000 durchgeführten Immissionsmessungen stimmt gut mit der Entwicklung der modellierten Emissionen zwischen 2002 und 2015 überein. Daraus lässt sich 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 (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 et 2015. Pour 2002, 2007, 2010 et 2015 les paramètres importants liés aux techniques de production ont été répertoriés à l'aide d'enquêtes. L'échantillon représentatif des exploitations est divisé en 32 classes (3 régions, 4 zones d'altitude, 5 types d'exploitation). Au total, les données de 1950 exploitations en 2002, de 3133 exploitations en 2007, de 2957 exploitations en 2010 et de 2688 exploitations en 2015 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 2015, les émissions d'ammoniac provenant de l'agriculture se montaient à 42,5 kt d'azote ($\text{NH}_3\text{-N}$). L'agriculture est ainsi le principal contributeur avec 93 % des émissions totales (45,9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). Environ 3,2 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, soit 7 % 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, avec 93 %, des émissions agricoles totales (39,6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). Les émissions issues de la production végétale se montaient à 2,9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Les catégories bovins et porcs constituaient, avec 30,8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ et 5,9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, la partie la plus importante des émissions en production animale, soit respectivement 78 % et 15 % ; fig. R-1a). Les proportions des émissions produites par la volaille (1,6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 4,0 %), les chevaux et autres équidés (0,6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$; 1,4 %) et les petits ruminants (0,8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$; 1,9 %) étaient relativement faibles. En 2015, l'épandage des engrais de ferme ainsi que les stabulations/parcours extérieurs constituaient les sources majeures, soit respectivement 43 % et 37 % des émissions provenant de la production animale (fig. R-1b).

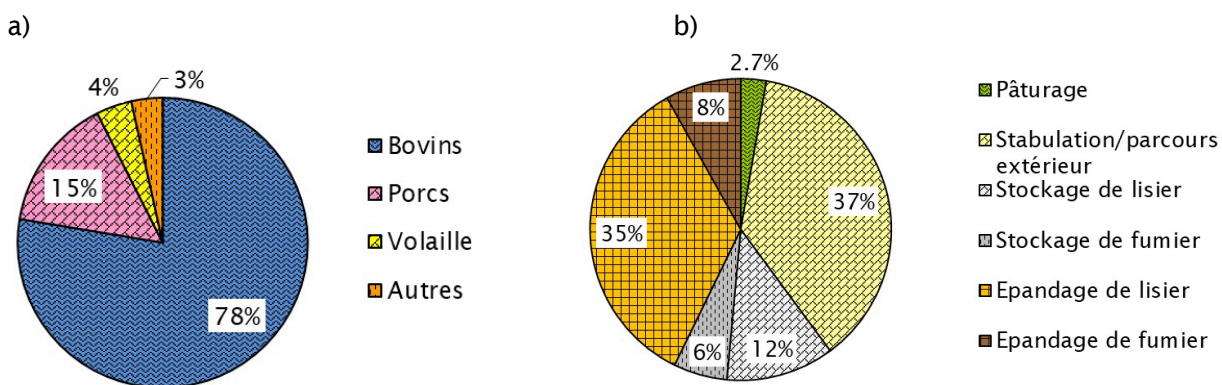


Fig. R-1: (a) contribution des principales catégories d'animaux aux émissions liées à la production animale en pourcentage ; (b) contribution des différentes sources dans les émissions liées à la production animale en pourcentage pour 2015.

Entre 1990 et 2015, les émissions totales ont diminué de 17 % et les émissions agricoles de 18%. Les émissions provenant de la production animale et de la production végétale ont reculé de 16% et 35%. Celles des bovins ont baissé de 14% et celles des porcs de 35%. Durant la même période, les émissions de la volaille ont augmenté de 15 % et celles des autres animaux de rente de 37 % (Tab. R-1).

Tab. R-1 : évolution des émissions d'ammoniac agricoles liées à la production animale et végétale entre 1990 et 2015, en kt NH₃-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.

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	1995	2002	2007	2010	2015
	kt NH ₃ -N /a						%				
Bovins	35.9	34.7	29.9	31.9	31.3	30.8	-4%	-17%	-11%	-13%	-14%
Porcs	9.1	7.1	6.9	6.5	6.5	5.9	-22%	-25%	-29%	-29%	-35%
Volaille	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.6	-7%	-14%	-3%	6%	15%
Autres animaux de rente*	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	10%	26%	39%	48%	37%
Emissions de la production animale	47.4	44.2	39.2	41.1	40.8	39.6	-7%	-17%	-13%	-14%	-16%
Emissions de la production végétale	4.5	3.9	2.9	2.7	2.7	2.9	-12%	-36%	-41%	-41%	-35%
Total émissions agricoles	51.9	48.1	42.1	43.8	43.4	42.5	-7%	-19%	-16%	-16%	-18%
Total émissions non- agricoles	3.1	4.0	5.5	4.3	3.8	3.2	29%	79%	40%	23%	2%
Total émissions	55.0	52.1	47.6	48.1	47.2	45.7	-5%	-14%	-13%	-14%	-17%

*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 74 % et de 34 % entre 1990 et 2015. Les émissions du stockage des engrais de ferme ont diminué de 21 % et celles de l'épandage de 38 % (fig. R-2). En 1990, les émissions dues aux sources ponctuelles (stabulation/parcours extérieur, stockage) représentaient 41 % des émissions provenant de la production animale. Ce chiffre a atteint 54 % en 2015.

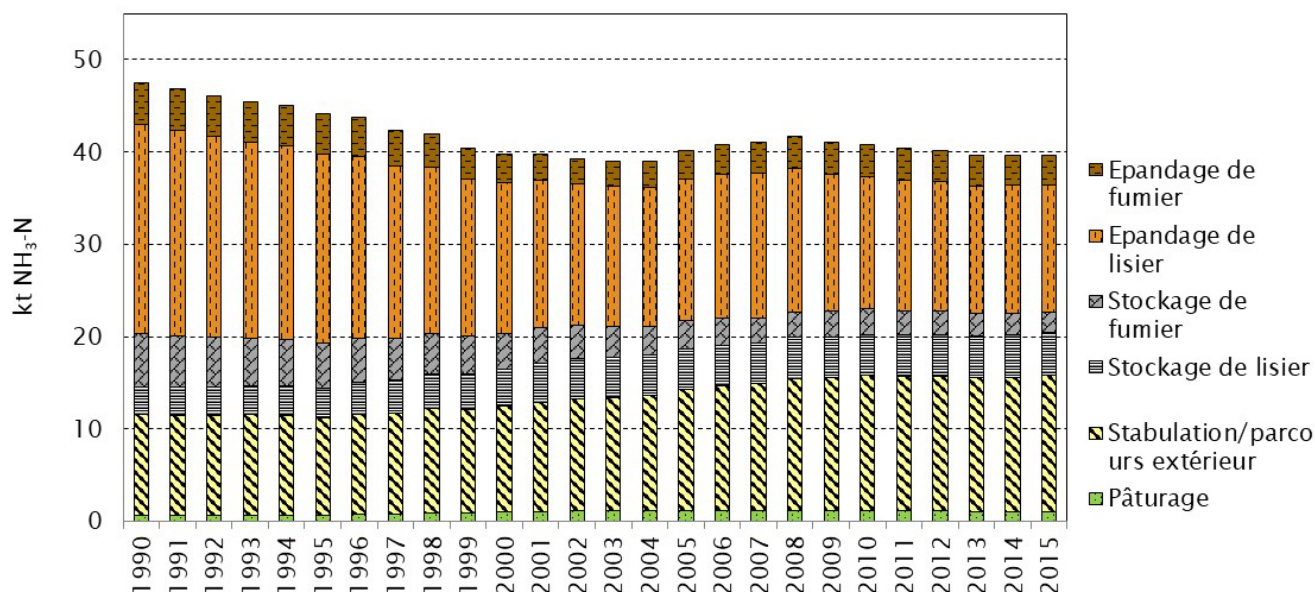


Fig. R-2 : Évolution des émissions d'ammoniac dues à la production animale entre 1990 et 2015, selon leur source (pâturage, stabulation/parcours extérieur, stockage des engrais de ferme, épandage des engrais de ferme), en kt NH₃-N.

L'évolution des rejets de la production animale, qui baissent jusqu'en 2003 puis se stabilisent à peu près, 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 16 % et 18 %, 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_3 de l'agriculture auraient encore augmenté ces dernières années.

Les émissions sont calculées grâce à une nouvelle version du modèle Agrammon, qui tient compte des bases méthodologiques nationales et internationales actuelles. Voici les principaux changements par rapport à la version précédente :

- l'excrétion de N de quelques catégories d'animaux et la proportion de TAN (N soluble) dans les excréments des bovins (vaches laitières et autres bovins) ont été révisées,
- les pertes en N sous forme de protoxyde d'azote (N_2O), de monoxyde d'azote (NO) et d'azote élémentaire (N_2) sont désormais utilisées pour corriger le flux de N,
- utilisation de taux d'émission différenciés par type d'engrais minéraux azotés,
- désormais, les émissions des sols agricoles et de la végétation ne sont plus prises en compte.

En raison de ces changements, les émissions sont moins élevées sur l'ensemble de la série qu'avec l'ancienne méthode de calcul. Pour 2015, il y a une différence de 5,1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, soit - 12 % par rapport à la version précédente du calcul.

L'évolution dans le temps des émissions mesurées depuis l'an 2000 concorde bien avec celle des modélisations entre 2002 et 2015. 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 calculating its ammonia emissions and reporting the results. 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 and 2010. For the calculations of 2002, 2007 and 2010, the relevant farm management parameters were assessed on the basis of representative stratified surveys which included 32 farm classes (three geographical regions and four altitude zones, five farm types). In total, data from 1,950 farms (2002), 3,133 farms (2007), 2,957 farms (2010) and 2,688 farms (2015) were evaluated. For each farm included in the sample, 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, NH_3) for 24 livestock categories of each farm class were used, together with the total number of livestock, to calculate the total national emissions. Additionally, the emissions from plant production 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 judgments.

In 2015, 42.5 kt of nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) were emitted from agriculture as ammonia. With a proportion of 93%, agriculture was the major source of the total ammonia emissions (45.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). About 3.2 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ (7% of total emissions) originated from non-agricultural sources (industry/trade, traffic, private households, waste management). Within the agricultural emissions, livestock production contributed the most important portion of the emissions with 93% (i.e. 39.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). The losses from plant production were 2.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. The cattle and pigs categories contributed most to the emissions from livestock (30.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ and 5.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, respectively, and 78% and 15%, respectively, of the total emissions from livestock; Fig. S-1a). The proportions of poultry (1.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 4.0%), horses and other equids (0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 1.4%) and small ruminants (0.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 1.9%) were relatively low. Manure spreading and housing/exercise yards were the most important emission stages, contributing 43% and 37%, respectively, to the emissions from livestock (Fig. S-1b).

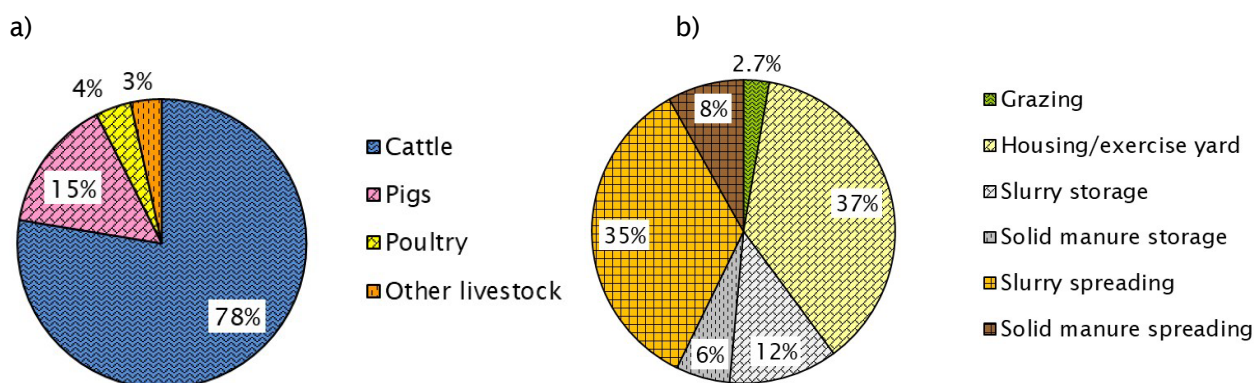


Fig. S-1: (a) Percentage contributions of the main livestock categories to the livestock emissions, and (b) percentage contributions of the different emission stages to the livestock emissions in 2015.

Total emissions decreased by 17% and agricultural emissions by 18% between 1990 and 2015. In this period, the losses from livestock and from plant production were reduced by 16% and by 35%, respectively. The decline of the emissions was 14% for cattle and 35% for pigs. Conversely, ammonia emissions increased by 15% for poultry and by 37% for the other livestock categories (Table S-1).

Table S-1: Evolution of the agricultural ammonia emissions from livestock and plant production between 1990 and 2015, in kt NH₃-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.

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	1995	2002	2007	2010	2015
	kt NH ₃ -N /a						%				
Cattle	35.9	34.7	29.9	31.9	31.3	30.8	-4%	-17%	-11%	-13%	-14%
Pigs	9.1	7.1	6.9	6.5	6.5	5.9	-22%	-25%	-29%	-29%	-35%
Poultry<	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.6	-7%	-14%	-3%	6%	15%
Other livestock categories*	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	10%	26%	39%	48%	37%
Emissions livestock	47.4	44.2	39.2	41.1	40.8	39.6	-7%	-17%	-13%	-14%	-16%
Emissions plant production	4.5	3.9	2.9	2.7	2.7	2.9	-12%	-36%	-41%	-41%	-35%
Total agricultural emissions	51.9	48.1	42.1	43.8	43.4	42.5	-7%	-19%	-16%	-16%	-18%
Total non-agricultural emissions	3.1	4.0	5.5	4.3	3.8	3.2	29%	79%	40%	23%	2%
Total emissions	55.0	52.1	47.6	48.1	47.2	45.7	-5%	-14%	-13%	-14%	-17%

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

Emissions originating from grazing increased by 74% and from housing/exercise yard by 34%. The proportions of the emissions from manure storage and manure application were reduced by 21% and 38%, 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 41% in 1990 and 54% in 2015, respectively.

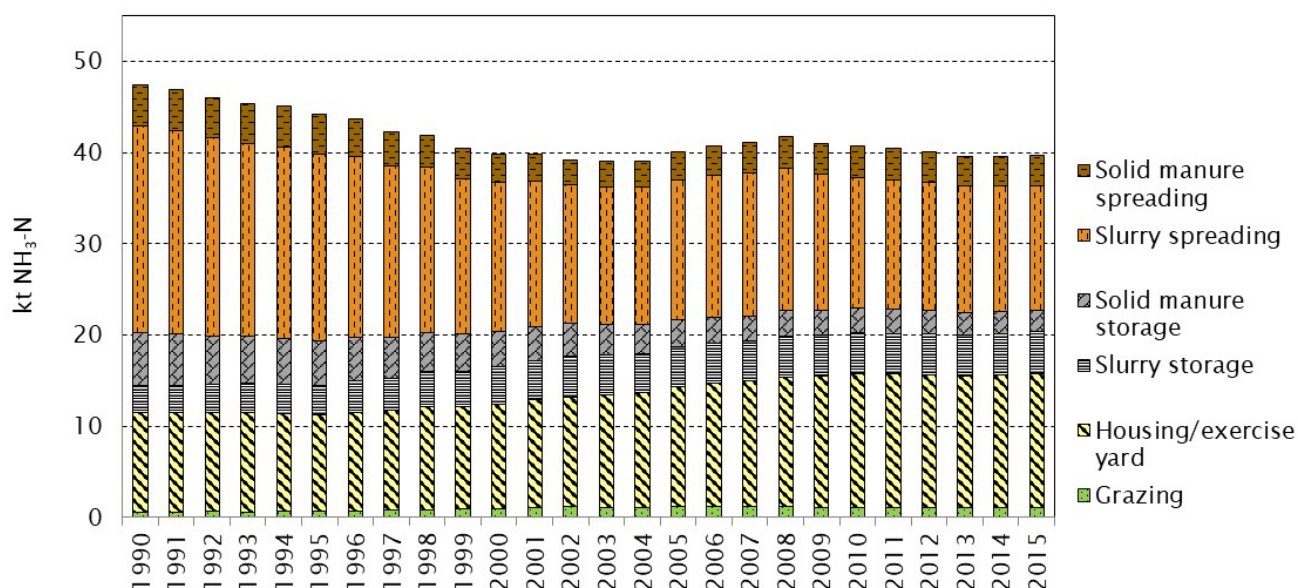


Fig. S-2: Evolution of the ammonia emissions from livestock production between 1990 and 2015 from the emission stages grazing, housing/exercise yard, manure storage and manure spreading in kt NH₃-N.

The development of emissions from livestock show a decrease until 2003. From this year onwards, the losses remained at a relatively constant level. This trend 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 littered areas or combined lying-feeding cubicles connected to an 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 16% and 18%, respectively, which

mainly occurred between 1990 and 2000, induced an emission reduction. The same applies to the increase in 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 losses of 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. It considers the current national and international methodological basis which has the following modifications:

- N-excretion of some livestock categories and proportion of TAN in the excretions of cattle (dairy cows, other cattle),
- Losses of N due to nitrous oxide (N_2O), nitrogen monoxide (NO) and diatomic nitrogen (N_2) are used to correct the N-flow,
- Emission rates of mineral N-fertilizers: use of differentiated emission rates according to the type of fertilizer,
- Emissions from agricultural soils and from the canopy are no longer included.

Due to these modifications, the emissions over the entire time series are lower compared to earlier calculations. For 2015, the results differ by 5.1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ and 12% compared to the data generated with the previous version.

The temporal trend of the emission measurements carried out since 2000 comply well with the evolution of the emissions modelled for the period 2002 to 2015. It can thus 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. 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, 2016) 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 Vollzugsinstruments¹. Das Emissionsmodell Agrammon für landwirtschaftliche Einzelbetriebe ist direkt übers Internet zugänglich (www.agrammon.ch) und umfassend dokumentiert. Es bildet so eine Plattform, die allgemein zugänglich ist, und die in Bezug auf die Abbildung und

¹ z.B. Massnahmenplan Luftreinhaltung (Teilrevision 2016) Verordnung zum Massnahmenplan Luftreinhaltung (Änderung) (vom 13. Januar 2016); URL https://awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/luft_klima_elektrosmog/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 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 für die Zeitreihe der Emissionen der Landwirtschaft von 1990 bis 2015 detailliert Auskunft. In der Zeitreihe ebenfalls aufgeführt werden die nicht-landwirtschaftlichen Emissionen (FOEN, 2018a).

2 Material und Methoden

2.1 Landwirtschaftliche Emissionen: Modell und Berechnungsmethoden

2.1.1 Einführung

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

Das Modell entspricht den Anforderungen des internationalen Handbuchs zur Erstellung von Emissionsinventaren (EEA, 2016). Die Modellgrundlagen basieren auf dem aktuellen Stand der Kenntnisse. Sie sind dokumentiert und online zugänglich (<http://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 Tierhaltung (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) ab. Die Emissionen beim Einsatz von mineralischen N-Düngern und Recyclingdüngern im Pflanzenbau werden ebenfalls berücksichtigt (Abbildung 1). Die zeitliche Auflösung des Modells Agrammon beträgt gleich wie bei andern Inventarmodellen (z.B. GAS-EM Rösemann et al., 2017) ein Jahr.

Für die Emissionen ist nicht in erster Linie der gesamte von den Tieren ausgeschiedene Stickstoff (N_{tot}) relevant, sondern vor allem der lösliche Stickstoff (TAN; Englisch: Total Ammoniacal Nitrogen). Dieser bildet die Basis zur Bildung von Ammoniak (NH_3), der aus dem mit dem Urin ausgeschiedenen Harnstoff bei gleichzeitiger Anwesenheit von festen Exkrementen (Kot) ent-

steht. Bei den Emissionsstufen Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager fest, Hofdüngerausbringung werden die Ammoniakverluste 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^2). Bei der Mistlagerung wird zusätzlich die Immobilisierung eines gewissen Anteils des TAN und bei der Güllelagerung die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff zu TAN berücksichtigt. Zusätzlich werden die Verluste von Lachgas (N_2O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementaren Stickstoff (N_2) 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. Die Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden werden gemäss den Vorgaben des EMEP/EEA-air pollutant emission inventory guidebook (EEA 2016) in der neuen Modellversion 5.0. nicht mehr berücksichtigt.

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

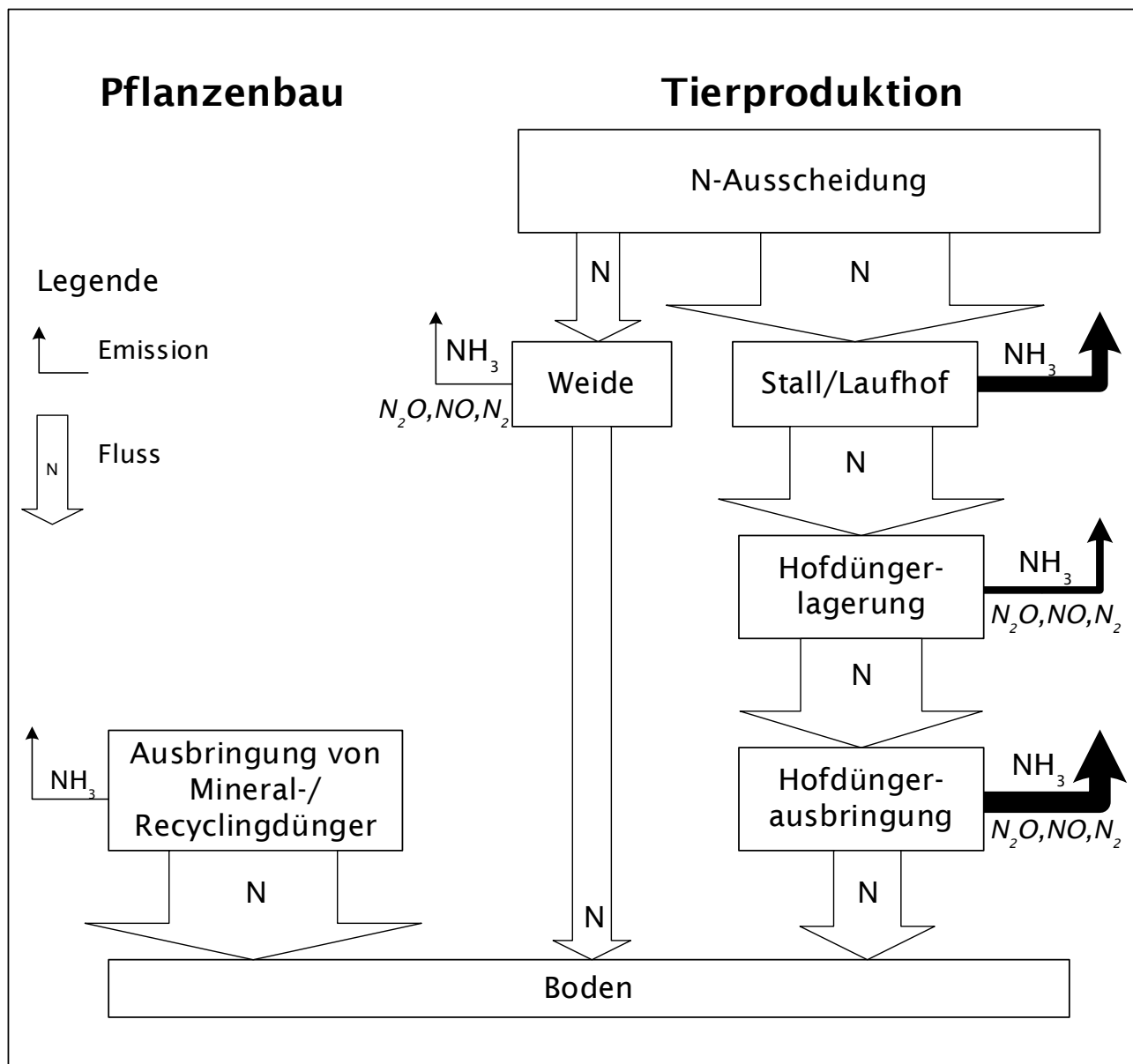


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Stickstoffflussmodells, das dem Model Agrammon hinterlegt ist.

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 verfügbar². 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 basierten für die Erstellung des Ammoniakemissionsinventars der Schweiz auf Daten aus Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik oder wurden von andern Grundlagen hergeleitet, soweit keine Daten aus Umfragen verfügbar waren (vgl. Kap. 2.1.7).

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).

Während die Dokumentation in fast beliebiger Struktur erstellt werden kann, wird für die mathematische Beschreibung der Prozesse eine klar definierte „maschinenlesbare“ Struktur verwendet. Die Formeln werden in der (in einzelnen Aspekten vereinfachten) Syntax der Programmiersprache Perl beschrieben.

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

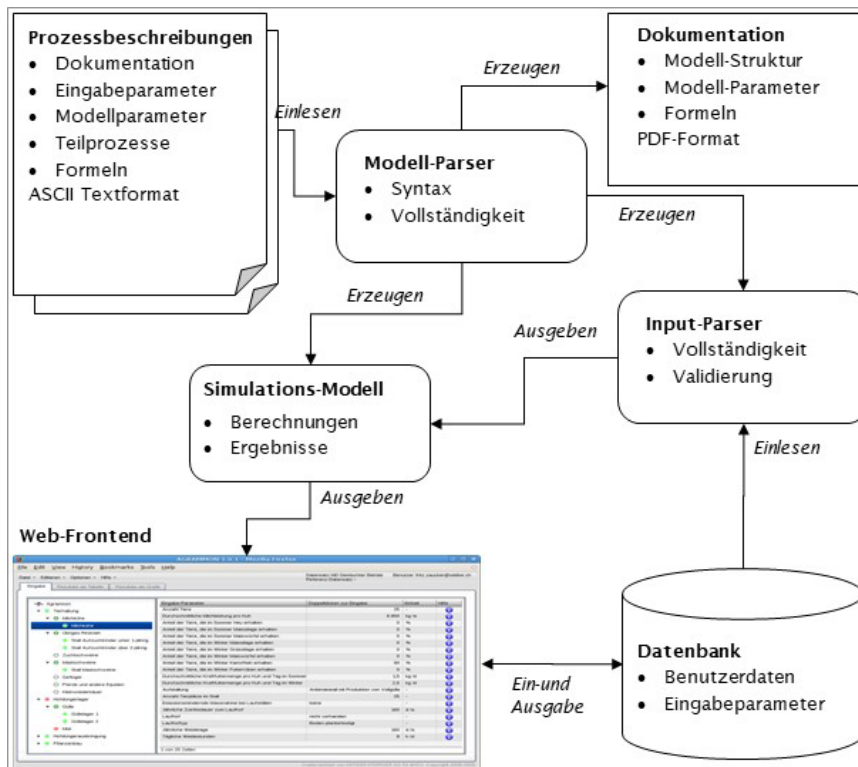


Abbildung 2: Schematische Darstellung der verschiedenen Komponenten des Einzelbetriebsmodells. Der Modell-Parser liest die Prozessbeschreibungen ein und erzeugt daraus einerseits das eigentliche Simulations-Modell und die Einleseschnittstelle (Input-Parser) für die Berechnung und andererseits die Benutzerschnittstelle (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 ebenfalls in Perl implementiertes Programm (Parser) liest die einzelnen Module ein und generiert anhand der darin beschriebenen Abhängigkeiten automatisch
 - ein ausführbares Simulations-Programm
 - Einlese Routinen (Input-Parser) für die technischen Parameter und für Eingabeparameter.
 - ein Web-Frontend (Benutzer-Interface) zur Bedienung des Einzelbetriebsmodells (Eingabe von Eingabeparametern, eigentliche Berechnung sowie Darstellung der Resultate).
 - eine druckbare Dokumentation aller Prozessbeschreibungen.
- c) Alle beschriebenen Komponenten des Modells Agrammon werden mit einem Versionsverwaltungsprogramm (Revision Control System) gespeichert, so dass Änderungen an allen Elementen jederzeit nachvollzogen und allenfalls auch rückgängig gemacht werden können.

Weitere Details zum Modell Agrammon sind auf der Agrammon-Website dargestellt³.

2.1.3.2 Implementierung des Modells

Die Version Einzelbetriebsmodell ist als Web-Applikation implementiert. Durch den Einsatz moderner Web 2.0 Technologien konnte eine Benutzer-Schnittstelle implementiert werden, die einen vergleichbaren Komfort bietet wie lokal auf dem Arbeitsplatzrechner installierte

³ <http://agrammon.ch>

Software. Der Zugang zum Modell Agrammon erfolgt über <http://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 Email-Adressen zur Verfügung. Um den Support-Aufwand minimal zu halten, können neue Benutzer-Konten (Benutzername und Passwort) vom Benutzer selbst über das Web-Interface erstellt werden.

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

2.1.4 Neuerungen in der verwendeten Modellversion

Für die Berechnung des Ammoniakinventars 2010 wurde die Agrammon Modellversion 4.0 (Kupper et al., 2013) verwendet. Das Modell wurde seither weiter verbessert und dem neuen Stand der Kenntnisse angepasst. Die Berechnung des Ammoniakinventars 2015 erfolgte mit der aktuellen Version 5.0 (2561). Um eine homogene Zeitreihe sicherzustellen, wurden alle Hochrechnungen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 mit dieser Version neu berechnet. Die gegenüber Version 4.0 eingeführten Änderungen der technischen Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der technischen Parameter inkl. Begründung der Änderungen ist im Dokument „Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon“⁴ enthalten.

Tabelle 1: Technische Parameter von Version 4.0 und Version 5.0

Parameter	Version 4.0*	Version 5.0**	Grundlagen, Bemerkungen
N-Ausscheidung der Nutztierkategorien	GRUDAF 2009	GRUD 2017	Detaillierte Angaben in Kap. 2.1.6.1 und Anhang 7.3; GRUDAF 2009 (Flisch et al., 2009); GRUD 2017 (Richner et al., 2017)
Anteil von TAN in den Ausscheidungen von Rindvieh (Milchkühe und übriges Rindvieh)	60%	55%	Weitere Angaben in Kap. 2.1.6.2 und Anhang 7.3
Korrekturen gemäss Fütterung für Milchkühe und Schweine	Gemäss Angaben in Kap. 2.1.6.3, Anhang, 7.4		
Emissionsraten mineralische N-Dünger	15% N für Harnstoff; 2% N für übrige mineralische N-Dünger	Differenzierte Emissionsraten nach Düngertyp	Emissionsraten der einzelnen Düngertypen gemäss EEA (2016) in Anhang 7.8
Emissionen aus landw. Böden + Pflanzenbeständen	2 kg NH ₃ -N pro ha und Jahr	0 kg NH ₃ -N pro ha und Jahr	Änderung entsprechend EEA (2016), weitere Angaben in Kap. 2.2.2

* Version 4.0, Buildnummer 2140** Version 5.0, Buildnummer 2561

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

Innerhalb der Emissionsstufen Tierhaltung (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest), Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) haben neben NH₃ auch Verluste von Lachgas (N₂O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementarem Stickstoff (N₂) Einfluss auf den N-Fluss. Im Hinblick auf ein konsistentes Vorgehen innerhalb der verschiedenen Emissionsmodelle (z.B. Rösemann et al., 2017; van Bruggen et al., 2014), wird diese Korrektur des N-Flusses neu auch in Agrammon durchgeführt (vgl. Abbildung 1). Die Rapportierung der Emissionen von N₂O und NO erfolgt aber nicht mittels Agrammon, sondern im Rahmen des nationalen Treibhausgas-Inventars der Schweiz (FOEN, 2018b).

Tabelle 2: Technische Parameter neu in Version 5.0: Emissionsraten (ER) von Lachgas (N₂O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementarer Stickstoff (N₂) zur Korrektur des N-Flusses

Tierkategorie	ER N ₂ O	ER NO	ER N ₂	Einheit	Grundlage
Systeme mit Produktion von Vollgülle oder Gülle und Mist; N-Fluss in Vollgülle bzw. Gülle					N ₂ O: IPCC (2006) v4_10_Ch10; Tab. 10.21 NO: gleiche Werte angenommen wie für N ₂ O entsprechend van Bruggen et al. (2014)
Rindvieh, Schweine	0.2	0.2	2	% N*	
Systeme mit Produktion von Gülle und Mist; N-Fluss in Mist					N ₂ : Werte übernommen von van Bruggen et al. (2014) oder gleiches Verhältnis N ₂ O zu N ₂ angenommen wie van Bruggen et al. (2014), d.h. in der Regel 1:5
Rindvieh	0.5	0.5	2.5	% N*	
Systeme mit Produktion von ausschliesslich Mist; N-Fluss in Mist					
Rindvieh, Schweine, Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, weitere Raufutterverzehr	1	1	5	% N*	
Geflügel	0.1	0.1	2.5	% N*	

*N = Gesamtstickstoff, N_{tot}

Die Grundlagen für die Berechnung der Verluste von N₂O, NO, N₂ basieren auf Kupper (2016). Die Emissionsraten stützen sich soweit wie möglich auf die 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006) ab. Sie basieren auf dem Fluss des Gesamtstickstoffs (N_{tot}) in die jeweilige Emissionsstufe in Prozent. Die Verluste von N₂O, NO, N₂ werden vom TAN-Fluss aus dem Lager abgezogen.

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 3, 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 Strukturerhebung 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 Daten⁵ basieren auf der Strukturerhebung nach Referenztag 1. Januar.

⁵ z.B. „Nutztierhalter und Nutztierbestände“

URL: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/landforstwirtschaft/landwirtschaft.assetdetail.2348914.html> (10.10.2017)

„Landwirtschaftliche Betriebe und Nutztiere auf Klassifizierungsebene 3 nach Kanton“

URL: https://www.pxweb.bfs.admin.ch/Selection.aspx?px_language=de&px_db=px-x-0702000000_108&px_tableid=px-x-0702000000_108\px-x-0702000000_108.px&px_type=PX (10.10.2017)

Tabelle 3: Im Modell Agrammon berücksichtigte Tierkategorien (vgl. Anhang 7.2.1)

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

*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 Inventarrechnung (einzelbetriebliche Rechnung, Kap. 2.1.7.5; Hochrechnung, Kap. 2.1.10) benutzt die Tierzahl nach Referenztag (vgl. 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., 2017). Die zeitliche Auflösung der Inventarrechnung bezieht sich damit auf ein Jahr.

2.1.5.3 Herleitung der Anzahl Tiere der Rindviehkategorien nach 2008

Die Grundlage für die Tierzahlen der Rindviehkategorien bildete bis 2008 die landwirtschaftliche Strukturerhebung 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 2009 basieren die Tierzahlen für das Rindvieh auf der Tierverkehrsdatenbank (TVD). Die TVD kategorisiert ausschliesslich nach Alter und Geschlecht der Tiere. Basierend auf diesen Daten publiziert das BFS jährlich die Tierzahlen für 10 Rindviehkategorien (BFS, 2016a; vgl. Anhang 7.2.5). Die Tierzahlen für Milchkühe und Mutterkühe lassen sich direkt aus den Kat. X1110 bzw. X1150 herleiten. Die übrigen Rindviehkategorien wurden seither basierend auf einer einfachen Methode wie beschrieben in Kupper et al. (2013) geschätzt. Diese basiert auf dem Mittelwert 2000-2008 des Verhältnisses der jeweiligen Tierkategorie zur Summe von Milchkühen und Mutterkühen. Da die Grundlagedaten in der Vergangenheit liegen und sich aktuelle Tierzahlen bzw. deren Verhältnisse untereinander mit der Zeit verschieben können, ist zu befürchten, dass die so berechneten Tierzahlen stark von der Realität abweichen können. Aus diesem Grund wurde nach andern Möglichkeiten zur Schätzung der Anzahl der übrigen Rindviehkategorien gesucht.

In einem ersten Schritt wurde mittels einer Literaturrecherche nach einer geeigneten Methode zur Schätzung der Anzahl Tiere der übrigen Rindviehkategorien gesucht. Eine solche Methode war nicht verfügbar, weshalb ein eigener Ansatz entwickelt wurde mit dem Ziel, die jährlichen

Tierzahlen in den verschiedenen Kategorien basierend auf den jährlich verfügbaren Daten möglichst genau zu schätzen. Die Schätzung der Tierzahlen für die Rindviehkategorien Aufzuchtrinder unter 1-jährig, Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig, Aufzuchtrinder über 2-jährig, Mutterkuhkälber, Masttiere Rindviehmast und Mastkälber erfolgte mittels linearer Modelle. Das Vorgehen ist in Anhang 7.2.3 beschrieben.

In Abbildung 3 sind die Tierzahlen aus Kupper et al. (2013) den neu modellierten Zahlen gegenübergestellt. Die gewählte Methode führt zu ähnlichen Tierzahlen wie das frühere Vorgehen. Die aktuelle Methode hat jedoch den Vorteil, dass sie auf Zahlen des jeweiligen Jahres⁶ basiert und nicht auf Daten aus der Vergangenheit, für welche bei strukturellen Veränderungen eine verminderte Schätzgenauigkeit zu erwarten ist.

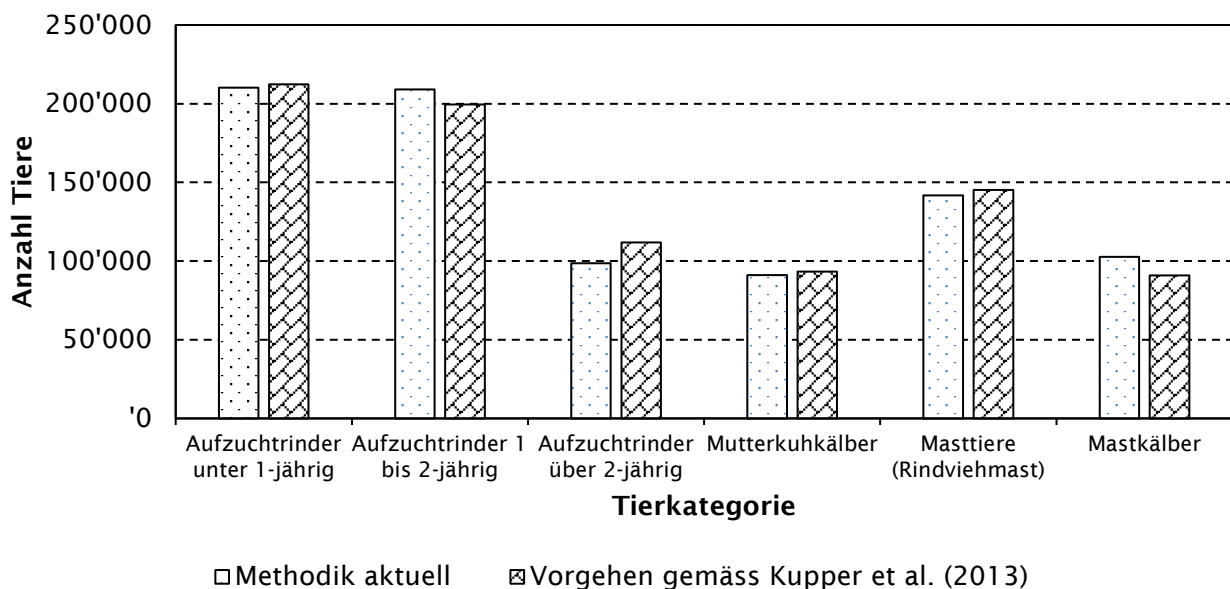


Abbildung 3: Tierzahlen verschiedener Rindviehkategorien 2015 geschätzt gemäss aktueller Methode im Vergleich zum Vorgehen von Kupper et al. (2013).

Für die Betriebe der Umfrage zur Erhebung der landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 (im Folgenden „Umfrage HAFL 2010“ bzw. „Umfrage HAFL 2015“ genannt; vgl. Kap. 2.1.7) wurden die Tierzahlen der übrigen Rindviehkategorien aufgrund der Verteilung der angegebenen Stallsysteme der Umfrage HAFL 2010 bzw. 2015 hergeleitet. Das Vorgehen ist in Anhang 7.2.4 (S. 82ff) tabellarisch dargestellt.

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 7.3 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.

⁶ Tierzahlen der Kategorien X1110, X1150, X1199 werden vom Bundesamt für Statistik generiert und die geschlachteten Tiere (Kälber, Ochsen, Rinder) von Proviande in „Der Fleischmarkt im Überblick“ jährlich publiziert. <https://www.proviande.ch/de/dienstleistungen-statistik/statistik/publikationen/archiv.html> (04.10.2017)

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

2.1.6.2.1 Milchkühe und übrige Rindviehkategorien

Die Rechnungen mit dem Modell von A. Münger, Agroscope (vgl. Menzi et al., 2016a), auf welchen die GRUD Ausscheidungswerte für Milchkühe basieren, liefern einen mittleren TAN-Anteil von 55% N (vgl. Kap. 2.1.6.2). Der bisherige Wert für Agrammon betrug 60%. Der revidierte Wert ist vergleichbar mit Daten aus der Literatur (Johnson et al., 2016; Spek et al., 2013) und den TAN-Anteilen, die in andern Emissionsmodellen implementiert sind:

- Grossbritannien: 55%
(mündliche Mitteilung T. Misselbrook, Rothamsted Research, North Wyke)

- Deutschland: 55%
(mündliche Mitteilung S. Wulf, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL, Darmstadt)
- Dänemark: 45%
(mündliche Mitteilung N. Hutchings, Department of Agroecology, Aarhus University)
- Niederlande ohne Weidegang: 57%, mit Weidegang: 60% (van Bruggen et al., 2013).

Der TAN Anteil von 55% wird für Milchkühe und alle übrigen Rindviehkategorien angewendet.

2.1.6.2.2 Übrige Tierkategorien

Die TAN Anteile in den Ausscheidungen der übrigen Tierkategorien bleiben unverändert: Schweine: 70%; Geflügel: 60%; Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer. Für die in die Modellversion 5.0 neu aufgenommenen Kategorien weitere Raufutterverzehrer und Kaninchen wird ebenfalls 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 2015 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 1990-2015 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 Futterverzehr 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., 2016a), welche neben Gras im Sommer und Dürpfutter 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:

Ausscheidung TAN [kg TAN pro Jahr] =

Ausscheidung N nach Korrektur Milchleistung [kg N pro Jahr] x 0.55 + (Ausscheidung N nach Korrektur Grundfutterkomponenten, Kraftfutter - 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 4 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 4 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

Milchleistung		
Je 1000 kg geringere Leistung als 7500 kg: - 5%		
Je 1000 kg höhere Leistung als 7500 kg: +5%		
Grundfutterkomponenten		
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%
Kraftfutter		
Sommer		
$\text{Nex}_{\text{nach Korrektur Milchleistung/Grundfutterkomponenten}} * (-0.0197 * \text{Kraftfuttermenge Sommer} + 1.0393)$		
Winter		
$\text{Nex}_{\text{nach Korrektur Milchleistung/Grundfutterkomponenten}} * (0.0145 * \text{Kraftfuttermenge Winter} + 0.9594)$		

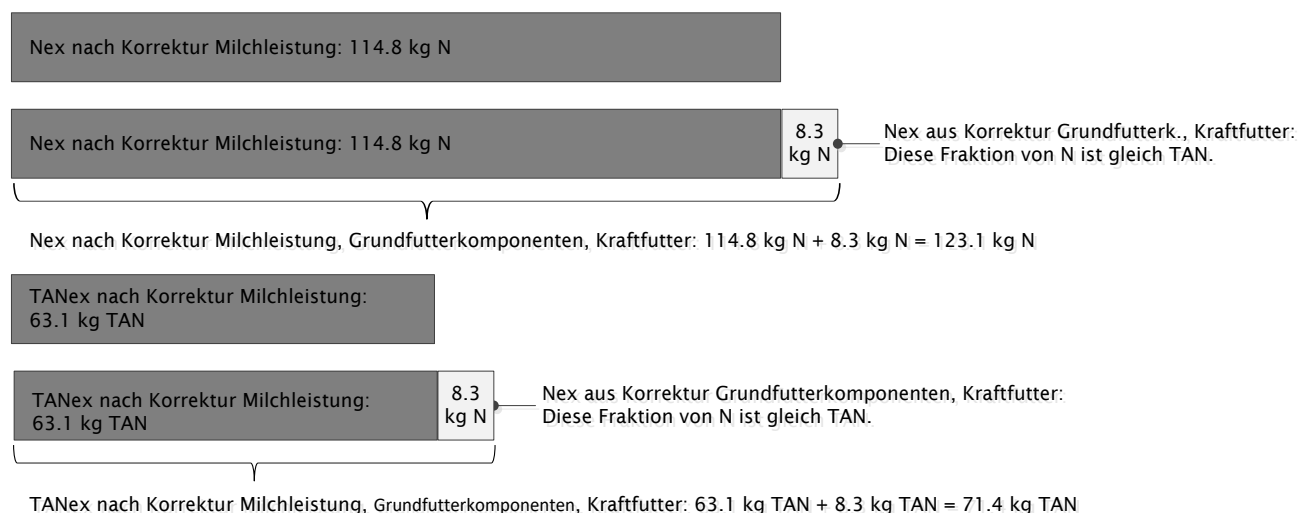


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Implementierung der Korrekturen bezüglich der N-Ausscheidung von Milchkühen und der Auswirkungen auf die ausgeschiedene TAN-Menge. Parameter des gewählten Beispiels: Milchleistung: 8000 kg pro Jahr, Grundfutterkomponenten: nur Gras im Sommer, Mais- und Grassilage 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 2015 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 Agridea, BLW (2016) basiert, sind in Anhang 7.5 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 7.12 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 (Anhang 7.5). 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 auf einander 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. Letzteres ist dann der Fall, wenn mehrere Umtriebe pro Jahr vorkommen, die Tiere mittels Rein-Raus-Verfahren gehalten werden (z.B. Mastpoulets, Mastschweine) und der Referenztag 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 Referenzdatum, würde damit nur Tierplätze einschliessen, welche belegt sind. 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 mit einer Tierzahl gerechnet, die an einem Referenztag erhoben wurde, müsste entweder die Tierzahl oder die N-Ausscheidung korrigiert werden, sofern die N-Ausscheidung wie definiert nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) verwendet wird. Da im Rahmen der Inventarrechnung mit Zahlen gerechnet werden soll, die mit den vom BFS publizierten Daten übereinstimmen und die über die ganze Zeitreihe verfügbar sind, muss die N-Ausscheidung korrigiert werden. Aus rechnerischen Gründen erfolgt dies via Korrektur der Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.9). Da sich die Emissionsfaktoren direkt proportional mit der Ausscheidung verändern, führt dieses Vorgehen zum gleichen Ergebnis wie bei einer Korrektur der N-Ausscheidung.

Die Korrektur wird für Mastschweine und Mastpoulets angewendet, da bei diesen Tierkategorien die Differenzen der Tierzahlen erhoben nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt relativ gross sind und einen relativ grossen Anteil denzu Gesamtemissionen beitragen. Die Grundlagen und die Herleitung der Korrekturfaktoren sind in Anhang 7.6 aufgeführt.

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 und 2015. 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 und 2015

Die Umfragen erfolgten mittels per Post verschickter Fragebogen⁷. Eine nach Betriebsklassen geschichtete Stichprobe von 3877 (2002), 6565 (2007), 6351 (2010) und 5813 (2015) 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% und 10.9% (2002, 2007 2010 bzw. 2015) der Landwirtschaftsbetriebe der Schweiz (Anzahl Betriebe: 2002: 67'421; 2007: 61'764; 2010: 59'065; 2015: 53'306). Damit wurden 3.8%, 7.2%, 6.9% und 14.9% (2002, 2007 2010 bzw. 2015) der Grossvieheinheiten (GVE) erfasst (Anzahl GVE total: 2002: 1'305'375; 2007: 1'293'283; 2010: 1'325'666; 2015: 1'267'949).

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

Die ausgefüllten Fragebogen wurden nach der Rücksendung von Hand auf Vollständigkeit kontrolliert. Darauf erfolgte eine Überprüfung der resultierenden Datensätze auf Vorhanden-

⁷ Verfügbar unter <https://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>
«Muster des Fragebogens der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2015»

sein der Aktivitätsdaten (v.a. Tierzahlen und LN) aus der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung des BFS (BFS, 2011), sowie Mindestanforderungen betreffend Betriebsgrösse, Angaben zu Aufstallung, Hofdüngerlager und -ausbringung für wichtige Tierkategorien. Schlussendlich verblieben 1950 (2002), 3133 (2007), 2957 (2010) und 2688 (2015), auswertbare Datensätze, was 50.3%, 47.7%, 46.6% bzw. 46.2% der verschickten Fragebogen entspricht. Tabelle 7 zeigt, dass der Rücklauf für 22 der 40 Betriebsklassen dem Soll entspricht.

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 ^a	
1 Ost Schweiz: GR, SG, AR, AI, TG, SH, ZH, SZ, UR, GL			1 Talregion: (VIKA 31)	
2 Zentral Schweiz: AG, BL, BS, LU, ZG, OW, NW, SO, BE			2 Hügelregion: (VIKA 41, 51)	
3 West/Süd Schweiz: JU, NE, VD, FR, GE, VS, TI			3 Bergregion: (VIKA 52, 53, 54)	
c) Betriebstypen	OAF ^b /LN ^c	RiGVE ^d /GVE ^e	SG ^f /GVE	Betriebstypologie ^g
1 Pflanzenbaubetriebe	>70%	-	-	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

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

^b Offene Ackerfläche

^c Landwirtschaftliche Nutzfläche

^d Rinder Grossvieheinheit

^e Grossvieheinheit

^f Schweine- und Geflügel-Grossvieheinheit

^g Betriebstypologie gemäss Hoop, Schmid (2016)

Zur Überprüfung der Repräsentativität der auswertbaren Datensätze wurden wichtige Grössen (durchschnittliche LN, mittlerer Nutztierbestand in GVE) mit der Grundgesamtheit innerhalb der einzelnen Klassen verglichen (Tabelle 7). Für die Mehrheit der Klassen stimmte die mittlere LN und die Anzahl GVE der auswertbaren Datensätze relativ gut mit der Grundgesamtheit überein. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Stichprobe nur Betriebe enthielt, welche die oben aufgeführten Anforderungen an die Mindestgrösse erfüllten. Deshalb liegt die mittlere landwirtschaftliche Nutzfläche und die mittlere Anzahl GVE der ausgewerteten Betriebe in den meisten Fällen über den gemittelten Werten der Grundgesamtheit. Die Resultate der vorliegenden Auswertung weisen insgesamt darauf hin, dass die aus der Umfrage resultierenden Datensätze eine repräsentative Stichprobe der Grundgesamtheit darstellen.

Tabelle 7: Charakterisierung der Betriebsklassen zur Auswertung der Umfrage 2015. Die zwei Spalten rechts zeigen die mittlere landwirtschaftliche Nutzfläche und die mittlere Anzahl GVE der ausgewerteten Datensätze in Prozent der gemittelten Werte der Grundgesamtheit

Betriebsklasse	Geographische Region	Betriebstyp	Höhenstufe	Umfang der Stichprobe (Anzahl Betriebe)	Datensätze zur Auswertung (Anzahl Betriebe)	Rücklauf der Fragebogen (% Soll)	Anteil LN in% der Grundgesamtheit	Anteil GVE in% der Grundgesamtheit	Mittelw. der LN der Betriebe der Stichprobe in% der gemittelten LN der Grundgesamtheit	Mittelw. der GVE der Betriebe der Stichprobe in% der gemittelten GVE der Grundgesamtheit
1	Ost Schweiz	Pflanzenbaubetrieb	Tal	86	36	86%	2.4%	3.1%	128%	163%
2		Pflanzenbaubetrieb	Hügel/Berg	64	23	115%	37.2%	34.0%	184%	168%
3		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	209	108	100%	5.5%	5.6%	103%	105%
4		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	184	98	123%	5.0%	5.1%	106%	108%
5		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	286	132	91%	3.5%	3.4%	109%	108%
6		Veredlungsbetrieb	Tal	210	93	85%	12.8%	10.9%	132%	112%
7		Veredlungsbetrieb	Hügel	65	29	81%	9.7%	9.4%	115%	112%
8		Veredlungsbetrieb	Berg	38	21	105%	6.7%	12.6%	73%	137%
9		Gemischter Betrieb	Tal	232	97	83%	6.6%	6.5%	107%	106%
10		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	45	16	80%	17.6%	20.8%	109%	129%
32	Zentral Schweiz	Übrige Betriebe	Tal	85	37	112%	3.4%	3.8%	151%	170%
33		Übrige Betriebe	Hügel	42	15	75%	4.2%	6.4%	198%	299%
34		Übrige Betriebe	Berg	70	33	143%	4.4%	4.4%	177%	176%
11		Pflanzenbaubetrieb	Tal	100	45	92%	3.4%	4.2%	121%	151%
12		Pflanzenbaubetrieb	Hügel/Berg	42	19	95%	11.1%	11.9%	119%	128%
13		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	127	64	119%	5.0%	5.3%	101%	107%
14		Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	375	173	91%	4.3%	4.4%	110%	114%
15		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	306	128	101%	3.8%	3.5%	121%	112%
16		Veredlungsbetrieb	Tal	414	218	94%	12.5%	11.7%	107%	101%
17		Veredlungsbetrieb	Hügel	142	85	97%	6.4%	6.6%	110%	112%
18	West/Süd Schweiz	Veredlungsbetrieb	Berg	48	25	125%	10.2%	9.0%	119%	106%
19		Gemischter Betrieb	Tal	360	196	105%	7.7%	8.3%	107%	115%
20		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	143	64	105%	8.0%	8.5%	111%	118%
35		Übrige Betriebe	Tal	226	75	77%	6.5%	8.6%	160%	212%
36		Übrige Betriebe	Hügel	91	36	120%	4.5%	4.5%	196%	196%
37		Übrige Betriebe	Berg	86	28	140%	6.7%	5.1%	165%	125%
21		Pflanzenbaubetrieb	Tal	272	120	98%	5.2%	5.8%	132%	147%
22		Pflanzenbaubetrieb	Hügel	62	18	90%	6.7%	0.0%	150%	1%
23		Pflanzenbaubetrieb	Berg	60	24	120%	9.8%	15.8%	224%	360%
24		Rindviehhaltungsbetrieb	Tal	46	23	77%	6.8%	6.7%	132%	132%
25	West/Süd Schweiz	Rindviehhaltungsbetrieb	Hügel	271	119	114%	10.7%	10.9%	108%	110%
26		Rindviehhaltungsbetrieb	Berg	264	117	93%	5.9%	6.5%	110%	120%
27		Veredlungsbetrieb	Tal	133	68	92%	17.4%	14.9%	106%	91%
28		Veredlungsbetrieb	Hügel	65	34	106%	25.1%	24.9%	145%	144%
29		Veredlungsbetrieb	Berg	40	15	75%	29.7%	27.3%	141%	129%
30		Gemischter Betrieb	Tal	252	127	96%	10.1%	9.6%	110%	105%
31		Gemischter Betrieb	Hügel/Berg	74	44	126%	8.5%	8.6%	98%	99%
38		Übrige Betriebe	Tal	43	21	105%	4.1%	5.4%	169%	224%
39		Übrige Betriebe	Hügel	44	16	80%	6.9%	7.3%	271%	290%
40		Übrige Betriebe	Berg	111	48	178%	6.0%	6.0%	152%	150%
Tot				5813	2688	46.2%	6.4%	7.5%		

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 2015 (BFS, 2016) 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 Hofdüngerlager 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 online⁸ 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 Kenntnis diesbezüglich ist deshalb von Bedeutung, weil bei der Plausibilisierung zwangsläufig Annahmen getroffen werden müssen, welche mit der Realität nicht in jedem Fall übereinstimmen. Weiter gibt der Anteil fehlender und nicht eindeutiger Einträge Hinweise hinsichtlich Präzision der Dateneingabe durch die Befragten. Folgende Bereiche wurden für die Auswertung einbezogen:

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

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

- Alle Nutztierkategorien: Aufstallung, Laufhof, Weide:
 - Der durchschnittliche Anteil fehlender Einträge pro Fragebogen lag im Bereich von 10 bis 40%. Die Anteile waren tendenziell höher bei Tierkategorien, deren Bestände variabel sind und je nach Zeitpunkt der Erhebung von den statistischen Daten abweichen können

⁸ <http://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2007; Dokument in Englisch)

(z.B. Aufzuchttrinder, Masttiere). Folgende Kategorien von Fragen wiesen überdurchschnittlich hohe Anteile fehlender Einträge auf: Weidedauer bei Pferden und anderen Equiden sowie Kleinwiederkäuern, Freilandauslauf bei Geflügel.

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

Insgesamt betrugen die mittleren Anteile fehlender, nicht eindeutiger und fehlerhafter Einträge rund 10% pro Fragebogen. Dieser Anteil wird als moderat betrachtet, welcher die Eingabeparameter als Grundlage zur Berechnung der Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.9) in eher geringem Ausmass beeinflussen dürfte. Zudem waren wichtige Kategorien (Aufstallung, Laufhof, Weide von Milchkühen und Mastschweinen) von Fehleinträgen verhältnismässig weniger betroffen. Der Anteil fehlender und nicht eindeutiger Einträge war bei der Umfrage 2015 insgesamt leicht höher im Vergleich zu 2010.

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 (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 7.12, Seite 116ff verfügbar.

2.1.7.5 Landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS 2013

Im Jahr 2013 führte das BFS im Rahmen der landwirtschaftlichen Betriebszählung eine Zusatzerhebung (im Folgenden „Zusatzerhebung BFS“ genannt) durch, die Parameter wie Weidedauer, Aufstallungssysteme und Laufhoferflächen von Rindvieh, Aufstallungssysteme von Schweinen und Geflügel, Abdeckung der Güllelager, Einarbeitung von Mist nach Ausbringung sowie Ausbringtechniken für Gülle beinhaltete. Diese Parameter sind mit denjenigen der Umfrage HAFL 2010 und 2015 vergleichbar oder identisch. Aus der Zusatzerhebung 2013 resultierten Datensätze von 13'609 Betrieben. Diese Daten wurden weitgehend nach dem gleichen Vorgehen wie die Datensätze der Umfrage HAFL 2010 und 2015 plausibilisiert und ausgewertet (vgl. Kapitel 2.1.7.3). Die Kategorisierung der erhobenen Parameter unterschied sich zwischen den beiden Umfragen teilweise. Soweit dies der Fall war, richtete sich die Auswertung nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS. Die Tierzahlen stammten aus der landwirtschaftlichen Betriebszählung des BFS.

Die beiden Datensätze wurden hinsichtlich Übereinstimmung bzw. Differenzen verglichen. Die Darstellung des Vergleichs richtete sich nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS. Die Resultate sind in Kap. 3.5 und Anhang 7.22.5 aufgeführt.

2.1.8 Einzelbetriebliche Berechnung

Die plausibilisierten, anonymisierten Datensätze der Umfragen 2002, 2007, 2010 und 2015 wurden ins Modell Agrammon eingelesen und darauf basierend die Berechnung der Emissionen für jeden Einzelbetrieb, der an der Umfrage teilgenommen hatte, durchgeführt. So wurden für jeden Betrieb für jede einzelne Tierkategorie die Emissionen pro Emissionsstufe und das Total aller Emissionsstufen sowie die Flüsse von N_{tot} und TAN bestimmt.

2.1.9 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; 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 5 ist das Vorgehen für die Ausbringung von Gülle von Milchkühen exemplarisch dargestellt. Im Streudiagramm sind die Anzahl Milchkühe pro Einzelbetrieb gegenüber der jährlichen Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle der Betriebsklasse 30 (gemischte Betriebe Talzone) aufgeführt. Die Daten stammen aus der Umfrage 2010 (Anzahl Betriebe: 146, Anzahl Milchkühe: 3938). Die Gerade wurde durch den Nullpunkt gelegt mit der Begründung, dass ein Betrieb ohne Tiere kein Ammoniak emittiert. Die Steigung der Geraden entspricht dem mittleren Emissionsfaktor pro Milchkuh pro Jahr (d.h. $13.818 \text{ kg NH}_3\text{-N}$). Abbildung 5 zeigt auch die grosse Variabilität der EF, welche aufgrund der Unterschiede der Produktionstechnik zwischen den Betrieben entsteht.

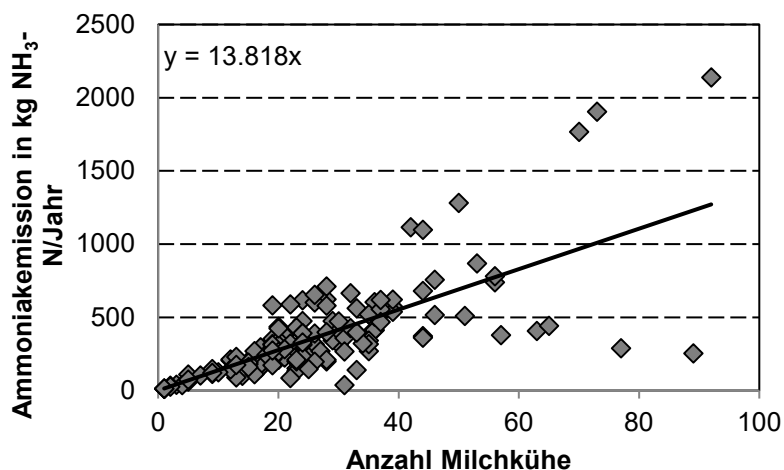


Abbildung 5: Lineare Regression zur Ermittlung eines mittleren tierspezifischen Emissionsfaktors für die Betriebsklasse 30: Anzahl Milchkühe pro Betrieb versus jährliche Ammoniakemission bei der Ausbringung von Gülle. Anzahl Betriebe: 146, Anzahl Milchkühe: 3938; Daten der Umfrage aus dem Jahr 2010. Die Steigung der Geraden, dargestellt in der Formel im Diagramm, entspricht dem mittleren Emissionsfaktor der Ausbringung von Gülle pro Milchkuh pro Jahr: 13.818 kg NH₃-N.

Im vorliegenden Beispiel dürfte beispielsweise die Anwendung emissionsmindernder Ausbringungstechniken eine Rolle spielen. 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 vier 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_{tot} und TAN erfolgte nach dem gleichen Vorgehen.

2.1.10 Hochrechnung der Emissionen auf die Schweiz

Die gewichteten mittleren Emissionsfaktoren pro Tierkategorie jeder Emissionsstufe wurden mit den gesamtschweizerischen Tierzahlen multipliziert (vgl. Anhang 7.2). Für die Ermittlung der gesamtschweizerischen Flüsse von N_{tot} und TAN wurde gleich vorgegangen. Die Emissionen der weiteren Raufutterverzehr und Kaninchen wurden für jedes Stichjahr 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 mittels eines Datensatzes in Agrammon berechnet. Dabei wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Stallsystem für alle Tierkategorien: Tiefstreu
- 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 7.12)

Die Summe der Emissionen aller Tierkategorien ergab die gesamtschweizerische Emission aus der Tierproduktion. Die gesamtschweizerischen landwirtschaftlichen Emissionen resultierten aus der Summe der Emissionen aus der Tierproduktion und dem Pflanzenbau. Dazu wurden die nicht-landwirtschaftlichen Emissionen addiert.

Zur Emissionshochrechnung für 1990 und 1995 wurden die Eingabeparameter und die Tierzahlen der Jahre 1990 und 1995 direkt ins Modell eingegeben. Dazu wurde ein virtueller Landwirtschaftsbetrieb Schweiz gebildet, welcher die Tierzahlen und die weiteren wesentlichen produktionstechnischen Grössen gemäss verfügbarer Datengrundlage abbildete. Der virtuelle Betrieb Schweiz 1995 beinhaltete beispielsweise 118 Typen von Ställen, auf welche die Gesamtheit der landwirtschaftlichen Nutztiere der Schweiz anteilmässig gemäss Stallsysteme und Produktionstechnik verteilt wurden. Das Güllelager wies insgesamt ein Volumen von 14.8 Mio. m³ mit einem Anteil an offenen Lagern von 13% auf (vgl. Tabelle 9). Für die Gülleausbringung wurden einheitliche Werte angenommen: 100% der Gülle ausgebracht mittels Prallteller, Gülleverdünnung: 1:1; mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe: 30 m³ pro ha; Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00: 5%; Ausbringung von Gülle im Sommer bzw. von September bis und mit Mai: Anteil 52% bzw. 48%.

Für die Ermittlung der Emissionen der Tierproduktion zwischen den Stichjahren 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 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 2015 ist in Abbildung 6 dargestellt. Die verwendeten Tierzahlen stammen aus der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung des BFS. Der totale Rindvieh- und Schweinebestand nahm zwischen 1990 und 2015 je um 16% bzw. 18% ab. Demgegenüber stand eine Zunahme des Geflügelbestands um einen Faktor von 1.8. 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 2015 um 26% tiefer als 1990, wobei der Bestand seit 2010 praktisch konstant blieb. Die Trends der übrigen Rindviehkategorien verliefen ähnlich mit Ausnahme der Mutterkühe und der Mutterkuhkälber, deren Anzahl zwischen 1990 und 2015 kontinuierlich zunahm. Der Bestand lag 2015 rund zehn Mal höher als 1990. Der Kuhbestand insgesamt (Milch- und Mutterkühe) nahm zwischen 1990 und 2015 um 12% ab. Bei den Mastschweinen war zwischen 1990 und 1995 eine Abnahme um rund 25% zu beobachten. Danach blieb der Bestand ungefähr konstant. Der Gesamtbestand der Schweine entwickelte sich zwischen 1990 und 1995 ähnlich wie die Mastschweine nahm danach aber weiter leicht ab, was auf den genetischen Fortschritt zurückzuführen ist. Die Zunahme beim Geflügel ist auf die starke Ausdehnung der Produktion von Mastpoulets zurückzuführen. Deren Bestand nahm zwischen 1990 und 2015 mehr oder weniger konstant zu und lag 2015 um einen Faktor von rund vier 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 um rund 2015 um 30% höher als 2007. Bei den Kategorien der Pferde und anderen Equiden sowie der Kleinwiederkäuer war zwischen 1990 und 2015 eine Erhöhung der Bestände um einen Faktor von ca. 2.2 bzw. um

rund 15% zu beobachten. Eine Liste der für die Hochrechnungen von 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 verwendeten Tierzahlen ist im Anhang 7.2 aufgeführt.

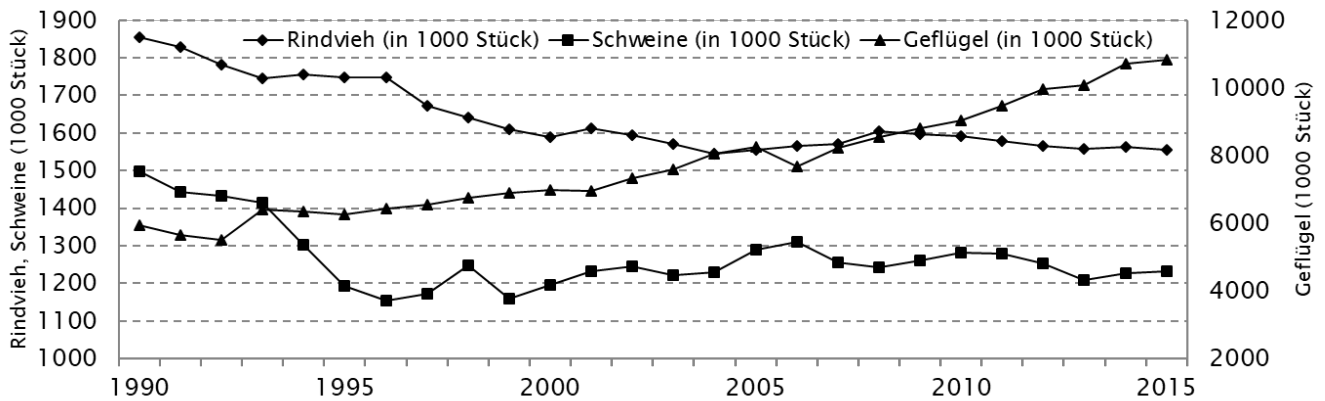


Abbildung 6: Zeitreihe der Anzahl Rindvieh, Schweine und Geflügel in der Schweiz von 1990 – 2015.

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 $\text{NH}_3\text{-N}$ pro ha LN festgelegt. Für alpwirtschaftliche Flächen wurde eine Emissionsrate von 0.5 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ 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 zum bisherigen Vorgehen (Kupper et al., 2013, 2015) in der 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 Ammoniakverluste. Die Milchleistung wurde mittels Umfrage 2007, 2010 und 2015 erhoben, welche Werte von 7029 kg⁹, 7000 kg bzw. 7196 kg, pro Milchkuh und Jahr lieferte. Das Ergebnis von 2007 und 2010 liegt 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).

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

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

⁹ Der höhere Wert von 2007 gegenüber 2010 ist auf eine unterschiedliche Berechnungsmethode zurückzuführen. Der Wert für 2007 würde wohl eher bei 6800 kg pro Milchkuh und Jahr liegen.

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 8 aufgeführt. Die Entwicklung der wesentlichen Parameter im Zeitraum zwischen 1990 und 2015 wird im Folgenden zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation ist im Anhang 7.12 aufgeführt. 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 2015.

Tabelle 8: 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	Aufstallung (Rindvieh, Schweine, Geflügel)	Anteil Tiere mit Auslauf	Emittierende Oberfläche des Güllelagers	Anteil Gülleausbringung mit emissionsmindernden Verfahren
Sommerfütterung (Milchkühe)	Weide-tage pro Jahr	Anzahl belegter Tierplätze in Laufställen (Rindvieh)	Auslauf-tage pro Jahr	Abdeckung des Güllelagers	Verdünnung der Gülle
Winterfütterung (Milchkühe)	Weide-stunden pro Tag	Emissionsmindernde Massnahmen (Rindvieh, Schweine)*	Auslauf-stunden pro Tag	Häufigkeit des Auf-rührens 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

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 im Sommer (Kraftfutter, Heu, Maiswürfel, Maissilage) und im Winter (Kraftfutter, Maiswürfel, Maissilage) eine Verminderung der N-Ausscheidung bewirken, wurden vermehrt verabreicht. Die Entwicklung der Milchleistung und die Fütterungsmethoden führten zu einer Zunahme der ausgeschiedenen N-Menge von 100.4 kg N pro Kuh und Jahr (1990) auf 111.6 kg N pro Kuh und Jahr (2015).

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 2015, Tabelle 4). Werden die ermittelten durchschnittlichen Rohproteingehalte der Schweinerationen in der Praxis mitberücksichtigt (Hochrechnungen 1990, 1995 gemäss Kessler et al., 1994; 2002 bis 2015 gemäss Umfragen), lag die mittlere N-Ausscheidung pro Mastschwein 1990 bei 18.2 kg N und 2015 bei 11.7 kg N. Die Entwicklung verlief bei den anderen Schweine-kategorien 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 2015 ab auf 0.36 kg N pro Tierplatz und Jahr (Mastpoulets). Bei Legehennen blieb die Ausscheidung 2015 bei 0.8 kg N pro Tierplatz. Die für die Emissionsrechnungen verwendeten Ausscheidungswerte sind im Anhang 7.14 bis 7.19 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 2015 für alle Tierkategorien erhöht. Gemäss den für die Emissionsrechnungen verwendeten Angaben (1990 Expertenschätzung; 2015 Umfrage) hat insgesamt der Anteil des auf der Weide ausgeschiedenen TAN der landwirtschaftlichen Nutztiere (Sömmerungsgebiete nicht eingeschlossen) zwischen 1990 und 2015 von 8% auf 16% 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 2015 haben Laufställe für alle Tierkategorien zugenommen (Beispiel: Anteil Milchkühe in Laufställen 1990: 6% (gemäss Schätzung); 2015: 55% 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 2015: 54% gemäss Umfrage). Bei Legehennen und Junghennen haben sich Ställe mit Kotbandentmistung gegenüber Ställen mit Bodenhaltung oder Kotgrube durchgesetzt (Anteil Ställe mit Kotbandentmistung bei Legehennen 2015: 80%). 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. m³, 2007 17.1 Mio. m³ und 2010 16.0 Mio. m³ (Tabelle 9). Für 2015 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. m³ an, was um rund 6% über dem Wert gemäss Umfrage von 2002 liegt. Für 2010 errechnete das BFS ein Gesamtvolumen von 20.0 Mio. m³ (pers. Mitteilung A. Zesiger, BFS) und für 2013 19.9 Mio. m³ (Kap. 3.5).

Das Lagervolumen hat von 1990 bis 2010 um 29% zugenommen (Tabelle 9). Die Abnahme zwischen 2002 und 2010 könnte teilweise auf eine effektive Verminderung des Lagervolumens zurückzuführen sein. Die Abnahme des Volumens zwischen 2007 und 2010 um rund 1 Mio. m³ erscheint als wenig plausibel. Ursache dürfte die unterschiedliche Struktur der an den Umfragen teilnehmenden Betriebe sein. Insgesamt resultierte zwischen 1990 und 2010 eine Erhöhung der emittierenden Oberfläche. Der Anteil von offenen Güllelagerbehältern hat leicht zugenommen. Allerdings dürfte das Volumen von ungedeckten Güllelagern eher überschätzt sein.

Tabelle 9: Lagervolumen von Gülle von 1990 bis 2010 in m³, Abdeckung der Güllelager in Prozent

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

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

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

^e nicht erhoben

2.2.4.6 Hofdüngerausbringung

Die Gülleausbringung mit emissionsmindernden Verfahren hat kontinuierlich zugenommen. Im Jahr 2015 wurde 37% der Güllemenge mittels Schleppschauch und je ca. 1% mittels Schleppschuh und Gölledrill ausgebracht. Bei Mist nimmt dagegen der Anteil zu, der nach der Ausbringung nicht eingearbeitet wird. Weitere Parameter, welche die Emissionen bei der Hofdüngerausbringung beeinflussen (Jahreszeit der Ausbringung, Gülleverdünnung, -ausbringung am Abend) haben sich wenig verändert und daher geringe Auswirkungen auf die Emissionen.

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 Agricura¹⁰ (Agricura, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016). Für die Zeit zwischen 1996 für 2005 basieren die Daten auf der Importstatistik der Treuhandstelle der schweizerischen Düngerpflichtlagerhalter¹¹. Für die Jahre zwischen 1996 und 2016 liegen die Daten als N-Gesamtmenge aufgelöst nach einzelnen Düngertypen vor (Tabelle 10). Über die Zeit haben die Zollltarifnummern 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 vor¹¹. 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

¹⁰ 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 (<http://www.agricura.ch/>; 14.11.2017)

¹¹ Daten zusammengestellt und zur Verfügung gestellt von E. Spiess, Agroscope.

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 mineral. N-Dünger von 1996.

Von der in Tabelle 10 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%. Neu wird auch die Menge von Harnstoff mit einem Faktor von 0.96 korrigiert, da die früher getroffene Annahme, dass Harnstoff zu 100% in der Landwirtschaft eingesetzt wird (Kupper et al., 2013), nicht zutrifft (Kap. 2.2.5.3).
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 10 aufgeführten Düngertypen anwendbar sind. Dies ist in Wirklichkeit vermutlich nicht der Fall. Die gemäss Kap. 2.2.5.3 durchgeführte Erhebung lässt aber keine Zuordnung der in der Paralandwirtschaft aufgeführten N-Menge aufgelöst nach Düngertyp zu.

Tabelle 10: Zolltarifnummern von 2015, Düngertypen und Verwendungsmenge von mineralischen Stickstoffdüngern in der Schweiz (inkl. Liechtenstein) in t N pro Jahr (Quellen: 1990-2002: Treuhandstelle der Schweizerischen Düngerpflichterhalter; Daten zusammengestellt und zur Verfügung gestellt von E. Spiess, Agroscope), 2007 - 2015: Agricura, 2011, 2015, 2016)

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

*, **, ***, #, ##: beim aufgeführten Düngertyp mit 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

Tabelle 10 zeigt, dass der Gesamtverbrauch zwischen 1990 und 2015 um rund 35% abgenommen hat. Allerdings weist 2015 mit rund 45'000 t N einen extrem tiefen Wert auf. Ein noch leicht niedrigerer Verbrauch lag allerdings auch im Jahr 2013 vor. Ebenso fielen die Jahre 2009, 2011, 2012 und 2016 mit Werten (nicht dargestellt) von weniger als 50'000 t N tief aus. Auch wenn die Abnahme des Verbrauchs basierend auf dem Stichjahr 2015 eher überschätzt sein dürfte, ist doch ein klar abnehmender Trend von rund 30% zu beobachten. Die N-Menge von Harnstoff und anderen mineralischen Stickstoffdüngern wurde für das Jahr 2007 mit den gemäss Umfragedaten hochgerechneten N-Mengen¹² verglichen. Die Übereinstimmung war bei einer Abweichung von +5% gut.

Das EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 (EEA, 2016) gibt Emissionsraten für 11 Düngertypen vor, die abhängig sind von der Klimazone und vom pH-Wert des Bodens (tief: pH-Wert ≤ 7.0 ; hoch: pH-Wert > 7.0) (Anhang 7.8). Tabelle 11 zeigt, wie die Düngertypen gemäss Agricura den Düngertypen gemäss EEA (2016) zugeordnet wurden. Ebenfalls angegeben sind die Emissionsraten.

Tabelle 11: Zuordnung der Düngertypen gemäss Agricura zu den Düngertypen gemäss EEA (2016) und die dazugehörigen Emissionsraten umgerechnet in % TAN (vgl. auch Anhang 7.8)

Zolltarif-Nr.	Düngertypen gemäss Agricura	Düngertypen EEA (2016)	ER pH n ⁵	ER ⁵ pH h ⁵⁵	ER Ø ⁵⁵⁵
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 [#]	Calcium ammonium nitrate	0.7%	1.4%	1.0%
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger ^{##}	NPK mixtures	4.1%	7.5%	5.7%
3105.3000.011	Diammoniumorthophosphat	Ammonium phosphate	4.1%	7.5%	5.7%
3105.4000.011	Monoammoniumorthophosphat	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 10

⁵ Emissionsrate für Böden mit pH-Wert normal ≤ 7.0 (EEA, 2016) in % N

⁵⁵ Emissionsrate für Böden mit pH-Wert hoch > 7.0 (EEA, 2016) in % N

⁵⁵⁵ 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).

¹² Das Vorgehen zur Plausibilisierung ist beschrieben in: <http://agrammon.ch/downloads> (Prüfung auf Plausibilität und Korrektur der Datensätze der Umfrage zur Abschätzung von Ammoniakverlusten 2007; Dokument in Englisch)

Das Vorgehen zur Bestimmung von Klimazone und pH-Wert des Bodens ist in Anhang 7.9 beschrieben.

2.2.5.2 Organische Dünger

Organische und organisch-mineralische Dünger werden in der Landwirtschaft ebenfalls eingesetzt. Die hauptsächliche Verwendung dürfte im Bereich Spezialkulturen, insbesondere im Biolandbau liegen. Diese Menge wird im Emissionsinventar nicht berücksichtigt. 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. (2015) auf 10% festgelegt und die gleiche Emissionsrate wie für Kompost und Gärgut (80% TAN; vgl. Anhang 7.11.2) angenommen.

2.2.5.3 Schätzung des mineralischen N-Verbrauchs der Paralandwirtschaft

Die Schätzung des Anteils von mineralischen N-Düngern basierte auf einer Umfrage, durchgeführt im Jahr 2017, beim schweizweit grössten Hersteller (geschätzter Marktanteil von 60 bis 70%) von Dünger zur Verwendung im Privatgarten- und Hobbybereich. Weiter wurden die drei mutmasslich grössten Garten-/Baumärkte kontaktiert sowie die vier vermutlich wichtigsten Verkäufer von Düngern für den Profigartenbau und Rasenunterhalt. Die Datenerhebung erfolgte mittels Telefongesprächen und/oder mittels anschliessend versendeten Fragebogen. Dabei wurden die folgenden Daten in t N pro Jahr erhoben (Jahr 2015/2016):

1. N-Dünger mineralisch zur Verwendung in der Paralandwirtschaft
2. N-Dünger organisch zur Verwendung in Landwirtschaft und Paralandwirtschaft
3. N-Dünger organisch basierend auf Hofdünger (z.B. Geflügelmistpellets) schweizerischer Herkunft zur Verwendung in Landwirtschaft und Paralandwirtschaft

Die Punkte 2 und 3 wurden zusätzlich für die Schätzung der Menge organischer Dünger zur Verwendung in Landwirtschaft und Paralandwirtschaft erhoben, da diese in der Emissionsrechnung bisher nicht berücksichtigt wurden. Punkt 3 wurde abgefragt, um eine doppelte Anrechnung von Emissionen zu vermeiden, da N in Hofdünger schweizerischer Herkunft gemäss Stoffflussmodell eingeschlossen ist. Die Befragten gaben die Menge für das Jahr 2016 an. Weiter wurde die Menge abgefragt, welche die Firmen beim ebenfalls angeschriebenen schweizweit grössten Hersteller beziehen, um Doppelzählungen zu vermeiden. Zudem wurden Informationen bei den Firmen während der Telefongespräche sowie von einem Gartenbaubetrieb und von Jardin Suisse (Unternehmensverband Gärtner Schweiz) eingeholt.

Die Erhebung zeigte, dass im Jahr 2016 von der von Agricura angegebenen Gesamtmenge rund 1750 t N in der Paralandwirtschaft eingesetzt werden. Davon gelangten rund 900 t N via Garten-/Baumärkte in den Privat- und Hobbybereich sowie ca. 850 t N in den Profigartenbau. Die Gesamtmenge von 1750 t N entspricht 3.6% der gesamtschweizerisch eingesetzten Menge von mineralischen N-Düngern. Dies stimmt gut überein mit der bisherigen Schätzung von 4% Anteil der Paralandwirtschaft, welche für die Emissionsrechnung damit beibehalten wird.

Spörri et al. (2016) geben bei einer Gesamtmenge von mineralischen Phosphordüngern (2013) von 7095 t P eine Menge von 2340 t P als Dünger für den Gartenbau an. Dies würde einem Anteil von 33% zur Verwendung in der Paralandwirtschaft entsprechen, was nicht plausibel ist. Eine einfache Rechnung zeigt, dass eine solche Menge verteilt auf die Flächen der Paralandwirtschaft (private Gärten, öffentliche Grünflächen von Parks, Sportplätzen, Strassenbereich etc.) gemäss Arealstatistik einer Düngung von 20 -30 kg P pro ha entsprechen würde.

Eine solche Menge kommt der Düngung von landwirtschaftlichen Kulturen gleich und widerspricht jeglicher Experteneinschätzung (u.a. mündl. Mitteilung J.Poffet, Jardin Suisse), so dass der gemäss Spörri et al. (2016) hergeleitete Anteil von mineralischem Dünger zur Verwendung in der Paralandwirtschaft eindeutig zu verwerfen ist.

Die Befragten gaben einheitlich an, dass der grösste Anteil der mineralischen N-Dünger sowohl im Privat- als auch im Profibereich hauptsächlich auf Rasenflächen ausgebracht wird.

In der Produktion von Topfpflanzen und Baumschulgehölzen kommen grösstenteils mit Harz bzw. Polymeren umhüllte Dünger zur Anwendung (Hauert, 2012; mündl. Mitteilung J.Poffet, Jardin Suisse). Rasendünger enthalten Ammoniumnitrat, Harnstoff, Methylenharnstoff¹³. Gewisse Produkte enthalten auch N aus organischen Stoffen (Hauert, 2012). Die Dünger sind so angelegt, dass die Freisetzung von Stickstoff langsam abläuft. Die in der Paralandwirtschaft eingesetzten Dünger unterscheiden sich damit klar von den in der Landwirtschaft eingesetzten N-Formen. Dabei ist auch zu beachten, dass die Emissionen von beispielsweise mit Polymeren umhülltem Harnstoff, welcher der wichtigste Langzeit N-Dünger darstellt (Thapa et al., 2016), deutlich niedrigere NH_3 -Emissionen verursacht als (nicht-umhüllter) Harnstoff (Awale, Chatterjee, 2017; LeMonte et al., 2016).

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 landwirtschaftlichen 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 7.11 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 $\text{N}_{\text{lös}}$ 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 $\text{N}_{\text{lös}}$ in Gärgut grösser als im Kompost. Von 2010 an nahm die Menge von TS und $\text{N}_{\text{lös}}$ von Gärgülle zu und lag 2015 beinahe auf der gleichen Höhe wie diejenige von Gärgut flüssig industriell-gewerblicher Herkunft. Im Jahr 2015 betrug die Menge von $\text{N}_{\text{lös}}$ in Recyclingdüngern ca. 1400 t, was um rund 200 t niedriger ist als 1990.

Emissionsmessdaten aus Feldstudien zur Ausbringung von Recyclingdüngern sind nur vereinzelt verfügbar sind. 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 2030 wurden basierend auf den Tierzahlen nach Möhring et al. (2015; vgl. Anhang 7.2.1) sowie den Emissionsfaktoren von 2015 berechnet (d.h. Annahme, dass sich die Produktionstechnik bis 2030 nicht verändert). Die Verwendung von mineralischen Stickstoffdüngern basiert ebenfalls auf Daten von Möhring et al. (2015). Die Mengen von Recyclingdünger wurden ab 2015 als konstant angenommen.

¹³ vgl. auch <https://www.hauert.com/hauert-produkte/rasen/rasenduenger/>

3 Resultate

3.1 Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2015

3.1.1 Übersicht

In der Schweiz wurden im Jahr 2015 von der Landwirtschaft insgesamt 42.5 kt NH₃-N als Ammoniak emittiert (Tabelle 12). Davon stammten 93% aus der Tierproduktion und 7% aus dem Pflanzenbau. Bezogen auf das Total (landwirtschaftliche plus nicht-landwirtschaftliche Emissionen; FOEN, 2018a) verursachte die Landwirtschaft 93% der Emissionen (davon: Tierproduktion 87%; Pflanzenbau: 6%).

Tabelle 12: Ammoniakemissionen der Schweiz im Jahr 2015 in kt NH₃-N sowie Anteil der einzelnen Kategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion bzw. aus der Landwirtschaft (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

	Ammoniakemissionen	Anteil von Emissionen der Tierproduktion	Anteil von Emissionen Landwirtschaft	Anteil von totalen Emissionen
Tierproduktion	kt NH ₃ -N	%		
Milchkühe	19.6			
Mutterkühe	2.8			
Aufzuchtrinder unter 1-jährig	1.6			
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	2.2			
Aufzuchtrinder über 2-jährig	1.5			
Mastkälber	0.6			
Mutterkuhkälber	0.6			
Masttiere Rindviehmast	1.8			
Total Rindvieh	30.8	78%	73%	67%
Säugende Sauen	0.4			
Galtsauen	1.1			
Ferkel abgesetzt bis 25 kg	0.4			
Eber	0.0			
Mastschweine/Remonten	4.0			
Total Schweine	5.9	15%	14%	13%
Legehennen	0.7			
Junghennen	0.1			
Mastpoulets	0.7			
Masttruten	0.0			
Anderes Geflügel	0.0			
Total Geflügel	1.6	4%	4%	3%
Pferde über 3-jährig	0.5			
Pferde unter 3-jährig	0.0			
Ponys, Kleinpferde, Esel, Mault., Maulesel jeden Alters	0.1			
Total Pferde und andere Equiden	0.6	1%	1%	1%
Schafe	0.5			
Milchschafe	0.0			
Ziegen	0.2			
Total Kleinwiederkäuer	0.8	2%	2%	2%
Andere Raufutterverzehrer, Kaninchen	0.07	0%	0%	0%
Total Tierproduktion	39.6	100%	93%	87%
Pflanzenbau				
Mineralische Stickstoffdünger	2.1		5%	5%
Recyclingdünger	0.8		2%	2%
Total Pflanzenbau	2.9		7%	6%
Total Landwirtschaft	42.5		100%	93%
Total nicht-landwirtschaftliche Emissionen	3.2			7%
Total Emissionen	45.7			100%

3.1.2 Emissionen der einzelnen Tierkategorien und Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion

Mit 30.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ und 5.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ trugen die Kategorien Rindvieh und Schweine am stärksten zu den Emissionen aus der Tierproduktion bei (78% bzw. 15% des Totals der Tierproduktion; Abbildung 7). Die Anteile von Geflügel (1.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 4.0%), der Pferde und anderen Equiden (0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 1.4%) und der Kleinwiederkäuer (0.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$, 1.9%) waren relativ gering. Die Emissionen von der Kategorie andere Raufutterverzehrer (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) plus Kaninchen waren mit 0.07 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ (0.2% der Emissionen aus der Tierhaltung) unbedeutend.

Die Hofdüngerausbringung (43%; Abbildung 7), bildete die wichtigste Emissionsstufe innerhalb der Tierproduktion gefolgt von Stall/Laufhof (37%). Der Beitrag der Hofdüngerlager an den Ammoniakemissionen aus der Tierproduktion betrug 18%. Der Anteil der Weideverluste lag bei 2.7%. Die Gülle verursachte bei der Ausbringung 35% und bei der Lagerung 12% der gesamten Emissionen der Tierproduktion. Mist trug bei der Ausbringung 8% bzw. bei der Lagerung 6% zu den Verlusten der Tierproduktion bei.

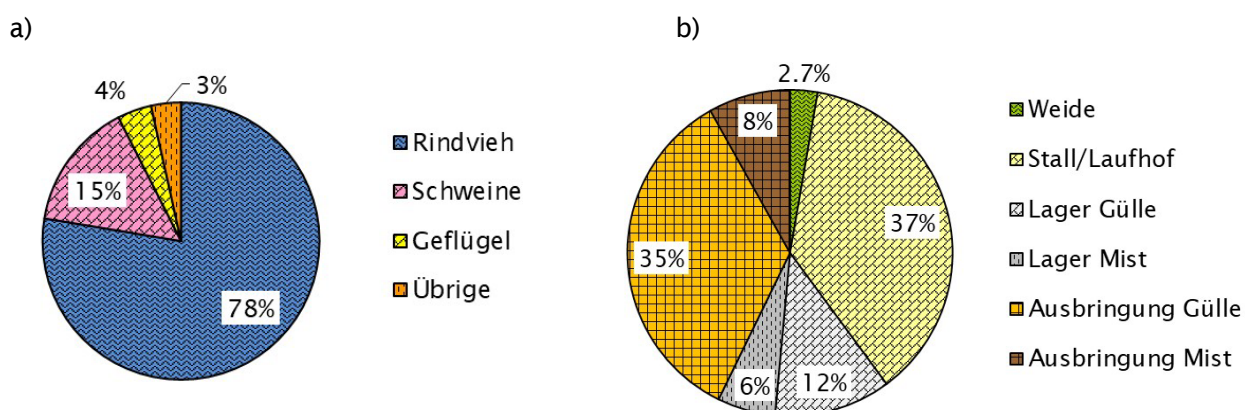


Abbildung 7: Anteile der einzelnen Tierkategorien an den Emissionen aus der Tierproduktion im Jahr 2015 in Prozent (übrige Tierkategorien: Pferde und andere Equiden, Kleinwiederkäuer, andere Raufutterverzehrende Nutztiere: Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas) (a). Anteile der Emissionsstufen an den Emissionen aus der Tierproduktion in Prozent (b).

3.1.3 Emissionen des Pflanzenbaus

Der Hauptanteil der Emissionen des Pflanzenbaus bildeten 2015 die Verluste infolge des Einsatzes von mineralischen Stickstoffdüngern mit einem Total von 2.1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Dabei wies Harnstoff mit 0.9 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ von allen Düngertypen die weitaus höchsten Emissionen auf. Ebenfalls mengenmässig relativ wichtige Düngertypen sind die Mehrnährstoffdünger, Ammoniumsulfatsalpeter und Ammoniumnitrat mit rund 0.4 bzw. 0.2 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ Emissionen. Recyclingdünger (Kompost, Gärgut fest und flüssig, Gärgülle) verursachten Emissionen von insgesamt 0.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$.

Die Emissionen von organischen Düngern (Kap. 2.2.5.2) können total auf jährlich ungefähr 90 t $\text{NH}_3\text{-N}$ geschätzt werden, wovon ca. 50 t $\text{NH}_3\text{-N}$ 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 1990-2015

3.2.1 Einleitung

Das vorliegende Kapitel charakterisiert den Verlauf der Emissionen mit Fokus auf den Ammoniakverlusten 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_3 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_3 (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_3 freigesetzt wird.

Eine weitergehende Analyse des Zusammenhangs zwischen der Entwicklung der Emissionen und der Produktionstechnik basierend auf den Milchkühen und den Mastschweinen, die zusammen 60% 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 2015 um 17% ab (Tabelle 13). Die Abnahme war bei den landwirtschaftlichen Emissionen ähnlich hoch (18%). Der Anteil der landwirtschaftlichen Emissionen bzw. der Emissionen der Tierproduktion am Total der Emissionen blieb zwischen 1990 und 2015 konstant bei 88% bis 94% bzw. bei 82% bis 87%. Die Entwicklung der gesamtschweizerischen Ammoniakemissionen wird demnach stark durch die Landwirtschaft bzw. die Tierproduktion geprägt.

Tabelle 13: Entwicklung der landwirtschaftlichen, nicht-landwirtschaftlichen, sowie des Totals der Ammoniakemissionen der Schweiz von 1990 bis 2015. Angabe der Mengen in kt $\text{NH}_3\text{-N}$ pro Jahr und der Anteile in Prozent. 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 (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	1995	2002	2007	2010	2015
	kt $\text{NH}_3\text{-N}$ /a						%				
Total Emissionen Tierproduktion	47.4	44.2	39.2	41.1	40.8	39.6	-7%	-17%	-13%	-14%	-16%
Total Emissionen Pflanzenbau	4.5	3.9	2.9	2.7	2.7	2.9	-12%	-36%	-41%	-41%	-35%
Total landwirtschaftliche Emissionen	51.9	48.1	42.1	43.8	43.4	42.5	-7%	-19%	-16%	-16%	-18%
Total nicht-landwirtschaftl. Emissionen	3.1	4.0	5.5	4.3	3.8	3.2	29%	79%	40%	23%	2%
Total Emissionen*	55.0	52.1	47.6	48.1	47.2	45.7	-5%	-14%	-13%	-14%	-17%
	%										
Emissionen Tierproduktion	86%	85%	82%	85%	86%	87%					
Emissionen Pflanzenbau	8%	8%	6%	6%	6%	6%					
Total landwirtschaftl. Emissionen	94%	92%	88%	91%	92%	93%					
Total nicht-landwirtschaftl. Emissionen	6%	8%	12%	9%	8%	7%					
Total Emissionen	100%	100%	100%	100%	100%	100%					

*Vollständige Zeitreihe der Emissionen 1990 bis 2015 von Tierproduktion, Pflanzenbau, Total landwirtschaftliche Emissionen, Total nicht-landwirtschaftl. Emissionen und Total Emissionen: Anhang 7.20.

3.2.3 Emissionen der Tierproduktion

Zwischen 1990 und 2015 haben sich die Emissionen der Tierproduktion um 16% vermindert (Tabelle 13). Die Ausscheidungen der Nutztiere nahmen um 15% von 85.5 kt N_{los} (148 kt N_{tot}) auf 73.1 kt N_{los} (130 kt N_{tot}) ab (Abbildung 8). Davon gelangten 1990 8% auf die Weide und 92% in den Pfad Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung. Im Jahr 2015 betrug diese Verteilung 16% zu 84%. Aufgrund des niedrigeren TAN Flusses in Richtung Stall/Laufhof und der höheren Emissionen auf dieser Stufe gelangten 2015 46.6 kt TAN ins Hofdüngerlager (1990: 67.2 kt TAN). Dies entspricht einer Abnahme um 21% im Vergleich zu 1990. Die Emissionen aus dem Lager und der Ausbringung waren 2015 um 21% bzw. 38% tiefer als 1990. Der TAN Fluss in den Boden am Ende der Kaskade Stall/Laufhof-Hofdüngerlager und -ausbringung fiel 2015 um 24% niedriger aus im Vergleich zu 1990. Der TAN Fluss, welcher in die landwirtschaftliche Nutzfläche gelangte, betrug 2015 28.3 kt TAN (85.8 kt N_{tot}) bzw. 1990 30.2 kt TAN (94.5 kt N_{tot}). 36% davon verblieben 2015 auf Böden unter Weide gegenüber 21% im Jahr 1990.¹⁴

Währenddem die Emissionen aus der Rindviehproduktion zwischen 1990 und 2015 um 14% sanken, haben die Verluste bei den Schweinen um 35% abgenommen (Tabelle 14, Abbildung 9). Die Emissionen aus der Geflügelproduktion nahmen zwischen 1990 und 2002 um 14% ab, stiegen seither an und lagen 2015 um 15% über dem Stand des Basisjahres. Die Emissionen der übrigen Tierkategorien haben um 37% zugenommen (Pferde und übrige Equiden: 95%; Kleinwiederkäuer: 8%). Das Rindvieh verursachte den grössten Teil der landwirtschaftlichen Emissionen. Der Anteil nahm von 69% der gesamten landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen im Jahr 1990 leicht zu auf 72% im Jahr 2015. Der Anteil der Emissionen der Schweine nahm im gleichen Zeitraum von 18% auf rund 14% ab. Die Anteile von Geflügel und übrigen Nutztieren stiegen an, machten aber mit je rund 3-4% der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen einen relativ geringen Anteil aus.

Die Anteile der Emissionsstufen innerhalb der Tierproduktion entwickelten sich zwischen 1990 und 2015 wie folgt: die Weideemissionen nahmen um 74% von 0.6 kt NH_3 -N auf 1.1 kt NH_3 -N und die Emissionen von Stall/Laufhof um 34% von 11.0 kt NH_3 -N auf 14.7 kt NH_3 -N zu (Abbildung 8, Abbildung 10). Die Anteile von Lager- und Ausbringungsemissionen gingen um 21% von 8.7 kt NH_3 -N auf 6.9 kt NH_3 -N bzw. um 38% von 27.2 kt NH_3 -N auf 16.9 kt NH_3 -N zurück. Allerdings nahmen die Lageremissionen von Gülle um 57% von 2.9 kt NH_3 -N auf 4.6 kt NH_3 -N zu, wogegen bei der Lagerung von Mist ein Rückgang um 61% von 5.8 kt NH_3 -N auf 2.3 kt NH_3 -N resultierte. Bei der Ausbringung war eine Reduktion für Gülle um 39% von 22.6 kt NH_3 -N auf 13.7 kt NH_3 -N und für Mist um 29% von 4.5 kt NH_3 -N auf 3.2 kt NH_3 -N zu verzeichnen. Die Emissionen von Punktquellen (Stall/Laufhof und Lager) machten im Jahr 1990 41% der gesamten Emissionen aus. Ihr Anteil nahm bis 2015 auf 55% der landwirtschaftlichen Emissionen zu. Die Zunahme erfolgte vor allem zwischen 1995 (Anteil: 40%) und 2002 (Anteil: 51%). Der Anteil der Weide an den Emissionen der Tierproduktion nahm zwischen 1990 und 2015 von 1.3% auf 2.7% zu. Dies ist auf die Zunahme des TAN Flusses auf die Weide um 63% von 7.3 kt TAN auf 11.8 kt TAN zurückzuführen. Der Anteil der Stufe Stall/Laufhof betrug 1990 23% gegenüber 37% im Jahr 2015. Der Beitrag der Hofdüngerlager veränderte sich kaum (1990: 18%; 2015: 17% Anteil an den Emissionen der Tierproduktion). Der Anteil der Ausbringung verminderte sich von 57% auf 43% zwischen 1990 und 2015.

¹⁴ Die Emissionen und N Flüsse aufgelöst nach Emissionsstufen und je Tierkategorie für die Stichjahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015 sind in Anhang 7.13 bis 7.19 aufgeführt.

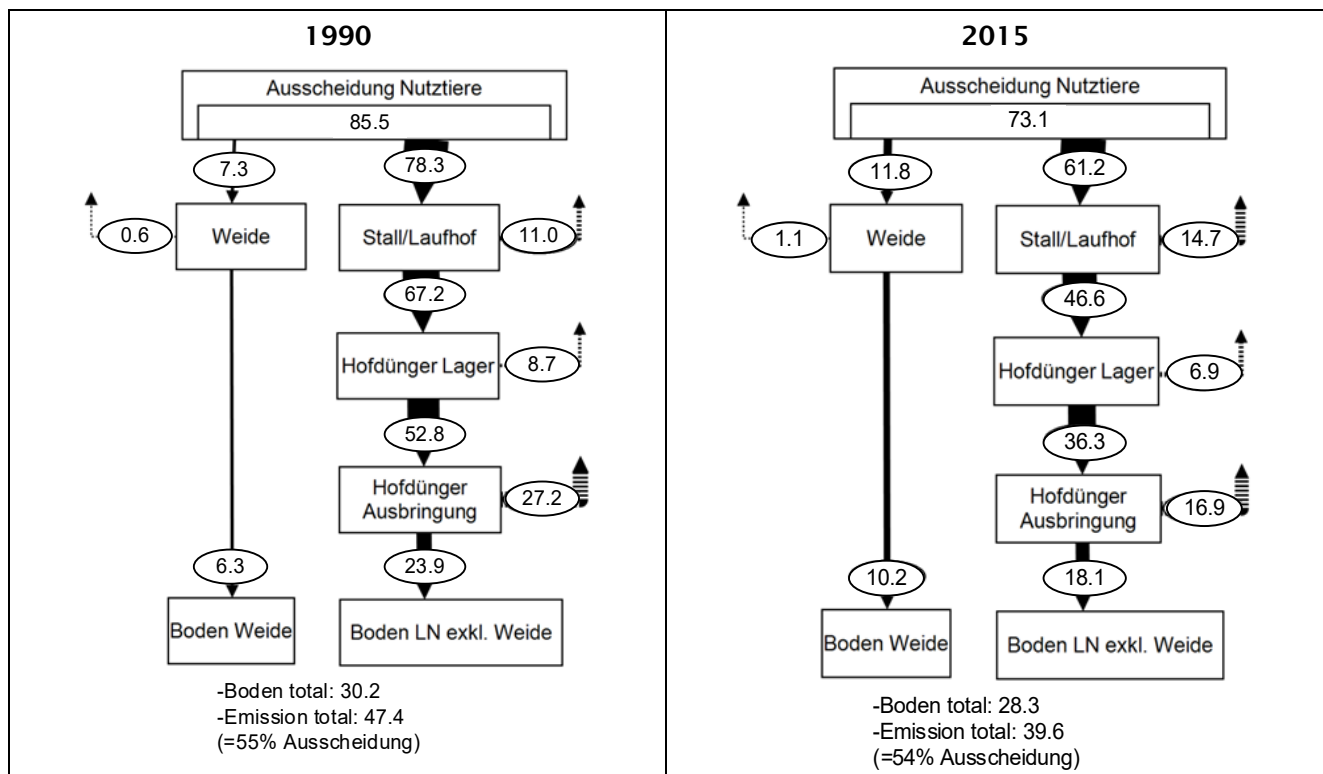


Abbildung 8: Ausscheidung von N_{10s} sowie TAN Fluss und Emissionen aus der Tierproduktion aufgelöst nach den Stufen Weide, Stall/Laufhof, Lager Hofdünger (Gülle, Mist) und Ausbringung Hofdünger (Gülle, Mist) der Jahre 1990 und 2015. Ausgezogene Pfeile nach unten stellen den Fluss von N_{10s} und TAN (kt TAN pro Jahr), die gestrichelten Pfeile gegen oben die Emissionen in kt NH_3-N pro Jahr dar. Weiter sind der TAN Fluss in den Boden und das Total der Emissionen sowie das Total der Emissionen in Prozent der Ausscheidung von N_{10s} angegeben. Nicht angegeben sind die Verluste von N_2 , NO , N_2O .

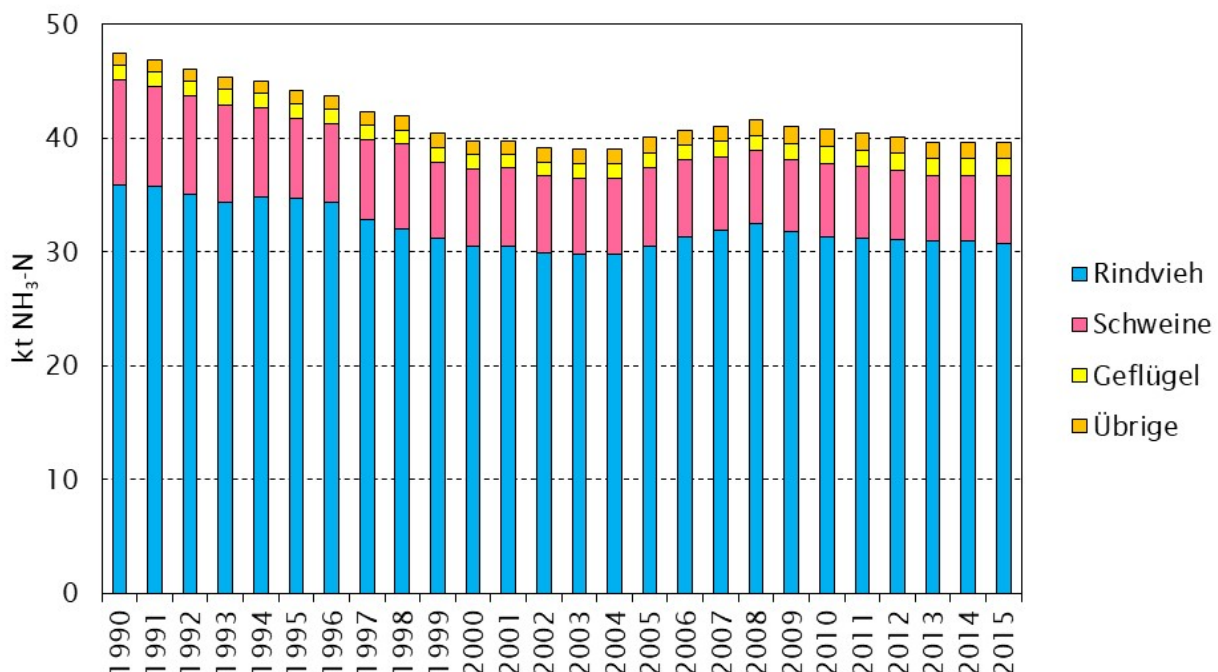


Abbildung 9: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2015 der Tierkategorien Rindvieh, Schweine, Geflügel, Übrige (Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, andere anderen Raufutter verzehrende Nutztiere (Bisons, Dam- und Rothirsche Lamas, Alpakas), Kaninchen

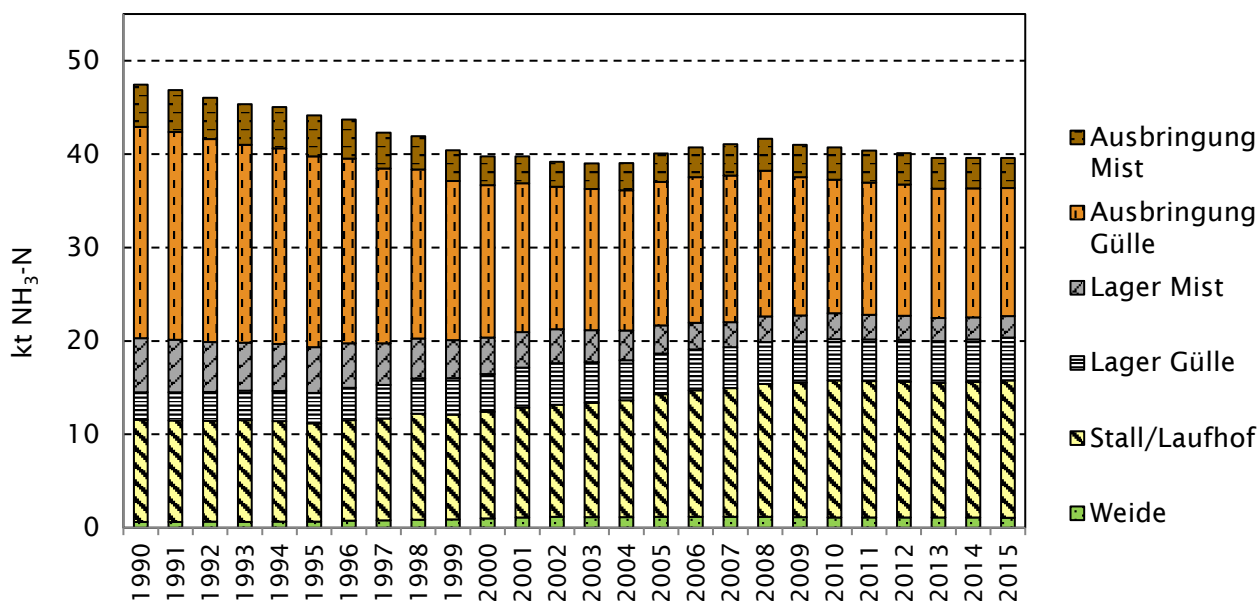


Abbildung 10: Entwicklung der Ammoniakemissionen der Tierproduktion von 1990 bis 2015 nach Emissionsstufe Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und Hofdüngerausbringung.

Tabelle 14: Entwicklung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen von Tierproduktion und Pflanzenbau zwischen 1990 und 2015. Angabe der Mengen in kt NH₃-N pro Jahr und der Anteile verschiedener Kategorien an den Gesamtemissionen der Landwirtschaft in Prozent. 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 (bei der Summierung gerundeter Zahlen innerhalb der Tabelle können Rundungsdifferenzen auftreten)

	1990	1995	2002	2007	2010	2015	1995	2002	2007	2010	2015
	kt NH ₃ -N /a						%				
Rindvieh	35.9	34.7	29.9	31.9	31.3	30.8	-4%	-17%	-11%	-13%	-14%
Schweine	9.1	7.1	6.9	6.5	6.5	5.9	-22%	-25%	-29%	-29%	-35%
Geflügel	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.6	-7%	-14%	-3%	6%	15%
Übrige*	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	10%	26%	39%	48%	37%
Emissionen Tierproduktion**	47.4	44.2	39.2	41.1	40.8	39.6	-7%	-17%	-13%	-14%	-16%
Mineralische Stickstoffdünger	3.5	2.7	2.3	2.3	2.3	2.1	-23%	-36%	-35%	-33%	-39%
Recyclingdünger	1.0	1.2	0.6	0.4	0.3	0.8	26%	-38%	-60%	-66%	-23%
Emissionen Pflanzenbau**	4.5	3.9	2.9	2.7	2.7	2.9	-12%	-36%	-41%	-41%	-35%
Total landwirtschaftliche Emissionen	51.9	48.1	42.1	43.8	43.4	42.5	-7%	-19%	-16%	-16%	-18%
	%										
Rindvieh	69%	72%	71%	73%	72%	72%					
Schweine	18%	15%	16%	15%	15%	14%					
Geflügel	3%	3%	3%	3%	3%	4%					
Übrige*	2%	2%	3%	3%	3%	3%					
Emissionen Tierproduktion	91%	92%	93%	94%	94%	93%					
Mineralische Stickstoffdünger	7%	6%	5%	5%	5%	5%					
Recyclingdünger	2%	3%	1%	1%	1%	2%					
Emissionen Pflanzenbau	9%	8%	7%	6%	6%	7%					
Total landwirtschaftliche Emissionen	100%	100%	100%	100%	100%	100%					

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

**Vollständige Zeitreihe der Emissionen 1990 bis 2015 von Rindvieh, Schweinen, Geflügel, übrige Tierkategorien, Pflanzenbau und Emissionen Tierproduktion aufgelöst nach Emissionsstufen sowie Total landw. Emissionen: Anhang 7.20.

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, 2015b) diskutierten die Auswirkungen der Produktionstechnik 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 sind in Anhang 7.14 und 7.19 aufgeführt.

Milchkühe: die Ausscheidung von löslichem Stickstoff pro Milchkuh und Jahr hat zwischen 1990 und 2015 um 9% zugenommen. Die Ursache für den Anstieg ist hauptsächlich die höhere Milchleistung (1990: 4940 kg; 2015: 7196 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 2015 um einen Faktor von rund 2.5 von 4.1 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ auf 10.1 $\text{NH}_3\text{-N}$ zu. Dies ist auf die Zunahme der Laufställe und die Einführung von Laufhöfen zurückzuführen (Anteil der Milchkühe in Laufställen 1990: 6%; 2015: 55%). Laufhöfe kamen 1990 noch kaum vor, 2015 hatten praktisch sämtliche Milchkühe Zutritt zu einem Laufhof. Der EF Hofdüngerlager blieb praktisch konstant. Allerdings war der Verlauf für die Lagerung Güllelager und Mist gegenläufig. Während sich der EF der Güllelager aufgrund der Zunahme von Stallsystemen mit Produktion von Vollgülle (1990: 31%; 2015: 57 % der Milchkühe), der Erhöhung des Güllelagervolumens und des Anteils ungedeckter Lager mehr als verdoppelte, nahmen die Lageremissionen von Mist um 68 % 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 TAN Flusses von 8%, welcher in die Ausbringung gelangte. Dies führte in Kombination mit dem zunehmenden Einsatz von emissionsmindernden Ausbringverfahren (2015: Ausbringung von 40% der Güllemenge mittels emissionsmindernder Ausbringverfahren, v.a. Schleppschlauch) zu einer Abnahme der EF um 17% beim Ausbringen von Gülle trotz höherem Gülleanfall pro Milchkuh im Vergleich zu 1990. Die Reduktion des EF bei der Ausbringung von Mist von 41% ist hauptsächlich mit der Abnahme der Mistproduktion zu erklären. Daher nahm der EF Ausbringung Hofdünger um 21% ab. Die Änderungen der EF der verschiedenen Emissionsstufen kompensieren sich teilweise, so dass sich der EF total zwischen 1990 und 2010 kaum veränderte (Zunahme um 5%).

Mastschweine: zwischen 1990 und 2015 nahm der Anteil von Labelställen mit Mehrflächenbucht und Auslauf stark zu (1990: 0%; 2015: 54%). 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 blieben aber konstant, da die N-Ausscheidung aufgrund des züchterischen Fortschritts und der Reduktion des Rohproteingehaltes in den Rationen (von 184 g/kg 1990 auf 155 g/kg 2015) um 33% abnahm. Trotz Zunahme des Lagervolumens infolge der Neuerstellung von Güllelagern in den 1990er Jahren blieb der EF Lager zwischen 1990 und 2015 nahezu unverändert. Mögliche Gründe sind die grössere Tiefe der Lager im Jahr 2015 (3.0 m) gegenüber 1990 (2.5 m) und unterschiedliche Anteile von Rinder- und Schweinegülle in den Lagern. Die gegenüber 1990 geringere N-Ausscheidung der Mastschweine führte im Jahr 2015 zu einer Verminderung des TAN Flusses aus dem Lager um 45 %. In Kombination mit der Anwendung von emissionsmindernden Ausbringtechniken nahm der EF Ausbringung um 50% ab.

Die Entwicklung der Emissionsfaktoren und der TAN-Flüsse kombiniert mit der Abnahme der Bestände von Milchkühen und Mastschweinen um je rund 25% 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 10). 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 2015 um 35% ab (Tabelle 14). Dies ist hauptsächlich auf den Rückgang der Emissionen der mineralischen Stickstoffdünger (-39%) und der Recyclingdünger (-23%) zurückzuführen. Die starke Reduktion der Emissionen von Recyclingdüngern wurde durch das Verbot des Klärschlammeinsatzes in der Landwirtschaft ausgelöst. Der Anteil des Pflanzenbaus an den landwirtschaftlichen Emissionen veränderte sich zwischen 1990 und 2015 nur wenig (Abnahme von 9% auf 7%). Detaillierte Angaben zur Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus sind in Anhang 7.21 aufgeführt.

3.3 Emissionen nach Grössenklasse der Betriebe

Gemäss Amann et al. (2017) produzieren in der EU Betriebe mit mehr als 50 Grossvieheinheiten (GVE) rund 80% der NH_3 -Emissionen. Anteilsmässig machen diese Betriebe EU weit 3% der gesamten Anzahl von Betrieben aus. Bei der Umsetzung emissionsmindernder Massnahmen liesse sich somit auf verhältnismässig wenige Betriebe fokussieren und so mit relativ wenig Aufwand eine maximale Wirkung erzielen. Für die Schweiz wurde untersucht, inwieweit ähnliche Verhältnisse vorliegen. Dazu wurden die Emissionen 2015 geordnet nach den Betriebsgrössenklassen 0 GVE, 1-15 GVE, 15-≤50 GVE, 50-≤100 GVE, 100-≤500 GVE, >500 GVE berechnet.

Der Anteil der NH_3 -Emissionen der Betriebe, welche den ganzen Nutztierbestand eingerechnet mehr als 50 GVE aufweisen, liegt bei 41% (Tabelle 15). Diese Zahlen zeigen, dass sich die Strukturen in der Schweiz von denjenigen der EU deutlich unterscheiden. Insbesondere ist die Bedeutung der Tierhaltung für die Mehrzahl der Betriebe deutlich grösser. Emissionsmindernde Massnahmen müssen demnach im Verhältnis zur EU auf einer wesentlich grösseren Anzahl von Betrieben umgesetzt werden.

Tabelle 15: Emissionen der Betriebe geordnet nach Grössenklasse (angegeben in Grossvieheinheiten (GVE) total für 2015. Angegeben sind: die Anzahl Betriebe je Grössenklasse, Anteil am Total der Betriebe und Anteil der Anzahl Tiere je Grössenklasse ausgedrückt in Prozent. Emissionen in t NH_3 -N pro Jahr je Grössenklasse und Anteil am Total der Emissionen in Prozent

	Klasse	Anzahl Betriebe	Anteil der Betriebe	Anteil der Tiere	Emission	Anteil der Emissionen	
	Anzahl GVE		Prozent		t NH_3 -N	Prozent	
GVE total	≤1	8'674	16.3%	0.0%	9	0.0%	
	1-15	14'700	27.6%	8.8%	3'199	7.8%	
	16-50	23'289	43.8%	50.2%	21'018	51.4%	
	51-100	5'290	9.9%	26.9%	1'099	27.1%	40.8%
	101-500	1'275	2.4%	14.0%	5'535	13.5%	
	>500	4	0.0%	0.2%	70	0.2%	

3.4 Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030

Unter Annahme der Grössen wie angegeben in Kap. 2.3 (Tierzahlen nach Möhring et al. (2015) sowie den Emissionsfaktoren von 2015, d.h. keine Veränderung der Produktionstechnik bis 2030), liegen die totalen landwirtschaftlichen Emissionen im Jahr 2020 um 0.6 kt NH₃-N bzw. 1.5% niedriger als im Jahr 2015 (Tabelle 16). Gegenüber 1990 resultiert eine Reduktion um 10 kt NH₃-N. Bis 2030 nehmen die Emissionen im Vergleich zu 2015 um 1.9% ab. Die Emissionen der Tierproduktion gehen dabei um 2.2% zurück. Die Berechnungen zeigen für 2030 eine Reduktion der Emissionen bei Rindvieh von 4.6%. Bei Schweinen, Geflügel und den übrigen Tierkategorien findet eine Zunahme um 5.6%, 8.7% bzw. 5.4% statt. Bis 2020 ist der Trend gleich, jedoch weniger ausgeprägt. Die Entwicklung wird durch die Tierzahlen gesteuert. Beim Rindvieh nimmt der prognostizierte Bestand bis 2030 um 3.2% ab¹⁵. Dabei sinkt die Zahl der Milchkühe um 6.3%. 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 5.0%, Schweine und Geflügel total von 5.0% bzw. 4.5% werden damit kompensiert. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Tierkategorien an den Emissionen der Tierproduktion variieren zwischen 2015 und 2030 nur wenig.

Tabelle 16: Prognose der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030 von Tierproduktion und Pflanzenbau im Vergleich zu 1990, 2010 und 2015. Die zwei Spalten rechts geben die prozentuale Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Jahr 2015 (fett gedruckt) 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	2020	2030
	kt NH ₃ -N /a						
Weide	0.6	1.1	1.1	1.1	1.1	-1.0%	-1.5%
Stall und Laufhof	11.0	14.7	14.7	14.5	14.6	-1.1%	-0.9%
Hofdüngerlagerung flüssig	2.9	4.4	4.6	4.5	4.4	-2.7%	-3.5%
Hofdüngerlagerung fest	5.8	2.8	2.3	2.3	2.3	-0.8%	-0.6%
Hofdüngerausbringung flüssig	22.6	14.3	13.7	13.3	13.2	-2.8%	-3.7%
Hofdüngerausbringung fest	4.5	3.5	3.2	3.2	3.2	-0.9%	-1.0%
Emissionen Tierproduktion	47.4	40.8	39.6	38.9	38.7	-1.8%	-2.2%
Rindvieh	35.9	31.3	30.8	29.8	29.4	-3.2%	-4.6%
Schweine	9.1	6.5	5.9	6.0	6.2	2.3%	5.6%
Geflügel	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	6.4%	8.7%
Übrige*	1.0	1.5	1.4	1.4	1.4	0.6%	5.4%
Emissionen Tierproduktion	47.4	40.8	39.6	38.9	38.7	-1.8%	-2.2%
Emissionen Pflanzenbau	4.5	2.7	2.9	3.0	3.0	2.9%	1.6%
Total landw. Emissionen	51.9	43.4	42.5	41.9	41.7	-1.5%	-1.9%
Rindvieh	69%	72%	72%	71%	70%		
Schweine	18%	15%	14%	14%	15%		
Geflügel	3%	3%	4%	4%	4%		
Übrige*	2%	3%	3%	3%	3%		
Emissionen Tierproduktion	92%	94%	93%	93%	93%		
Emissionen Pflanzenbau	8%	6%	7%	7%	7%		
Total landw. Emissionen	100%	100%	100%	100%	100%		

¹⁵ Die Prognosen gemäss Möhring et al. (2015) gelten für den Zeitraum bis 2024. Zwischen 2024 und 2030 werden die Tierzahlen als konstant angenommen.

Die Emissionen des Pflanzenbaus nehmen 2030 gegenüber 2015 um 1.6% zu. Dies ist auf eine Erhöhung des Verbrauchs an mineralischem Stickstoffdünger um 3.9% bzw. 2.2% zwischen 2015 und 2020 bzw. 2030 zurückzuführen (Möhring et al., 2015).

Die Prognosen berücksichtigen nur die Veränderung der Tierzahlen. Änderungen der Produktionstechnik werden nicht eingeschlossen. 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 weitgehend kompensieren. Demnach ist bis 2030 ohne weitergehende emissionsmindernde Massnahmen keine wesentliche Emissionsminderung zu erwarten. Dies stimmt mit den Resultaten von Kupper et al. (2013) überein, welche verschiedene Szenarien mit möglichen Änderungen der Produktionstechnik berechnet haben. Gemäss Kupper und Menzi (2011) sind für eine wesentliche Reduktion der NH_3 -Emissionen grosse Anstrengungen hinsichtlich Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen erforderlich.

3.5 Landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS 2013 – Einfluss der Eingabedaten auf die Emissionsrechnung

Im Rahmen einer Studie wurden die Daten der Zusatzerhebung BFS 2013 mit denjenigen der Umfragen der HAFL 2010 und 2015 verglichen (vgl. Kap. 2.1.7.5). Zusätzlich erfolgte ein Vergleich der Resultate der einzelbetrieblichen Rechnung zur Erstellung des Ammoniakinventars wie beschrieben in Kap. 2.1.7.5 bis 2.1.10 mit den Resultaten basierend auf einer Rechnung mittels Regionalmodell auf der Grundlage der produktionstechnischen Daten gemäss Umfrage HAFL 2015 und denjenigen gemäss Zusatzerhebung des BFS 2013. Die wichtigsten Ergebnisse des Vergleichs werden unten zusammenfasst (im Anhang 7.22 sind die Resultate detailliert aufgeführt):

- Die im Rahmen der Zusatzerhebung BFS 2013 und der Umfrage HAFL 2015 befragten Betriebe wiesen insgesamt vergleichbare Strukturen (Betriebsgrösse, Tierzahlen) auf.
- Die meisten produktionstechnischen Grössen gemäss Umfragen HAFL 2010 und 2015 sowie gemäss Zusatzerhebung des BFS 2013 stimmten relativ gut überein: Weidedauer der wichtigsten Rindviehkategorien Milchkühe, Mutterkühe und Aufzuchtrinder; Anteile der Rindviehkategorien in Anbinde- und Laufstall sowie von emissionsmindernden Techniken zur Ausbringung von Gülle.
- Differenzen traten bei den Zuchtschweinen, bei der Abdeckung von Güllelagern und beim Anteil von eingearbeitetem Mist auf.

Die totalen Emissionen gemäss einzelbetrieblicher Rechnung zur Erstellung des Ammoniakinventars und berechnet mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Datensätzen der Umfrage HAFL 2015 sowie Zusatzerhebung BFS 2013 unterschieden sich um weniger als 5%. Auf einzelnen Emissionsstufen resultierten grössere Differenzen (v.a. Hofdüngerlagerung: bis 48%).

3.6 Einfluss von Modelländerungen auf die Resultate der Emissionsrechnung

Die für die Emissionsrechnung verwendete Version 5.0 des Modells Agrammon weist gegenüber der früheren Version 4.0 die folgenden Änderungen auf (vgl. Kap. 2.1.4):

- N-Ausscheidung einzelner Nutztierkategorien sowie Änderung Anteil von TAN in den Ausscheidungen von Rindvieh (Milchkühe und übriges Rindvieh)
- Verluste von N durch Lachgas (N_2O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementaren Stickstoff (N_2) werden neu zur Korrektur des N-Flusses verwendet
- Emissionsraten mineralische N-Dünger: Anwendung differenzierter Emissionsraten nach Düngertyp
- Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen werden neu nicht mehr berücksichtigt
- Zusätzlich: Revision von Methode und Datengrundlage zur Berechnung der Emissionen von Recyclingdünger (Anhang 7.11; in Kap. 2.1.4 nicht aufgeführt, da nicht Teil des Modells)

Tabelle 17 zeigt die Änderungen der Emissionen für das Jahr 2015 aufgrund der Änderungen der Modellversion 5.0. Insgesamt liegen die Emissionen berechnet mit der Version 5.0 um 5.1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ niedriger als mit Version 4.0, was einer Differenz von 12% in Bezug auf die Gesamtemissionen von 2015 entspricht. Die grösste Auswirkung hat das Weglassen der Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Pflanzenbeständen (-2.3 kt $\text{NH}_3\text{-N}$). Einen grossen Einfluss haben ebenfalls die neuen Ausscheidungswerte (-1.7 kt $\text{NH}_3\text{-N}$), wobei hier der niedrigere TAN Anteil (55% anstatt 60%) in den Ausscheidungen von Rindvieh die grössten Auswirkungen hat. Der Einbezug der Verluste durch N_2O , NO und N_2 vermindert die Emissionen um 1.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Die Verwendung der neuen Emissionsraten für mineralische N-Dünger und die Revision von Methode und Datengrundlage zur Berechnung der Emissionen von Recyclingdünger führen total zu einer Erhöhung der Emissionen von 0.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$.

Die Änderungen der Modellversion 5.0 werden auf die ganze Zeitreihe 1990 bis 2015 angewendet und haben für jedes einzelne Jahr niedrigere Emissionen in der Grössenordnung von 10% im Vergleich zur Berechnung mittels Modellversion 4.0 zur Folge.

Tabelle 17: Änderungen der Emissionsrechnung 2015 aufgrund der Verwendung von Version 5.0 im Vergleich zu 4.0 in Prozent und in kt $\text{NH}_3\text{-N}$

Parameter	Auswirkungen auf Emissionen	
N-Ausscheidung Nutztierkategorien*	%	kt $\text{NH}_3\text{-N}$
Milchkühe	-4.1%	-
Übriges Rindvieh	-6.6%	
Zuchtschweine	+6.4%	
Mastschweine	+0.6%	
Geflügel	-1.7%	
Pferde und übrige Equiden	+0.2%	
Kleinwiederkäuer	+1%	
Total Nutztiere	-4.1%	-1.7
Einbezug Verluste durch Lachgas (N_2O), Stickstoffmonoxid (NO) und elementaren Stickstoff (N_2) zur Korrektur des N-Flusses relativ zum Total Nutztiere	-3.8%	-1.6
Emissionsraten mineralische N-Dünger	+21%	+0.4
Revision von Methode und Datengrundlage der Emissionen von Recyclingdünger**	+31%	+0.2
Emissionen aus landw. Böden und Pflanzenbeständen	-100%	-2.3
Total	-12%	-5.1

* inkl. Korrekturen gemäss Fütterung für Milchkühe und Schweine, Anteil von N_{los} in den Ausscheidungen von Rindvieh (Milchkühe, übriges Rindvieh)

** In Kap. 2.1.4 nicht aufgeführt, da nicht Teil des Emissionsmodells

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1 Entwicklung der Emissionen zwischen 1990 und 2015

Die Tierproduktion trug zwischen 1990 und 2015 mit einem Anteil an den Gesamtemissionen von 82% bis 87% weitaus am stärksten zu den Ammoniakverlusten 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 60% der Verluste der Tierproduktion generieren, lässt sich diese Entwicklung zwischen 1990 und 2015 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 Hofdünger
- Abnahme der Emissionsfaktoren bei der Hofdüngerausbringung wegen niedrigerem TAN-Fluss in die Ausbringung aufgrund der höheren Verluste insgesamt auf den Stufen Stall/Laufhof plus Hofdüngerlager 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 2015 um 18% von 51.9 auf 42.5 kt $\text{NH}_3\text{-N}$.
- Die Emissionen gingen zwischen 1990 und ca. 2000 zurück (Minimum in der Zeitreihe: 2003 mit 41.6 kt $\text{NH}_3\text{-N}$) und verliefen anschliessend konstant.

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 bzw. ab ca. 2000 wieder angestiegen.

4.2 Zeitreihe der Emissionen im Vergleich zur Zeitreihe der Immissionen

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, Thöni, 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. gelegen. Drei Standorte sind städtisch oder liegen an einer Autobahn. Im Jahr 2004 wurde das Messnetz auf 21 Standorte erweitert, wovon 16 ländlich sind.

Abbildung 11 zeigt den zeitlichen Verlauf der Jahresmittel der 13 bzw. 21 Stationen, die seit 2000 bzw. 2004 betrieben werden. Insgesamt ist kein Trend in Richtung Zu- oder Abnahme der Immissionskonzentration 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 verbleiben seit

2000 auf einem mehr oder weniger konstanten Niveau. Die Trends der Immissionskonzentration landwirtschaftlichen Emissionen stimmen damit gut überein. Die Gesamtemissionen zeigen demgegenüber einen leicht abnehmenden Trend. Die Genauigkeit der berechneten Emissionen dürfte allerdings zu niedrig sein, so dass man nicht von einer Abweichung zwischen Immissionskonzentration und modellierter Gesamtemission ausgehen kann. Die Immissionskonzentration weist in warmen Jahren (2003, 2011, 2015) Höchstwerte auf, was aus chemisch-physikalischer Sicht zu erwarten ist. Die Emissionen bilden solche Peaks nicht ab, weil die zu Grunde liegenden Modelle keine Parameter aufweisen, welche den Einfluss der Temperatur auf die Emissionen abbilden können.

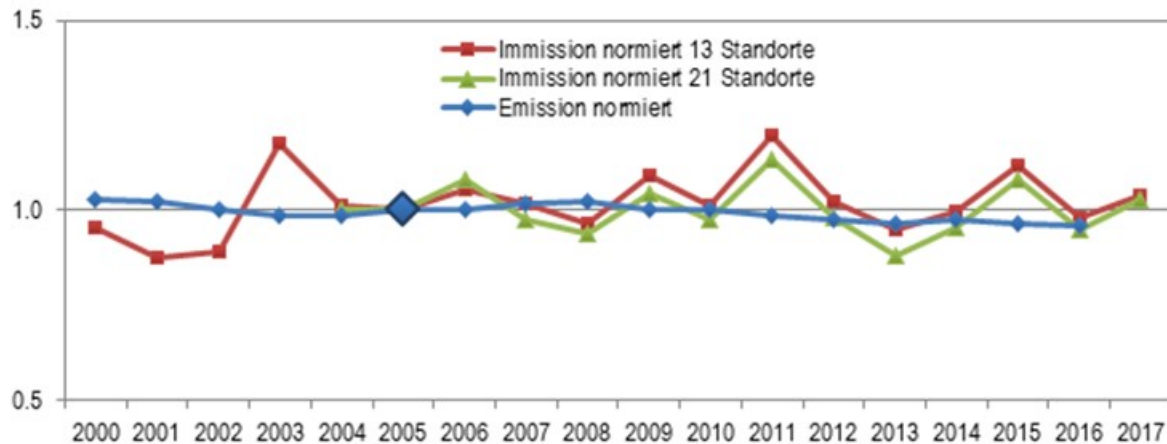


Abbildung 11: Entwicklung der Ammoniak-Immissionskonzentrationen in der Schweiz zwischen 2000 und 2017 im Vergleich zu den modellierten Emissionen. Die Emissionen (Total) und die Mittelwerte der Immissionen an 13 bzw. 21 Messstandorten wurden auf das Bezugsjahr 2005 normiert.

Zwischen 1990 und 2000 sind viel weniger Messungen des gasförmigen Ammoniaks vorhanden als ab 2000, so dass für Vergleiche vor 2000 nur die grossräumig beeinflussten Konzentrationen der Summe von Ammoniak und ammoniumhaltigen Aerosolen herangezogen werden können (vgl. Kupper et al., 2013). Beim Input für die Berechnungen der Emissionen konnte für 1990 und 1995 nicht auf die Ergebnisse von gezielten Umfragen bei Landwirtschaftsbetrieben zurückgegriffen werden, welche erst seit 2002 vorliegen. Daher kann man nicht von einer wirklich homogenen Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2015 ausgehen, und ein Vergleich mit dem zeitlichen Verlauf der Immissionen kann wegen der geringen Datendichte bei den Immissionen vor 2000 nicht zu einem gesicherten Ergebnis führen. Immissionskonzentrationen und modellierte Emissionen stimmen jedoch qualitativ insgesamt und unter Berücksichtigung der Datengrundlage für den ganzen Zeitraum 1990 bis 2015 ausreichend überein. Die Trends beider Zeitreihen sollten auch in Zukunft verglichen werden. Bei einem Auseinanderlaufen der Datenreihen müsste das Emissionsmodell vertieft überprüft werden.

4.3 Unsicherheiten und deren Auswirkungen

Aus der Art der Generierung der Eingabeparameter, welche den jeweiligen Stand der Produktionstechnik widerspiegeln, ergeben sich zwangsläufig gewisse Unsicherheiten. Die Eingabeparameter von 1990 und 1995 basieren auf Expertenannahmen und den für diese Zeit verfügbaren Unterlagen zur Produktionstechnik (vgl. Kap. 2.1.7). Somit lassen sich die realen Verhältnisse dieser Periode kaum abschliessend rekonstruieren. Man kann aber davon ausgehen, dass zumindest die wichtigen Trends korrekt abgebildet wurden. Dies liess sich mit unabhängigen Daten in vielen Fällen verifizieren. Die Zunahme von Laufställen oder Label-

ställen zwischen 1990 und 2015 wird beispielsweise durch die Daten zur Teilnahme der Betriebe an den BTS-/RAUS-Programmen untermauert. Allerdings zeigen die Daten gemäss Zusatzerhebung des BFS, Umfrage HAFL 2010, 2015 und die Daten gemäss BTS-/RAUS-Programme gewisse Diskrepanzen (Kap. 3.5). In den meisten Fällen stimmten die Daten gemäss Zusatzerhebung des BFS mit denjenigen gemäss BTS-/RAUS-Programmen gut überein. Die Abweichungen zu den Umfragedaten HAFL 2015 lassen sich nicht immer befriedigend erklären.

Aufgrund der Methodik, auf welchen die Umfragen basieren (Schichtung der Betriebe sowie der Ziehung der Stichprobe) kann man die ausgewerteten Datensätze als repräsentativ für die Grundgesamtheit der Schweiz betrachten (Potterat, 2004). Eine eigene Überprüfung der aus den Umfragen resultierenden Datensätze (vgl. Kap. 2.1.7.3) führte zum gleichen Schluss.

Die Auswertung der Datensätze der Umfrage 2007 (Kupper et al., 2010) und 2010, (Kupper et al., 2013) und 2015 (Anhang 7.1) hinsichtlich des Anteils fehlender und nicht eindeutiger Einträge zeigte, dass insgesamt ca. 10% der Daten im Rahmen der Plausibilisierung korrigiert wurden. Dabei mussten zwangsläufig Annahmen getroffen werden, welche mit der Realität nicht in jedem Fall übereinstimmen. Aufgrund des verhältnismässig geringen Anteils korrigierter Daten und dem hohen Rücklauf der Fragebogen wird die Methodik der Umfrage als zweckmässig und die Qualität der aus der Umfrage resultierenden Daten als gut eingeschätzt. Weiter stimmten Resultate anderer Untersuchungen mit der vorliegenden Studie gut überein (z.B. Proteingehalt von Schweinefutter im Kanton Luzern; Spring, Bracher, 2013).

Wie in Kap. 2.1.7.3 beschrieben, wurde die Plausibilisierung in Richtung Überschätzung der Emissionen angelegt. Dieses Vorgehen vermindert das Risiko, dass die Emissionszahlen am Ende der Zeitreihe unterschätzt und damit die ausgewiesene Reduktion der Emissionen überschätzt werden.

4.4 Schlussfolgerungen

Das gewählte Vorgehen zur Berechnung der Ammoniakemissionen von 1990 bis 2015 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 bis 2015 bildeten Umfragen zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik die Grundlage für die Modellrechnungen. Der Vergleich der Resultate der Umfragen 2010/2015 mit der Zusatzerhebung des BFS zeigte im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung, in einzelnen Punkten aber auch Differenzen. Gemäss Modellrechnungen wirkten sich diese nur in geringem Ausmass auf die Resultate der Emissionsrechnungen aus.

Die Reduktion der Emissionen der Landwirtschaft bzw. aus der Tierproduktion um 18% bzw. 16% über 25 Jahre erscheint als moderat. Dieser Verlauf lässt sich weitgehend mit der Entwicklung der Tierbestände und den Veränderungen der Produktionstechnik erklären, die vor allem auf die neue Agrarpolitik und die darin enthaltenen Massnahmen zugunsten des Tierwohls zurückzuführen sind. Die damit verbundenen Veränderungen beeinflussten die Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Stufen (Weide, Stall/Laufhof, Hofdüngerlager und -ausbringung) relativ stark. Sowohl Techniken, welche einerseits eine Zunahme der Emissionen (Lauf- und Labelställe) und andererseits eine Emissionsminderung bewirken (z.B. emissionsmindernde Ausbringverfahren, 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 bzw. ab ca. 2000 wieder angestiegen.

Diese Entwicklung und die damit einhergehenden komplexen Wechselwirkungen innerhalb des Systems sowie die bedeutenden laufenden Veränderungen in der Landwirtschaft erfordern eine möglichst genaue Abbildung der Produktionstechnik. Der gewählte Ansatz mit Umfragen zur Produktionstechnik und einzelbetrieblichen Emissionsrechnungen dürfte diesen Rahmenbedingungen am ehesten gerecht werden. Der damit verbundene Aufwand muss man daher als gerechtfertigt betrachten.

Die Zeitreihe der Immissionsmessungen steht im Einklang mit der modellierten Zeitreihe der Emissionen ab 2002 (vgl. Kap. 4.1). Allerdings lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Datenqualität der Eingabeparameter keine vollständig homogene Zeitreihe der Emissionen zwischen 1990 und 2015 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., 2018) liegt eine Methode vor, die das Potential hat, Emissionen der Quellen Stall/Laufhof und Hofdüngerlager im Praxismassstab integral zu erfassen. 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. Die folgenden Personen haben uns bei der Emissionsrechnung (Daten, Experteneinschätzungen etc.) und bei der Berichterstattung unterstützt: Michael Studer (HAFL), Marcel Stadelmann (Hitachi Zosen Inova AG), die bei der Erhebung der Mengen mineralischer und organischer N-Dünger zur Verwendung in der Paralandwirtschaft befragten Firmen, Joseph Poffet (Jardin Suisse), Ernst Spiess (Agroscope).

6 Literatur

- Agricura. 2011. Agricura Plattform, Nr. 3, Tätigkeitsbericht 2010/2011. Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2012. Agricura Plattform, Nr. 4, Tätigkeitsbericht 2011/2012. Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2013. Agricura Plattform, Nr. 5, Tätigkeitsbericht 2012/2013. Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2014. Agricura Plattform, Nr. 6, Tätigkeitsbericht 2013/2014. Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2015. Agricura Plattform, Nr. 7, Tätigkeitsbericht 2014/2015. Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agricura. 2016. Agricura Statistiken 2005/2006 bis 2015/2016 zusammengestellt durch die Agricura Plattform, CH-3000 Bern.
- Agridea, BLW. 2016. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.8. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, Bern.
- Agridea, BLW. 2014. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.7, Juli 2014. 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. 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. 2010. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz Zusatzmodul 6: Lineare Korrektur nach Futtergehalten, Zusatzmodul 7: Import/Export-Bilanz; Auflage 1.3, April 2010. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, 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.
- Amann, M., Gomez-Sanabria, A., Klimont, Z., Maas, R., Winiwarter, W. 2017. Measures to Address Pollution from Agricultural Sources. report produced under Specific Agreement 11 under Framework Contract ENV.C.3/FRA/2013/00131 of DG-Environment of the European Commission. Version 1.0, November 23, 2017. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., Scheutz, C. 2011. Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. Waste Manage. 31(9-10): 1934-1942.

- Awale, R., Chatterjee, A. 2017. Enhanced efficiency nitrogen products influence ammonia volatilization and nitrous oxide emission from two contrasting soils. *Agron. J.* 109(1): 47-57.
- Baier, U., Baum, S. 2008. Biogene Güterflüsse der Schweiz 2006. Massen und Energieflüsse. Umwelt-Wissen Nr. 0831. Bundesamt für Umwelt, Bern, Switzerland.
- Baier, U., Fuchs, J., Galli, U., Schleiss, K. 2004. Jahresbericht zu den Inspektionen 2004 der Kompostier- und Vergärungsanlagen in der Schweiz. Schönbühl-Urlenen, CH: Verband der Kompost- und Vergärwerke Schweiz, VKS.
- Bauer, A., Mayr, H., Hopfner-Sixt, K., Amon, T. 2009. Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid-liquid separation of fermentation residues. *J. Biotechnol.* 142(1): 56-63.
- Baur P., Muller P., Herzog F., 2007. Land-use of alpine pastures is changing. *Agrarforschung* 14, 254-259.
- Beauchamp, E.G. 1983. Nitrogen loss from sewage sludges and manures applied to agricultural lands. In: Freney, J. R., Simpson, J. R., (eds.). *Gaseous Loss of Nitrogen from Plant-Soil Systems*. Dordrecht: Springer Netherlands. pp 181-194.
- Beauchamp, E.G., Kidd, G.E., Thurtell, G. 1978. Ammonia volatilization from sewage sludge applied in the field. *J. Environ. Qual.* 7(1): 141-146.
- BFS, 2010. Koordinierte landwirtschaftliche Betriebsdatenerhebung, Formular Tiererhebung 2000. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- BFS. 2008. Arealstatistik Schweiz 1992/97 - 74 Grundkategorien nach Nomenklatur 1992 (NOAS92), Hektarraster. Bundesamt für Statistik (BFS) GEOSTAT, Neuchâtel.
- BFS. 2009. Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2002, 2007. Pers. Mitteilung. D. Bohnenblust, 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 Strukturerhebung (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).
- 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).
- BLW. 2016. Agrarbericht 2015. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW. URL: <https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/produktionssysteme?highlight=BTS> (29.11.2017).
- BLW. 2014. Agrarbericht 2014. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft BLW. URL: https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzL_0l-TXAhVDVhoKHZsBDAMQFgg9MAI&url=https%3A%2F%2Fwww.admin.ch%2Fgov%2Fde%2Fstart%2Fdokumentation%2Fmedienmitteilungen.msg-id-55247.html&usq=AOvVaw3WcjhOUMID68Ug4hbxdqW- (29.11.2017).

- BLW. 2009. Entwicklung der GVE-Anteile von RAUS und BTS 1993-1998 und Beteiligung am RAUS-Programm 1999-2007 (unveröffentlichte Daten). Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
- BLW. 2008. Förderung der Tierzucht durch den Bund und die Kantone im Jahre 2007. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).
- Boldrin, A., Christensen, T.H. 2010. Seasonal generation and composition of garden waste in Aarhus (Denmark). *Waste Manage.* 30(4): 551-557.
- Bolliger, R. 1998. Wohin mit dem Klärschlamm? *Umwelt Aargau* 2: 13-15.
- Brändli, R.C., Bucheli, T.D., Kupper, T., Mayer, J., Stadelmann, F.X., Tarradellas, J. 2007. Fate of PCBs, PAHs and their source characteristic ratios during composting and digestion of source-separated organic waste in full-scale plants. *Environ. Pollut.* 148(2): 520-528.
- Bretscher, D., Kupper, T. 2012. Categorization of livestock animals in Switzerland. CH-8046 Zürich: Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station (ART).
- Bühler, M., Häni, C., Kupper T. 2018. Open-path plume measurements and bLSsource emission calculation. Application for farm-scale emissions. Presentation held at livAGE Training school 2018 April 17th -18th, Agroscope Tänikon, Switzerland.
- Buhlmann, T., Hiltbrunner, E., Korner, C., Rihm, B., Achermann, B. 2015. Induction of indirect N₂O and NO emissions by atmospheric nitrogen deposition in (semi-)natural ecosystems in Switzerland. *Atmos Environ* 103: 94-101.
- Butterbach-Bahl, K., Nemitz, E., Zaehle, S., Billen, G., Boeckx, P., Erisman, J.W., Garnier, J., Upstill-Goddard, R., Kreuzer, M., Oenema, O., Reis, S., Schaap, M., Simpson, D., de Vries, W., Winiwarter, W., Sutton, M.A., 2011. Nitrogen as a threat to the European greenhouse balance, 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.
- 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.
- Donovan, W.C., Logan, T.J. 1983. Factors affecting ammonia volatilization from sewage-sludge applied to soil in a laboratory study. *J. Environ. Qual.* 12(4): 584-590.
- 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.
- Edelmann, W., Schleiss, K. 1999. Ökologischer, ökonomischer und energetischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe. Bundesamt für Energie.
- Edelmann, W., Schleiss, K. 2008. Bestimmung der TS- und OS-Gehalte von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung. Baar: Arbeitsgemeinschaft Bioenergie arbi.
- EEA. 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. 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, 2018a. Switzerland's Informative Inventory Report 2018 (IIR). Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Submission of March 2018 to the United Nations ECE Secretariat. Federal Office for the Environment (FOEN), Berne.

- FOEN, 2018b: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2016: National Inventory Report, CRF-tables. Submission of April 2018 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern. URL: <http://www.climate reporting.ch> (13.04.2018).
- Frei, E., Vökt, U., Flückiger, R., Brunner, H., Schai, F. 1980. Bodeneignungskarte der Schweiz, Massstab 1:200000. Grundlagen für die Raumplanung, Bundesämter für Raumplanung, Landwirtschaft und Forstwesen, EDMZ Bern.
- Furrer, O.J., Bolliger, R. 1978. Die Wirksamkeit des Stickstoffes im Klärschlamm. Schweiz.Landw.Fo. 17(1/2): 137-147.
- Genossenschaft Ökostrom Schweiz 2014: Projekte zur Emissionsverminderung im Inland – Methanemissionsreduktion bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen in der Schweiz (Bündel I) – Monitoringberichte zu Handen BAFU für die Jahre 2010, 2011 und 2012. Frauenfeld, Schweiz (nicht veröffentlichter Bericht).
- GES Biogas GmbH 2014: Projekte zur Emissionsverminderung im Inland – Methanemissionsreduktion bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen in der Schweiz (Bündel II) – Monitoringberichte zu Handen BAFU für die Jahre 2011 und 2012. Zürich, Schweiz (nicht veröffentlichter Bericht).].
- Gotze, R., Boldrin, A., Scheutz, C., Astrup, T.F. 2016. Physico-chemical characterisation of material fractions in household waste: Overview of data in literature. Waste Manage. 49: 3-14.
- 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.
- Häni, C., Sintermann, J., Kupper, T., Jocher, M., Neftel, A. 2016. Ammonia emission after slurry application to grassland. Atmos. Environ. 125: 92-99.
- Hauert. 2012. Das Wichtigste zur Düngung. Hauert HBG Dünger AG (Hrsg.).
- Hoop, D., Schmid, D. 2016. Betriebstypologie ZA2015 (BT-ZA2015) <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/search.html#Betriebstypologie>.
- Hügi, M., Gerber, P. 2006. Bericht Abfallstatistik 2004. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft im Jahr 2004. Umwelt-Zustand Nr. 0638. Bundesamt für Umwelt.
- Hügi, M., Gerber, P., Hauser, A., Laube, A., Quartier, R., Schenk, K., Wysser, M. 2008. Abfallwirtschaftsbericht 2008. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Umwelt-Zustand Nr. 0830. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Hügi, M., Kettler, R. 2004. Abfallstatistik 2002. Mit Daten der KVA-Planung 2003. Umwelt-Materialien Nr. 186. Abfall. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/3/a-a0510e.pdf> (09.09.2016).
- Johnson, A.C.B., Reed, K.F., Kebreab, E. 2016. Short communication: Evaluation of nitrogen excretion equations from cattle. J. Dairy Sci. 99(9): 7669-7678.

- Kessler, J., Zogg, M., Bächler, E. 1994. Ein kritischer Blick in den Schweinetrog. *Agrarforschung* 1(7): 313-316.
- Kettler, R. 2002. Abfallstatistik 2000. Umweltmaterialien Nr. 152. Abfall. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
- Krause, K., Niklaus, P.A., Schleppi, P. 2013. Soil-atmosphere fluxes of the greenhouse gases CO₂, CH₄ and N₂O in a mountain spruce forest subjected to long-term N addition and to tree girdling. *Agr. Forest. Meteorol.* 181: 61-68.
- Külling, D., Candinas, T., Stadelmann, F.X. 2002. Nährstoffe und Schwermetalle im Klärschlamm 1975 - 1999. *Agrarforschung* 9(5): 200-205.
- Kupper, T. 2016. Inclusion of nitrous oxide (N₂O), nitrogen oxides (NO_x) and diatomic nitrogen (N₂) emissions into N-flow models for the determination of ammonia emissions. CH-3052 Zollikofen: Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften.
- Kupper, T. 2015. Separierung von Gülle und ihr Einfluss auf Ammoniakemissionen. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T. 2013. Biozid-Produkte für die Hygiene im Veterinärbereich. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, Sektion Oberflächengewässer Qualität, 3003 Bern. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen (URL: <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/weitere-informationen/>; 03.11.2017).
- 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. 2015b. 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., Achermann, B., Rihm, B., Zaucker, F., Nyfeler-Brunner, A., Leuenberger, C., Menzi, H. 2010. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2007. Prognose bis 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität, 3003 Bern.
- Kupper, T., Menzi, H. 2011. Reduktionspotenzial der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen bis 2030. Technischer Schlussbericht zuhanden Bundesamt für Umwelt, BAFU. Zollikofen: Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL).
- LeMonte, J.J., Jolley, V.D., Summerhays, J.S., Terry, R.E., Hopkins, B.G. 2016. Polymer coated urea in turfgrass maintains vigor and mitigates nitrogen's environmental impacts. *Plos One* 11(1).
- Mandaliev, P., Schleiss, K. 2016. Kompostier- und Vergärungsanlagen. Erhebung in der Schweiz und in Liechtenstein. Umwelt-Zustand Nr. 1602. Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Menzi, H., Arrigo, Y., Huguenin, O., Mürger, A., Schori, F., Wyss, U., Schlegel, P. 2016a. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Milchkühe. *Agrarforschung* 7(10): 428-435.
- Menzi, H., Stoll, P., Schlegel, P. 2016b. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Schweine. *Agrarforschung* 7(11-12): 484-489.

- Menzi, H., Shariatmadari, H., Meierhans, D., Wiedmer, H. 1997. Nähr- und Schadstoffbelastung von Geflügelausläufen. *Agrarforschung* 4(9): 361-364.
- MeteoSchweiz, 2011. Klimabulletin Jahr 2011
URL: <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/service-undpublikationen/publikationen.html?topic=/content/meteoswiss/tags/topics/klima/publication/klimabulletin-jahr> (23.08.2017).
- 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.
- Moseley, P.J., Misselbrook, T.H., Pain, B.F., Earl, R., Godwin, R.J. 1998. The effect of injector tine design on odour and ammonia emissions following injection of bio-solids into arable cropping. *J. Agr. Eng. Res.* 71(4): 385-394.
- Nicholson, F., Bhogal, A., Cardenas, L., Chadwick, D., Misselbrook, T., Rollett, A., Taylor, M., Thorman, R., Williams, J. 2017. Nitrogen losses to the environment following food-based digestate and compost applications to agricultural land. *Environ. Pollut.* 228(Supplement C): 504-516.
- NIR 2018: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2016: National Inventory Report, CRF-tables. Submission of April 2018 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern. <http://www.climatereporting.ch> [13.04.2018]
- O'Connor, J., More, S.J., Griffin, J.M., O'Leary, E. 2009. Modelling the demographics of the Irish cattle population. *Prev. Vet. Med.* 89(3-4): 249-254.
- 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.
- Proviande. 2017. Datenauszug Fleischmarkt 1990-2016. Pers. Mitteilung. M. Schneider, Proviande Genossenschaft Bern. <https://www.proviande.ch/de/dienstleistungen-statistik/statistik/publikationen/archiv.html> (04.10.2017)
- Pu, G.X., Barry, G., Bell, M. 2010. Gaseous nitrogen losses following soil amendment with biosolids under controlled conditions. *J. Residuals Sci. Tech.* 7(4): 209-217.
- 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.
- Robinson, M.B., Polglase, P.J. 2000. Volatilization of nitrogen from dewatered biosolids. *J. Environ. Qual.* 29(4): 1351-1355.
- Robinson, M.B., Roper, H. 2003. Volatilisation of nitrogen from land applied biosolids. *Aust. J. Soil. Res.* 41(4): 711-716.

- Rösemann, C., Haenel, H.D., Dammgen, U., Freibauer, A., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C., Osterburg, B. 2017. Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2015. Report on methods and data (RMD) Submission 2017. Thünen Report 46.
- 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.
- Ruile, S., Schmitz, S., Monch-Tegeder, M., Oechsner, H. 2015. Degradation efficiency of agricultural biogas plants - A full-scale study. *Biores. Technol.* 178: 341-349.
- Saxer, M., Steinhöfel, H., Bohnenblust, D., Borluz, N., Murbach, F. 2004. Einblicke in die schweizerische Landwirtschaft. Ausgabe 2004. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- Schärer, S., Presi, P., Hattendorf, J., Chitnis, N., Reist, M., Zinsstag, J. 2014. Demographic model of the Swiss cattle population for the years 2009-2011 stratified by gender, age and production type. *Plos One* 9(10).
- Schleiss, K. 2011. Jahresbericht 2011. Ergebnisse der inspizierten Anlagen in 19 Kantonen. Münchenbuchsee: Arge Inspektorat der Kompostier- und Vergäranlagen der Schweiz.
- Schleiss, K. 2016. Jahresbericht 2015. Ergebnisse von 240 inspizierten Anlagen in 19 Kantonen. Münchenbuchsee: Arge Inspektorat der Kompostier- und Vergäranlagen der Schweiz.
- Schleiss, K. 2017. Erhebung Schweizer Daten zu Mengen in der Kompostierung, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, Schlussbericht.
- Schweizerischer Bundesrat. 2017. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV) vom 23. Oktober 2013 (Stand am 14. November 2017).
- Seitler, E., Thöni, L. 2018. Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2017. Messbericht. Rapperswil: FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung.
- SFOE 2016: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien (Swiss renewable energy statistics). Ausgabe 2015. Swiss Federal Office of Energy, Bern.
- 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.
- Spek, J.W., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., Hendriks, W.H., Bannink, A. 2013. Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96(7): 4310-4322.
- 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.
- Spörri, A., Erny, I., Angele, H.-C., Tratschin, R., Hermann, R., Hermann, L. 2016. Angebots- und Nachfragepotenzial mineralischer Recyclingdünger in der Schweiz. Modul B: Marktvolumen, Marktpotenzial, Machbarkeit. Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- Sutton, M.A., Oenema, O., Erisman, J.W., Leip, A., van Grinsven, H., Winiwarer, 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.

- Thapa, R., Chatterjee, A., Awale, R., McGranahan, D.A., Daigh, A. 2016. Effect of enhanced efficiency fertilizers on nitrous oxide emissions and crop yields: a meta-analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 80(5): 1121-1134.
- Tiway, A., Williams, I.D., Pant, D.C., Kishore, V.V.N. 2015. Assessment and mitigation of the environmental burdens to air from land applied food-based digestate. *Environ. Pollut.* 203: 262-270.
- 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).
- van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C.M., de Haan, B.J., Huijsmans, J.F.M., Luesink, H.H., van der Sluis, S.M., Velthof, G.L. 2014. Emissions into the atmosphere from agricultural activities in 2012. Calculations for ammonia, nitric oxide, nitrous oxide, methane and fine particulate matter using the NEMA model. Wageningen. WOt technical report 3 (in Dutch). Wageningen, NL: The Statutory Research Task Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu).
- 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 Discuss.* 2018: 1-32.
- 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.
- Willen, A., Jonsson, H., Pell, M., Rodhe, L. 2016. Emissions of nitrous oxide, methane and ammonia after field application of digested and dewatered sewage sludge with or without addition of urea. *Waste Biomass Valorization* 7(2): 281-292.
- Wilson, J.D., Thurtell, G.W., Kidd, G.E., Beauchamp, E.G. 1982. Estimation of the rate of gaseous mass-transfer from a surface source plot to the atmosphere. *Atmos. Environ.* 16(8): 1861-1867.
- Zubillaga, M.S., Rimski, H., Korsakov, Traveria, G., Lavado, R.S. 2005. Ammonia volatilization from different organic amendments during storage and after field application. *Agrochimica* 49(5-6): 169-174.

7 Anhang

7.1 Umfrage 2015: Anteile fehlender und nicht eindeutiger Einträge

Rindvieh: Aufstallung, Laufhof, Weide

	Aufstallung ^a		Typ		Laufhof ^b		Oberfläche		Weide ^c			
					Zutritts- dauer				Stun- den/Tag	Tage/Jahr		
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Milchkühe												
Ø Anteil pro Fragebogen	12%	19%	23%	1.3%	28%	0.7%	19%	14%	15%	0.5%	18%	0.5%
Ø Anteil nach Summe Tiere	3.4%	26%	18%	5.0%	6.5%	0.7%	6.5%	13%	5.7%	0.7%	8.9%	0.4%
Ø Bestandesgrösse total*	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Ø Bestandesgrösse betroffen**	7	33	19	96	6	24	9	23	9	31	12	22
Aufzuchtrinder unter 1-jährig												
Ø Anteil pro Fragebogen	16%	22%	25%	0.5%	33%	0.3%	29%	2.3%	30%	1.0%	30%	0.3%
Ø Anteil nach Summe Tiere	13%	26%	23%	0.9%	25%	0.2%	22%	1.9%	25%	0.8%	25%	0.2%
Ø Bestandesgrösse total	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Ø Bestandesgrösse betroffen**	8	13	10	18	8	6	8	9	9	9	9	8
Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig												
Ø Anteil pro Fragebogen	13%	21%	25%	1.1%	20%	0.4%	19%	3.7%	19%	1.1%	18%	0.2%
Ø Anteil nach Summe Tiere	6.5%	26%	21%	1.5%	10%	0.4%	10%	2.8%	13%	1.1%	13%	0.2%
Ø Bestandesgrösse total	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Ø Bestandesgrösse betroffen**	5	11	7	11	4	8	4	6	6	8	6	9
Aufzuchtrinder über 2-jährig												
Ø Anteil pro Fragebogen	34%	15%	21%	0.9%	36%	0.4%	36%	3.5%	35%	1.0%	34%	0.5%
Ø Anteil nach Summe Tiere	29%	19%	20%	1.3%	29%	0.2%	30%	3.5%	31%	0.9%	30%	0.9%
Ø Bestandesgrösse total	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ø Bestandesgrösse betroffen**	4	6	4	7	4	3	4	5	4	4	4	8
Mutterkühe												
Ø Anteil pro Fragebogen	35%	27%	10%	1.1%	69%	0.9%	71%	5.2%	40%	0.8%	37%	0.5%
Ø Anteil nach Summe Tiere	12%	38%	12%	11%	11%	1.3%	12%	2.5%	16%	1.4%	14%	0.2%
Ø Bestandesgrösse total	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ø Bestandesgrösse betroffen**	4	17	15	122	2	17	2	6	5	21	4	6
Mutterkuhkälber												
Ø Anteil pro Fragebogen	2.1%	8.4%	Wie Mutterkühe						Wie Mutterkühe			
Ø Anteil nach Summe Tiere	1.4%	9.8%										
Ø Bestandesgrösse total	15	15										
Ø Bestandesgrösse betroffen**	10	17										
Masttiere Rindviehmast												
Ø Anteil pro Fragebogen	0.2%	31%	26%	1.3%	16%	1.1%	20%	1.3%	42%	0.9%	40%	0.4%
Ø Anteil nach Summe Tiere	0.4%	41%	13%	1.5%	7.9%	0.4%	6.1%	1.5%	29%	0.3%	29%	0.1%
Ø Bestandesgrösse total	27	27	27	27	29	27	29	27	27	27	27	27
Ø Bestandesgrösse betroffen**	50	36	14	30	12	9	8	30	19	9	19	4
Mastkälber												
Ø Anteil pro Fragebogen	8.4%	7.8%	12%	0.3%	4.4%	0.0%	12%	0.3%	54%	0.0%	54%	0.5%
Ø Anteil nach Summe Tiere	3.7%	9.2%	18%	0.1%	3.0%	0.0%	11%	0.1%	42%	0.0%	43%	0.1%
Ø Bestandesgrösse total	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Ø Bestandesgrösse betroffen**	5	13	15	5	7	-	10	4	8	-	9	2

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

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller befragten Betriebe

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

Pferde und andere Equiden, Kleinwiederkäuer: Weide

	Weide: Stunden/Tag ^a		Weide: Tage/Jahr ^a	
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Pferde über 3-jährig				
Ø Anteil pro Fragebogen	22%	1.1%	21%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	18%	2.9%	20%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total*	6	6	6	6
Ø Bestandesgrösse betroffen**	5	15	6	-
Pferde unter 3-jährig				
Ø Anteil pro Fragebogen	35%	0.0%	35%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	31%	0.0%	29%	0.0%
Ø Bestandesgrösse tot	4	4	4	4
Ø Bestandesgrösse betroffen**	3	-	3	-
Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jeden Alters				
Ø Anteil pro Fragebogen	37%	0.4%	35%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	24%	0.2%	26%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	3	3	3	3
Ø Bestandesgrösse betroffen**	2	2	2	-
Schafe				
Ø Anteil pro Fragebogen	37%	0.6%	33%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	27%	1.7%	21%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	25	25	25	25
Ø Bestandesgrösse betroffen**	18	75	16	-
Milchschafe				
Ø Anteil pro Fragebogen	13%	0.0%	6.7%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	2.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	94	94	94	94
Ø Bestandesgrösse betroffen**	14	-	2	-
Ziegen				
Ø Anteil pro Fragebogen	35%	0.0%	35%	0.4%
Ø Anteil nach Summe Tiere	16%	0.0%	23%	0.3%
Ø Bestandesgrösse total	13	13	13	13
Ø Bestandesgrösse betroffen**	6	-	9	9

^a Fragebogen Ziffer 2.6, a- j

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

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

Milchkühe: Fütterung Raufutter, Kraftfutter

	Fütterung Raufutter ^a		Fütterung Kraftfutter ^a			
	Sommer	Winter	Sommer		Winter	
	Fehlend	Fehlend	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Ø Anteil pro Fragebogen	9.2%	10%	14%	0.5%	11%	0.8%
Ø Anteil nach Summe Tiere	2.7%	3.9%	4.7%	1.0%	3.9%	1.0%
Ø Bestandesgrösse total*	24	24	24	24	24	24
Ø Bestandesgrösse betroffen**	7	9	8	46	9	31

^a Fragebogen Ziffer 2.7, a-e

Schweine: Aufstallung, Proteingehalt des Futters

	Aufstallung ^a		Proteingehalt des Futters ^b					
					Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1-3 ^d
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend ^c	Nicht eindeutig	Nicht eindeutig	Nicht eindeutig	Nicht eindeutig	Nicht eindeutig
Galtsauen								
Ø Anteil pro Fragebogen	8.2%	3.1%	14%	1.5%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	7.4%	1.7%	11%	2.0%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total	56	56	56	56	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	51	30	45	73	-	-	-	-
Säugende Sauen								
Ø Anteil pro Fragebogen	5.2%	3.3%	9.5%	0.0%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	2.3%	2.0%	5.4%	0.0%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total*	15	15	15	15	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	6	9	8	-	-	-	-	-
Ferkel abgesetzt bis 25 kg								
Ø Anteil pro Fragebogen	6.0%	1.9%	13%	0.0%	-	-	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	5.7%	1.6%	11%	0.0%	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse total	177	177	177	177	-	-	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	166	152	143	-	-	-	-	-
Mastschweine								
Ø Anteil pro Fragebogen	9.2%	6.6%	27%	-	0.4%	0.6%	0.0%	3.9%
Ø Anteil nach Summe Tiere	5.9%	12%	9.5%	-	1.3%	0.9%	0.0%	3.9%
Ø Bestandesgrösse total	160	160	160	-	160	160	160	160
Ø Bestandesgrösse betroffen**	101	298	57	-	527	245	-	163

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

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

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

Geflügel: Aufstallung, Tränkeeinrichtung, Freilandauslauf, Entmistungsintervall Kotband

	Aufstallung ^a		Tränkeeinrichtung ^b		Freilandauslauf ^b		Entmistungsintervall ^d	
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Junghennen								
Ø Anteil pro Fragebogen	61%	2.2%	63%	4.3%	80%	0.0%	20%	6.7%
Ø Anteil nach Summe Tiere	0.5%	7.3%	4.3%	2.7%	80%	0.0%	14%	7.4%
Ø Bestandesgrösse total*	2291	2291	2291	2291	2291	2291	6930	6930
Ø Bestandesgrösse betroffen**	20	7700	157	1400	2281	-	4931	7700
Legehennen								
Ø Anteil pro Fragebogen	55%	5.2%	57%	0.9%	60%	0.2%	8.1%	0.0%
Ø Anteil nach Summe Tiere	12%	15%	14%	0.3%	28%	1.6%	11%	0.0%
Ø Bestandesgrösse total	452	452	452	452	452	452	4066	4066
Ø Bestandesgrösse betroffen**	99	1306	114	133	212	4670	5514	-
Mastpoulets								
Ø Anteil pro Fragebogen	8.3%	0.0%	9.3%	0.9%	85%	0.0%	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	5.3%	0.0%	5.5%	1.2%	87%	0.0%	-	-
Ø Bestandesgrösse total	8659	8659	8659	8659	8659	8659	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	5493	-	5182	11500	8812	-	-	-
Masttruten								
Ø Anteil pro Fragebogen	60%	0.0%	60%	0.0%	60%	0.0%	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	2.5%	0.0%	2.5%	0.0%	2.5%	0.0%	-	-
Ø Bestandesgrösse total	352	352	352	352	352	352	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	12	-	15	-	15	-	-	-
Anderes Geflügel								
Ø Anteil pro Fragebogen	85%	0.0%	85%	0.0%	86%	0.0%	-	-
Ø Anteil nach Summe Tiere	81%	0.0%	77%	0.0%	78%	0.0%	-	-
Ø Bestandesgrösse total	6	6	6	6	6	6	-	-
Ø Bestandesgrösse betroffen**	0	-	5	-	5	-	-	-

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

* Durchschnittliche Bestandesgrösse aller Betriebe

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

Hofdüngerlagerung

	Lagervolumen ^a		Lagertiefe ^b		Häufigkeit des Aufrührens von Gülle ^c		Verdünnung der Gülle ^d		Abdeckung der Güllebehälter ^e	
	Fehlend	Fehlerhaft ^f	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend	Nicht eindeutig
Ø Anteil pro Fragebogen	2.5%	3.8%	9.0%	8.8%	15%	0.5%	13%	2.5%	5.7%	19%
Ø Anteil nach Summe Lagervolumen	1.8%	3.1%	5.1%	10%	9.9%	1.0%	11%	2.9%	4.1%	32%
Ø Lagervolumen total m ^{3*}	607	607	607	607	607	607	607	607	607	607
Ø Lagervolumen betroffen m ^{3**}	427	496	349	715	410	1107	496	701	440	1009

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

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

* Durchschnittliches Lagervolumen aller Betriebe

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

Hofdüngerausbringung: Gülle

	Ausbringtechnik ^a			Jahreszeit bei Ausbringung ^b		Acker und Futterbau ^c		Ausbringmenge ^d		Witterung ^e		Tageszeit ^f
	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Fehlerhaft ^g	Fehlend	Nicht eindeutig	Fehlend
Ø Anteil pro Fragebogen	5.4%	0.9%	48%	4.2%	3.2%	10%	3.6%	2.5%	1.4%	14%	2.3%	8.5%
Ø Anteil nach Summe Gülleproduktion	4.6%	1.1%	59%	3.8%	4.2%	8.0%	4.5%	2.9%	2.1%	3.1%	2.4%	8.0%
Ø Gülleproduktion total m ³ *	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154
Ø Gülleproduktion m ³ **	984	1434	1423	1047	1503	917	1442	1361	1689	252	1225	1084

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

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

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

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

Hofdüngerausbringung: Mist

	Einarbeitung von Mist ^a		Jahreszeit bei Ausbringung ^b			
	Fehlend	Nicht eindeutig	Stapelmist, Tiefstreumist		Geflügelmist	
			Fehlend	Fehlerhaft ^c	Fehlend	Fehlerhaft ^c
Ø Anteil pro Fragebogen	34%	4.3%	8.1%	3.8%	29%	2.4%

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

Verbrauch stickstoffhaltiger Mineraldünger

	Mineralischer Stickstoff ^a	Anteil Harnstoff ^{b,c}
	Fehlend	Fehlerhaft ^c
Ø Anteil pro Fragebogen	10%	0.5%
Ø Anteil nach landw. Nutzfläche	7.7%	0.7%
Ø landw. Nutzfläche total in ha*	26.0	26.0
Ø landw. Nutzfläche in ha**	19.4	34.3

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

* Durchschnittliche Fläche LN aller Betriebe

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

7.2 Tierzahlen 1990, 1995, 2002, 2007, 2010, 2015, 2020 und 2030

7.2.1 Für die Berechnung der Ammoniakemissionen verwendete Tierzahlen der Jahre 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 sowie für die Prognosen 2020 und 2030

*	Tierkategorie	1990	1995	2002	2007	2010	2015	2020**	2030**
R	Milchkühe	783'100	739'641	657'924	614'795	589'024	583'277	557'141	546'649
R	Aufzuchtrinder unter 1-jährig	346'400	294'738	229'514	223'261	221'571	210'174	205'496	201'838
R	Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	253'300	238'564	219'092	210'491	214'900	209'045	204'959	202'292
R	Aufzuchtrinder über 2-jährig	150'700	139'357	126'028	109'072	110'840	98'522	94'917	93'540
R	Mutterkühe	12'000	23'000	58'103	93'545	111'291	117'895	122'461	123'761
R	Mutterkuhkälber	9'600	18'400	46'925	72'166	86'264	91'147	94'743	95'750
R	Masttiere	187'800	192'888	141'706	147'958	143'797	141'668	129'787	125'959
R	Mastkälber	112'300	101'686	114'405	100'476	113'547	102'592	112'373	115'527
S	Galtsauen	129'256	108'886	108'582	105'680	106'070	93'348	97'253	99'003
S	Säugende Sauen	37'384	33'015	36'499	34'876	33'508	29'432	30'707	31'256
S	Ferkel abgesetzt bis 25 kg	299'417	274'756	326'586	344'754	350'908	329'976	327'504	340'288
S	Eber	8'400	7'112	5'784	4'170	3'685	2'682	2'850	2'914
S	Mastschweine und Remonten	1'024'627	767'906	767'887	766'890	788'149	777'256	792'111	821'168
G	Junghennen	718'900	714'448	753'918	901'798	925'522	1'032'974	997'196	1'018'983
G	Legehennen	3'083'000	2'118'248	2'154'133	2'197'685	2'438'051	2'821'943	3'323'430	3'307'325
G	Mastpoulets	2'019'900	3'230'958	4'298'170	5'002'357	5'580'103	6'897'769	6'596'887	6'927'849
G	Masttruten	94'651	170'150	123'905	112'459	58'074	49'307	68'120	71'447
G	Übriges Geflügel	21'778	16'859	8'490	14'165	23'153	22'623	28'883	29'972
P	Pferde über 3-jährig	22'092	30'364	41'709	48'078	53'441	50'798	51'677	53'971
P	Pferde unter 3-jährig	6'070	11'005	9'527	9'642	8'672	4'681	4'344	4'751
P	Ponys, Kleinpferde, Esel, Maultiere/Maulesel jed. Alters	5'879	7'556	13'209	17'161	20'407	19'682	19'585	20'441
K	Schafe	190'600	191'382	219'877	229'985	228'178	203'995	200'041	211'440
K	Milchschafe	4'265	3'023	7'159	10'212	12'362	13'564	12'656	13'235
K	Ziegen	44'800	34'606	43'003	51'878	54'739	56'121	60'660	62'698
A	Bisons über 3-jährig	-	-	143	156	222	230	-	-
A	Bisons unter 3-jährig	-	-	162	264	291	332	-	-
A	Damhirsche	-	-	5'372	7'956	9'773	10'113	-	-
A	Rothirsche	-	-	749	942	1'311	1'878	-	-
A	Lamas über 2-jährig	--	--	703	1'549	2'127	2'305	--	--
A	Lamas unter 2-jährig	-	-	296	554	842	642	-	-
A	Alpakas über 2-jährig	-	-	467	1'205	2'295	2'647	-	-
A	Alpakas unter 2-jährig	-	-	123	545	821	875	-	-

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

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

7.2.2 Herleitung der Tierzahlen Tierkategorien 2002, 2007, 2010 und 2015

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

*Die Grundlage bilden die Daten gemäss BFS (2011, 2016a); angegeben sind die Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2011, 2016a): Anhang 7.2.5

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

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

7.2.3 Vorgehen zur Herleitung der Anzahl Tiere der Rindviehkategorien nach 2008

7.2.3.1 Grundlagen und lineares Modell

In einem ersten Schritt wurde mittels einer Literaturrecherche auf Web of Science (Web of Science Core collection¹⁶) nach Modellen gesucht, welche den Aufbau einer Rindviehpopulation beschreiben. Die Suche erfolgte nach den folgenden Stichworten:

- Suche 1: TOPIC: ("cattle population") AND TOPIC: ("age distribution") AND TOPIC: (model*)
- Suche 2: TOPIC: ("cattle population") AND TOPIC: (age) AND TOPIC: (model*)
- Suche 3: TOPIC: ("cattle population") AND TOPIC: (structure) AND TOPIC: (model*)
- Suche 4: TOPIC: ("cattle population structure") AND TOPIC: (categor*) AND TOPIC: (model*)
- Suche 5: TOPIC: (cattle) AND TOPIC: (categor*) AND TOPIC: (model*) AND TOPIC: (population) AND TOPIC: (age)
- Suche 6: TOPIC: (cattle) AND TOPIC: (cow) AND TOPIC: (heifer*) AND TOPIC: (cal*) AND TOPIC: (beef) AND TOPIC: (population) AND TOPIC: (age) AND TOPIC: (model*)
- Suche 7: TOPIC: ("cattle population") AND TOPIC: (demograph*) AND TOPIC: (model*)

Die Recherche ergab die folgende Anzahl Treffer: Suche 1: 4 Treffer; Suche 2: 73 Treffer; Suche 3: 29 Treffer; Suche 4: 0 Treffer; Suche 5: 27 Treffer; Suche 6: 11 Treffer; Suche 7: 16 Treffer. Die meisten Treffer bezogen sich auf Themen wie die Verbreitung von Infektionskrankheiten, genetische Analysen oder die Zusammensetzung von Rassen innerhalb einer Rindviehpopulation. Zwei Studien behandeln die Beschreibung des Aufbaus einer Rindviehpopulation: O'Connor et al (2009) für Irland und Schäffer et al. (2014) für die Schweiz. Die Resultate von O'Connor et al (2009) wurden nicht weiter analysiert, da das Modell nur Informationen zur Altersstruktur der Population, nicht aber nach Nutzung der Tiere generierte. Weiter zeigte sich, dass die Anwendung des Modells von Schärer et al. (2014) aus den folgenden Gründen nicht zielführend ist:

- Die Tierkategorien von Schärer et al. (2014) stimmen nicht mit denjenigen nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) überein und eine klare Trennung zwischen Milch- und Mutterkühen ist mit dieser Methode nicht möglich.
- Die Methodenbeschreibung ist zu ungenau und die Anwendung des Modells ohne Hilfe der Autoren/innen nicht möglich. Zudem haben die Autoren/innen auf Anfrage mitgeteilt, dass die Anwendung des demographischen Modells mit beträchtlichem Aufwand verbunden wäre.
- Das Modell arbeitet mit Schlacht-, Mortalitäts- und Geburtsraten und generiert monatliche Schätzwerte. Dies ist für die Modellierung von Ammoniak nicht relevant.

Im Rahmen der Generierung von Prognosen für Tierzahlen modellieren Möhring et al. (2015) ebenfalls Tierkategorien basierend auf dem Modell SWISSland. In diesem Modell fehlt jedoch die Kategorie Aufzuchtrinder über 2-jährig (mündl. Mitteilung G. Mack, Agroscope), weshalb auch dieser Ansatz für die vorliegende Arbeit nicht weiterverfolgt wurde.

Aus diesen Gründen wurde ein eigener Ansatz entwickelt mit dem Ziel, die jährlichen Tierzahlen in den verschiedenen Kategorien basierend auf den jährlich verfügbaren Daten möglichst genau zu schätzen. Die Schätzung der Tierzahlen für die Rindviehkategorien Aufzuchtrinder unter 1-jährig, Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig, Aufzuchtrinder über 2-jährig, Mutterkuhkälber, Masttiere Rindviehmast und Mastkälber erfolgte mittels linearer Modelle (Anhang 7.2.3.2). Dabei wurden neben den beim BFS (2016a) vorliegenden Tierzahlen der Kategorien X1199 (Rindergattung & Wasserbüffel TOTAL), X1110 (Milchkühe) und X1150 (Mutterkühe) auch die Anzahl der geschlachteten Tiere (Kälber, Ochsen und Rinder) gemäss Proviande (2017) als Kovariablen aus der Periode 1990-2008 verwendet. Wie auch Schärer et al. (2014)

¹⁶ http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=X2ZA3JBt4r8Zdt48om&preferencesSaved=

anmerken, zeigt die Anzahl der geschlachteten Tiere keine saisonalen Muster und auch die Populationen der Milch- und Mutterkühe weisen nur geringe Fluktuationen auf. Dies spricht dafür, dass die Schlachtdaten gemäss Proviande (2017) für die Schätzung der jährlichen Tierzahlen pro Tierkategorie verwendet werden können. Von den verfügbaren Daten wurden die Zahlen aus dem Jahr 1999 nicht berücksichtigt, da sich diese erheblich von jenen der anderen Jahre unterschieden und als nicht plausibel erachtet wurden (Anhang 7.2.3.2; Abbildung 12, Seite 78). In diesem Jahr wurde die TVD eingeführt, was die Daten von 1999 erklären kann.

Für die Beurteilung der Schätzgenauigkeiten wurden lineare Regressionen zwischen den wahren und den geschätzten (fitted values) Werten für die Anzahl der Tiere in der jeweiligen Tierkategorie berechnet (Anhang 7.2.3.3). Dabei lagen die Bestimmtheitsmasse im Bereich von 99.95% (Mutterkuhkälber) bis 71.45% (Masttiere Rindviehmast). Aufgrund der relativ niedrigen Modellqualität bei den Masttieren Rindviehmast, wurde bei dieser Kategorie die Tierzahl nicht mittels des Modells geschätzt, sondern mittels der Differenz zwischen X1199 (Rindergattung & Wasserbüffel TOTAL) und dem Total von X1110 (Milchkühe), X1150 (Mutterkühe) sowie von allen übrigen mittels Modellen geschätzten Tierzahlen (Anhang 7.2.3.2). Dadurch liess sich das Bestimmtheitsmass auf rund 81% verbessern (Anhang 7.2.3.3). Über die mit dem Modell gefitteten Tierkategorien (Aufzuchtrinder unter 1-jährig, Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig, Aufzuchtrinder über 2-jährig, Mutterkuhkälber, Masttiere Rindviehmast und Mastkälber) liegt die mittlere Korrelation zwischen den wahren und den geschätzten Werten bei 0.96. Das Modell eignet sich somit gut für die Schätzung der Zielvariablen. Da sich die im Modell berücksichtigten Kategorien der geschlachteten und lebenden Tiere überschneiden und nicht aufeinander abgestimmt sind, kann nicht von einem direkten kausalen Zusammenhang zwischen den Zielvariablen und den Kovariablen ausgegangen werden. Eine weitere Interpretation der Kovariablen ist deshalb nicht möglich. Das ist für die vorliegende Fragestellung aber auch nicht notwendig.

7.2.3.2 Modellgleichungen zur Schätzung der Anzahl Tiere nach GRUD 2017 nach 2008 und statistische Angaben zu den Modellen

Kategorie GRUD 2017*	Modellgleichung**
Aufzuchtrinder unter 1-jährig [H1]	$[H1] = -289500 + 0.2581 * [\text{geschlachtete Kälber}] + -0.4058 * [X1150; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel andere Kühe}] + 0.3915 * [X1199; \text{total Rindergattung \& Wasserbüffel}]$
Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig [H2]	$[H2] = -37470 + 0.1586 * [X1199; \text{total Rindergattung \& Wasserbüffel}]$
Aufzuchtrinder über 2-jährig [H3]	$[H3] = 13340 + -0.9674 * [\text{geschlachtete Ochsen}] + 0.07993 * [X1199; \text{total Rindergattung \& Wasserbüffel}]$
Mutterkuhkälber [CS]	$[CS] = 26490 + -0.03282 * [X1110; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel Milchkühe}] + 0.7108 * [X1150; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel andere Kühe}]$
Masttiere [BC]	$[BC] = [X1199; \text{total Rindergattung \& Wasserbüffel}] - [X1110; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel Milchkühe}] - H1 - H2 - H3 - CS - FC - [X1150; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel andere Kühe}]$
Mastkälber [FC]	$[FC] = 223600 + -0.83 * [\text{geschlachtete Ochsen}] + 0.6873 * [\text{geschlachtete Rinder}] + -0.7495 * [X1110; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel Milchkühe}] + -0.6731 * [X1150; \text{Rindergattung \& Wasserbüffel andere Kühe}] + 0.2376 * [X1199; \text{total Rindergattung \& Wasserbüffel}]$

* Quelle GRUD 2107: Richner et al. (2017)

** Quelle Tierzahlen:

- [X1110; Rindergattung & Wasserbüffel Milchkühe], [X1150; Rindergattung & Wasserbüffel andere Kühe], [X1199; total Rindergattung & Wasserbüffel]: BFS (2016a)
- [geschlachtete Kälber], [geschlachtete Ochsen], [geschlachtete Rinder]: Proviande, (2016), Tabellen 14 und 15.

Statistische Angaben zu den Modellen:

Modell H1 (Aufzuchttrinder unter 1-jährig):

```
> model_H1 <-lm(H1 ~ Kaelber_S + SC + Total, data=Data1)
> summary(model_H1)

Call:
lm(formula = H1 ~ Kaelber_S + SC + Total, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-8570  -2664  -1242   2373  11061

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.895e+05  6.356e+04  -4.555 0.000449 ***
Kaelber_S    -2.581e-01  8.499e-02  -3.036 0.008886 **
SC           -4.058e-01  1.407e-01  -2.883 0.012037 *
Total         3.915e-01  2.539e-02  15.423 3.52e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4947 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9899,    Adjusted R-squared:  0.9878
F-statistic: 459.6 on 3 and 14 DF,  p-value: 3.244e-14
```

Modell H2 (Aufzuchttrinder 1-bis 2-jährig):

```
> model_H2 <-lm(H2 ~ Total, data=Data1)
> summary(model_H2)

Call:
lm(formula = H2 ~ Total, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-5377.6 -3076.2  -711.5   2906.1   7518.7

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.747e+04  1.535e+04  -2.442  0.0266 *
Total        1.586e-01  9.198e-03  17.241 9.31e-12 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3873 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9489,    Adjusted R-squared:  0.9457
F-statistic: 297.3 on 1 and 16 DF,  p-value: 9.31e-12
```

Modell H3 (Aufzuchttrinder über 2-jährig):

```
> model_H3 <-lm(H3 ~ Ochsen_S + Total, data=Data1)
> summary(model_H3)

Call:
lm(formula = H3 ~ Ochsen_S + Total, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3713.0 -2498.1   -42.3   1640.3   6179.2

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.334e+04  1.513e+04   0.882   0.392
Ochsen_S     -9.674e-01  1.173e-01  -8.246 5.92e-07 ***
Total        7.993e-02  8.347e-03   9.576 8.81e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2823 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9633,    Adjusted R-squared:  0.9584
F-statistic: 196.8 on 2 and 15 DF,  p-value: 1.721e-11
```

Modell CS (Mutterkuhkälber):

```
> model_CS <-lm(CS ~ DC + SC, data=Data1)
> summary(model_CS)

Call:
lm(formula = CS ~ DC + SC, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-939.00 -277.97  -10.57   349.16   787.62

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.649e+04  5.754e+03   4.604 0.000344 ***
DC          -3.282e-02  7.323e-03  -4.482 0.000439 ***
SC           7.108e-01  1.523e-02  46.674 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 536 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9995,    Adjusted R-squared:  0.9994
F-statistic: 1.519e+04 on 2 and 15 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Modell BC (Masttiere):

```
> model_BC <-lm(BC ~ Kuehe_S + Rinder_S, data=Data1)
> summary(model_BC)

Call:
lm(formula = BC ~ Kuehe_S + Rinder_S, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14544.1  -5964.3    825.6   6437.4  15292.7

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.821e+05  3.086e+04   5.900 2.91e-05 ***
Kuehe_S       5.495e-01  9.750e-02   5.636 4.74e-05 ***
Rinder_S     -1.643e+00  4.119e-01  -3.988 0.00119 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9470 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7145,    Adjusted R-squared:  0.6764
F-statistic: 18.77 on 2 and 15 DF,  p-value: 8.261e-05
```

Modell BC wurde zur Schätzung der Tierzahlen nicht verwendet (vgl. Tabelle oben)

```
> model_FC <-lm(FC ~ Ochsen_S + Rinder_S + DC + SC + Total, data=Data1)
> summary(model_FC)

Call:
lm(formula = FC ~ Ochsen_S + Rinder_S + DC + SC + Total, data = Data1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4896.8 -1735.8   -66.5  1351.8  4808.6

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.236e+05  4.251e+04   5.260 0.000201 ***
Ochsen_S     -8.300e-01  3.987e-01  -2.082 0.059448 .
Rinder_S      6.873e-01  1.311e-01   5.243 0.000207 ***
DC           -7.495e-01  2.034e-01  -3.685 0.003119 **
SC           -6.731e-01  1.810e-01  -3.718 0.002937 **
Total        2.376e-01  8.178e-02   2.905 0.013212 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2909 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8221,    Adjusted R-squared:  0.748
F-statistic: 11.09 on 5 and 12 DF,  p-value: 0.0003626
```

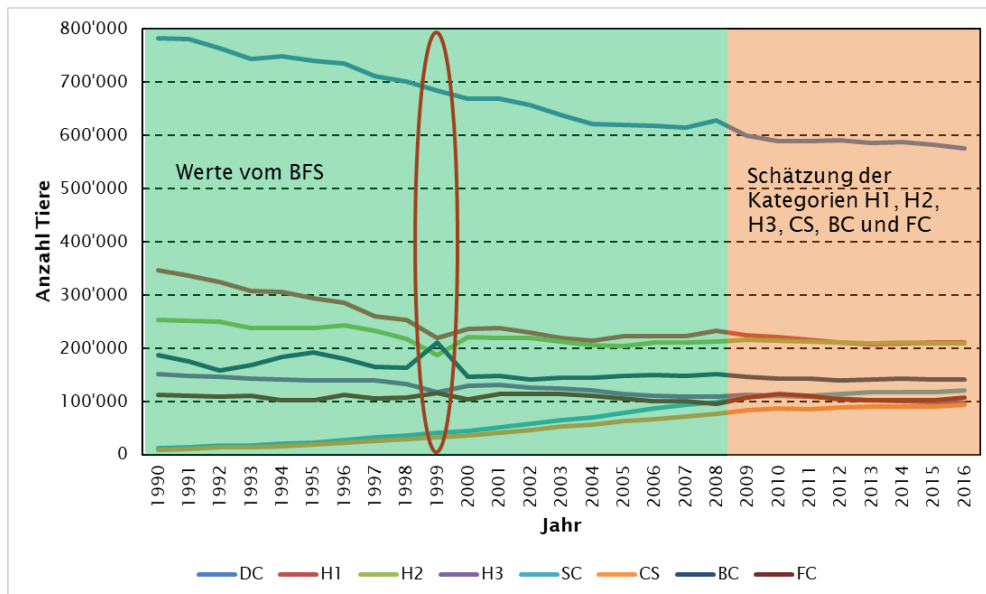
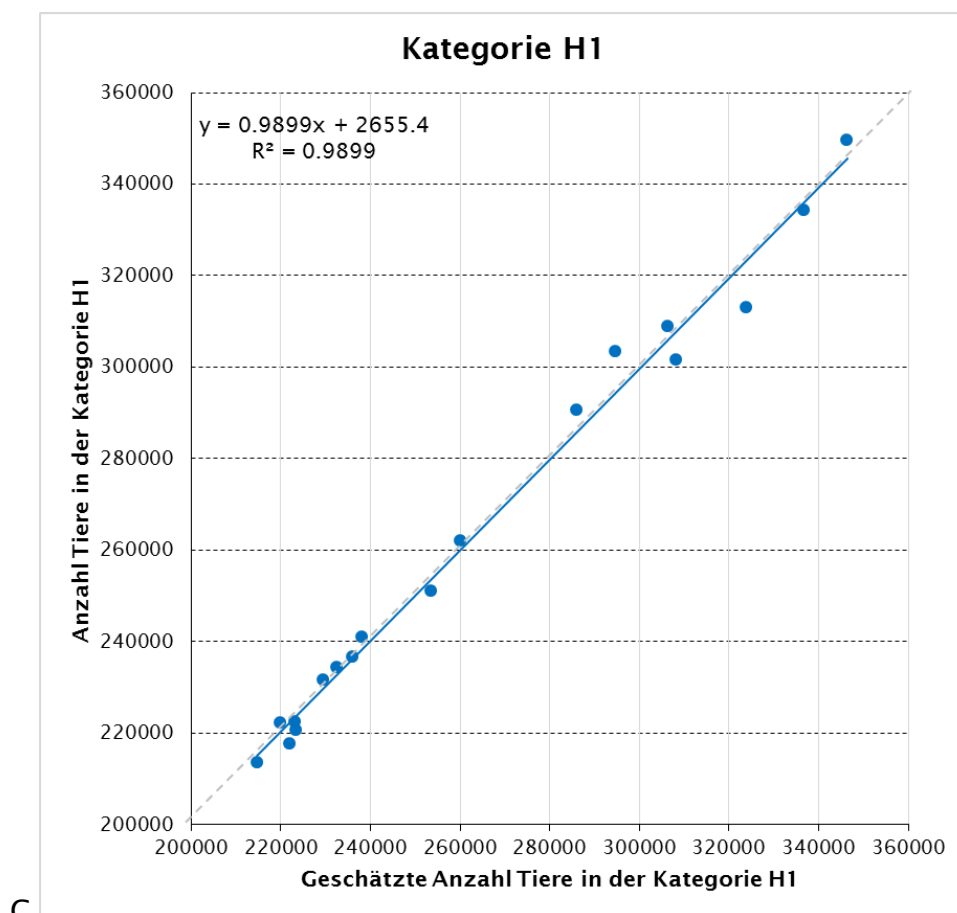
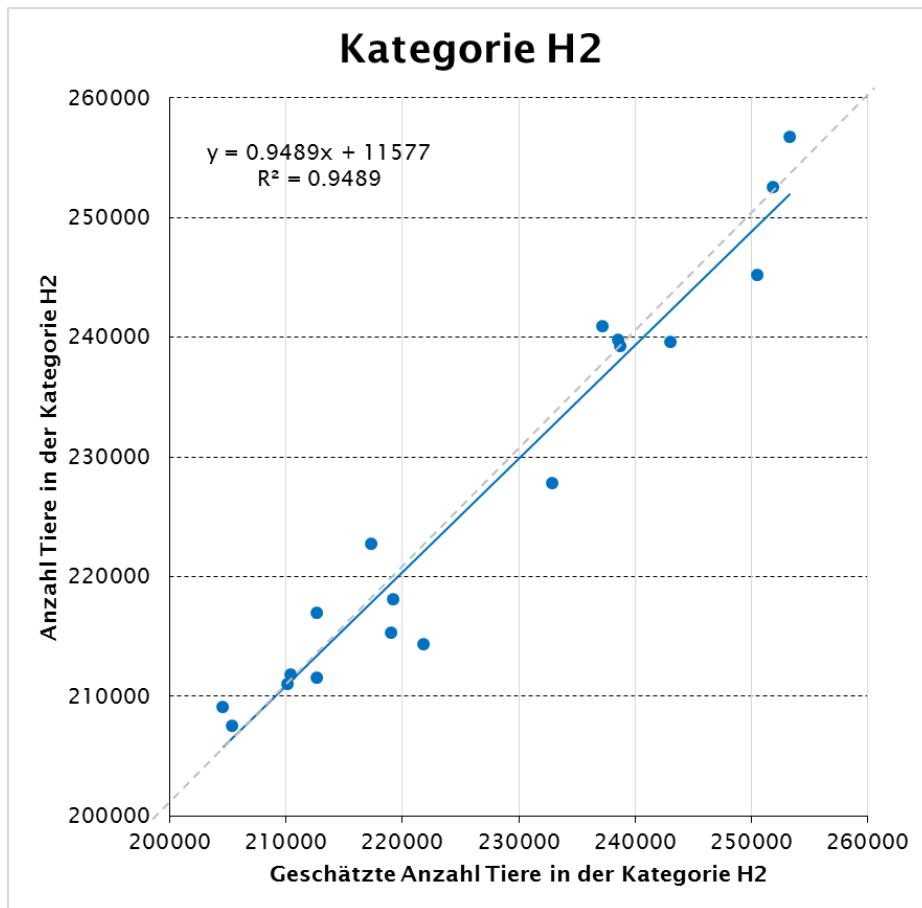


Abbildung 12: Verlauf der Tierzahlen der Rindviehkategorien mit Fokus auf die Abweichungen von 1999.

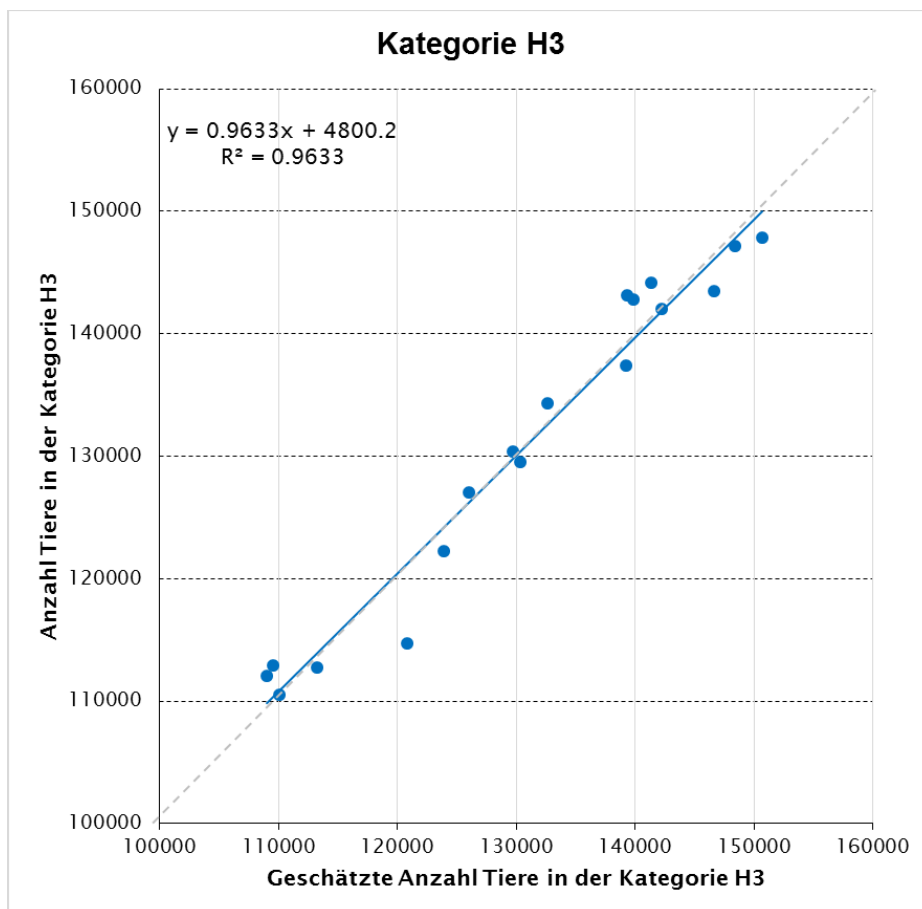
7.2.3.3 Bestimmtheitsmasse der Modellgleichungen zur Schätzung der Anzahl Tiere nach GRUD 2017 nach 2008



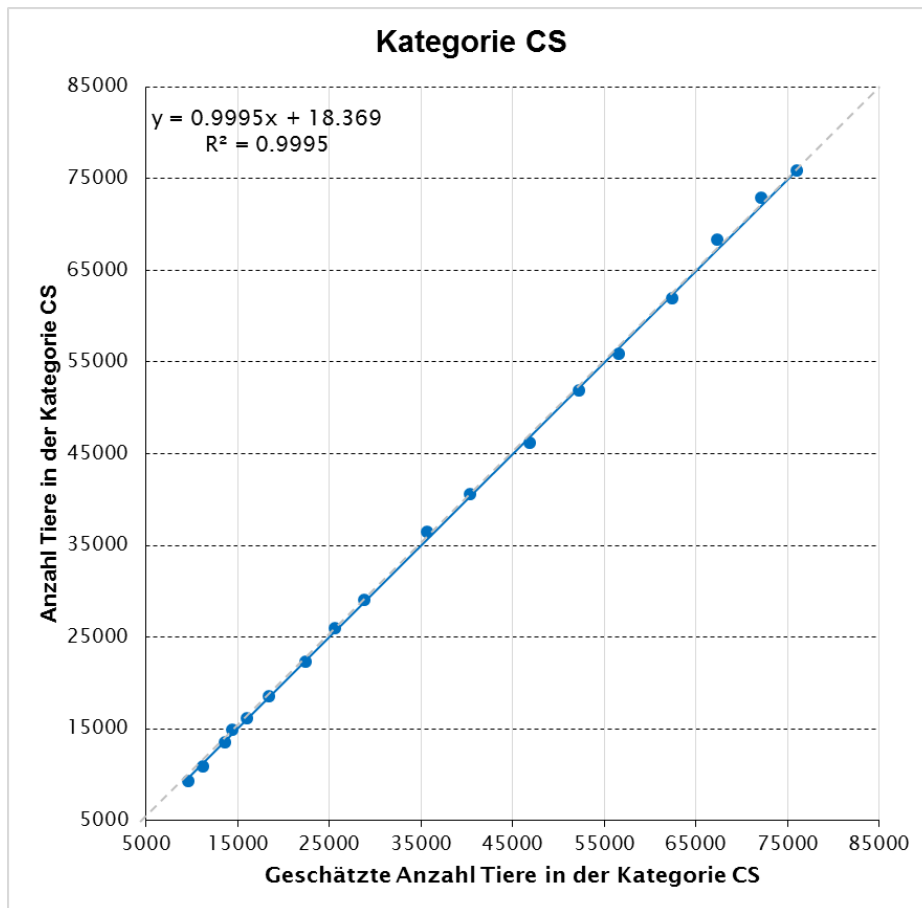
C
H1: Aufzuchttrinder unter 1-jährig



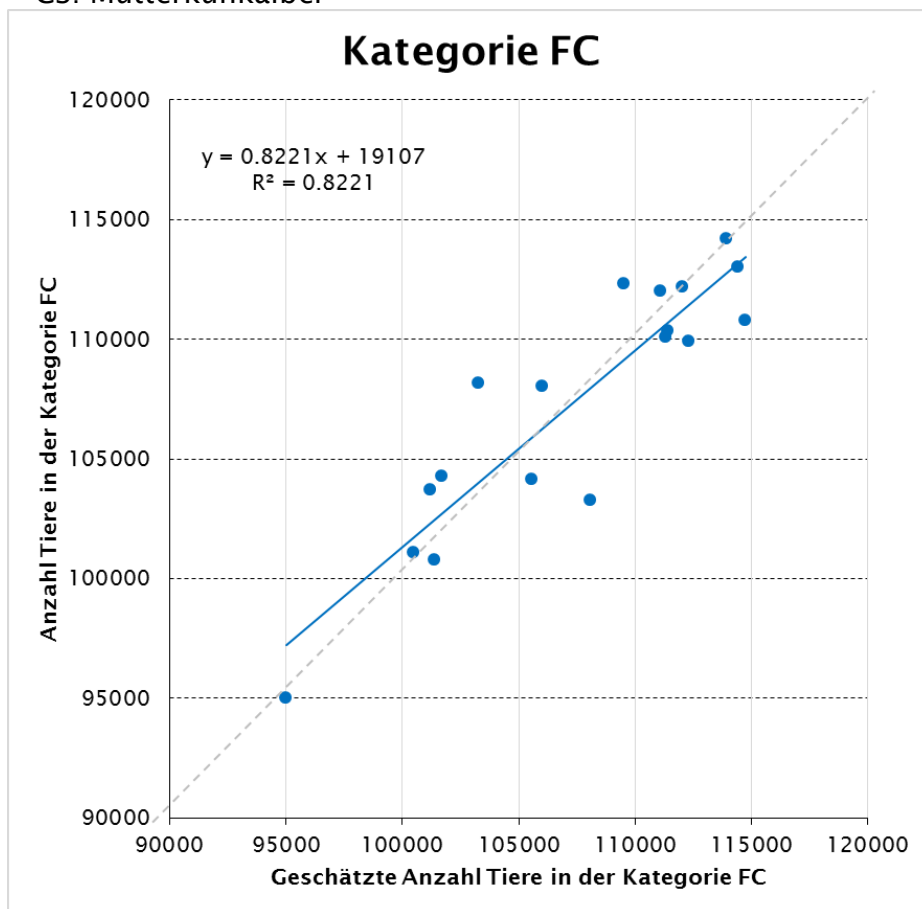
H2: Aufzuchttrinder 1 bis 2-jährig: H2



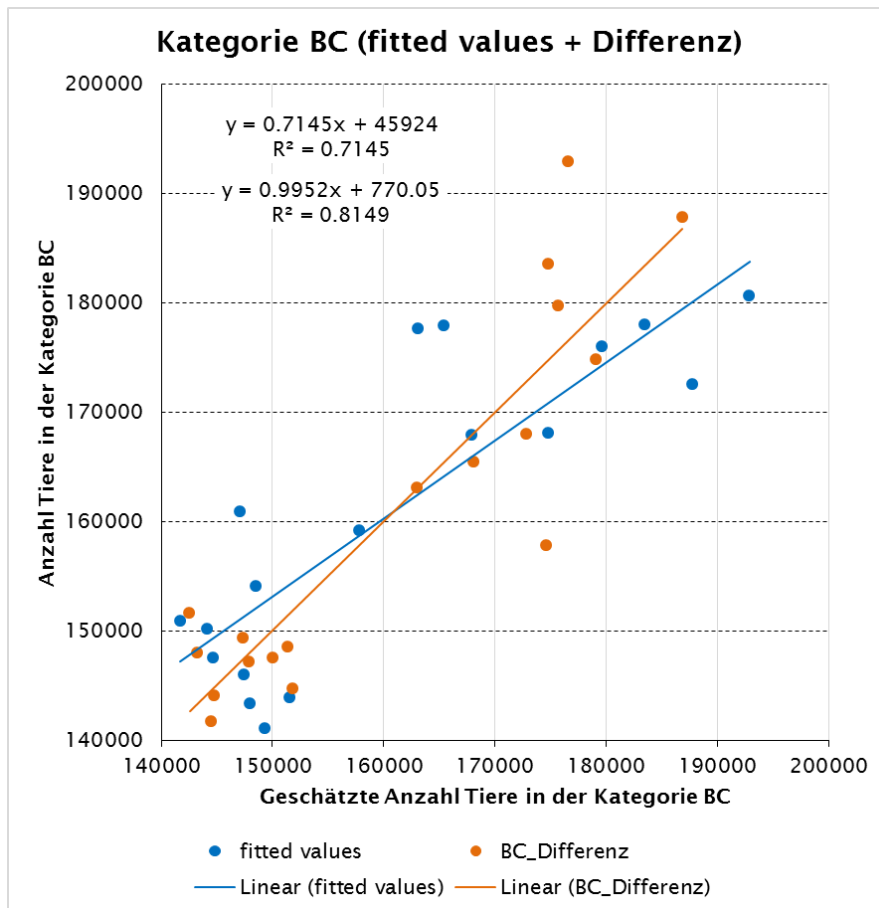
H3: Aufzuchttrinder über 2-jährig



CS: Mutterkühkälber



FC: Mastkälber



BC: Masttiere

7.2.4 Verteilung der Tierkategorien gemäss GRUD 2017 für die Betriebe der Umfrage HAFL 2010 und 2015 aus den Tierkategorien gemäss TVD

Tierkategorie ge- mäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrin- der <1J	Aufzuchtrin- der 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkäl- ber	Rinder 365- 730 Tage w	Rinder 365- 730 Tage m	Jungvieh 120- 365 Tage w**	Jungvieh 120- 365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja						
Masttiere							100%	25%	25%	25%	25%
Mutterkuhkälber								25%	25%	25%	25%
Mastkälber								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder <1J								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja						
Masttiere						100%	100%	25%	25%	25%	25%
Mutterkuhkälber								25%	25%	25%	25%
Mastkälber								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder <1J								25%	25%	25%	25%
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja						
Masttiere							100%	33%	33%	33%	33%
Mutterkuhkälber								33%	33%	33%	33%
Mastkälber								33%	33%	33%	33%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja						
Masttiere						100%	100%	33%	33%	33%	33%
Mutterkuhkälber								33%	33%	33%	33%
Mastkälber								33%	33%	33%	33%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja						
Masttiere							100%	33%	50%	33%	50%
Mutterkuhkälber								33%	50%	33%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								33%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja						
Masttiere						100%	100%	33%	50%	33%	50%
Mutterkuhkälber								33%	50%	33%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								33%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J											

Tierkategorie ge- mäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrin- der <1J	Aufzuchtrin- der 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkäl- ber	Rinder 365- 730 Tage w	Rinder 365- 730 Tage m	Jungvieh 120- 365 Tage w**	Jungvieh 120- 365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja						
Masttiere							100%	50%	50%	50%	50%
Mutterkuhkälber								50%	50%	50%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja						
Masttiere						100%	100%	50%	50%	50%	50%
Mutterkuhkälber								50%	50%	50%	50%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein						
Masttiere							100%		100%	33%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										33%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein						
Masttiere						100%	100%		100%	33%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										33%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%		33%	
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein						
Masttiere							100%	100%	100%	50%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein						
Masttiere						100%	100%	100%	100%	50%	50%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											

Tierkategorie ge- mäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrin- der <1J	Aufzuchtrin- der 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkäl- ber	Rinder 365- 730 Tage w	Rinder 365- 730 Tage m	Jungvieh 120- 365 Tage w**	Jungvieh 120- 365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein						
Masttiere							100%		100%		100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%		100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein						
Masttiere						100%	100%		100%		100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%		100%	
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein						
Masttiere							100%	100%	100%	100%	100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%					
	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein						
Masttiere						100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J											
	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie ge- mäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrin- der <1J	Aufzuchtrin- der 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkäl- ber	Rinder 365- 730 Tage w	Rinder 365- 730 Tage m	Jungvieh 120- 365 Tage w**	Jungvieh 120- 365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											100%
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie ge- mäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrin- der <1J	Aufzuchtrin- der 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkäl- ber	Rinder 365- 730 Tage w	Rinder 365- 730 Tage m	Jungvieh 120- 365 Tage w**	Jungvieh 120- 365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein						
Masttiere											
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber										50%	50%
Mastkälber									50%	50%	50%
Aufzuchtrinder <1J								100%	50%		
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	50%	50%
Mastkälber										50%	50%
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja						
Masttiere											
Mutterkuhkälber								100%	100%	100%	100%
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J											
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

Tierkategorie gemäss GRUD 2017*	Eintrag Stallsystem gemäss Umfrage HAFL 2010/2015					Zuordnung der Tierkategorien gemäss TVD zu Tierkat. nach GRUD 2017*					
	Aufzuchtrinder <1J	Aufzuchtrinder 1-2J	Masttiere	Mastkälber	Mutterkuhkälber	Rinder 365-730 Tage w	Rinder 365-730 Tage m	Jungvieh 120-365 Tage w**	Jungvieh 120-365 Tage m**	Kälber bis 120 Tage w**	Kälber bis 120 Tage m**
	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				
	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein						
Masttiere											
Mutterkuhkälber											
Mastkälber											
Aufzuchtrinder <1J								100%	100%	100%	100%
Aufzuchtrinder 1-2J						100%	100%				

*Quelle: Richner et al. (2017)

**Seit 2014 sind diese Kategorien wie folgt definiert: Jungvieh 160-365 Tage w, Jungvieh 160-365 Tage m; Kälber bis 160 Tage w, Kälber bis 160 Tage m; Definition der Tierkategorien: Anhang 7.2.5.

7.2.5 Codes der Tierkategorien gemäss BFS (2010, 2011, 2016a)

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)

X1211	Säugende & trächtige Stuten	BFS (2016a)
-------	-----------------------------	-------------

Code	Bezeichnung	Quelle
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)
X1244	Weibl. & männl. kastrierte Maultiere & Maulesel > 30 M.	BFS (2016a)
X1246	Hengste (Maultiere & Maulesel) > 30 Monate	BFS (2016a)
X1249	Maultiere & Maulesel < 30 Monate	BFS (2016a)
X1254	Weibl. & männl. kastrierte Ponys Kleinpferde & Esel > 30 M.	BFS (2016a)
X1256	Hengste (Ponys Kleinpferde & Esel) > 30 Monate	BFS (2016a)
X1259	Ponys Kleinpferde & Esel < 30 Monate	BFS (2016a)
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)

X1751	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Mastlinien)	BFS (2016a)
X1753	Konsumeier produzierende Hennen	BFS (2016a)

Code	Bezeichnung	Quelle
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)

7.3 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
Mutterkuhkälber	18	34	34	22
Vormastkälber	8 ¹⁾	-	-	-
Masttiere (Rindviehmast)	35 ²⁾	33 ³⁾	33 ³⁾	38 ³⁾
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 ⁶⁾	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 ⁴⁾	44	44	44
Pferde unter 3-jährig	60 ⁵⁾	42	42	42
Maultiere und Maulesel j. Alters	Keine Angaben; Werte aus der jew. gültigen Version Wegleitung Suisse-Bilanz übernommen			25
Ponys, Kleinpferde Esel j. Alters				16
Schafe ⁷⁾	16	12 ⁸⁾	12 ⁸⁾	18 ⁹⁾
Milchschafe ⁷⁾	21	21	21	20
Ziegen ⁷⁾	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

7.4 Parameter zur Korrektur der N-Ausscheidung von Milchkühen

Übersicht der Werte zur Korrektur der N-Ausscheidung von Milchkühen. Angegeben sind die in der Version Agrammon 5.0 und in der Version Agrammon 4.0 verwendeten Werte (vgl. Kap. 2.1.4)

Milchleistung von Milchkühen

Milchleistung Agrammon Version 5.0	KF*	Einheit	Grundlage
Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr höher als 7500 kg*	105	%	Richner et al. (2017)
Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr niedriger als 7500 kg	95	%	Richner et al. (2017)
Milchleistung Agrammon Version 4.0	KF*	Einheit	Grundlage
Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr höher als 6500 kg*	102	%	Flisch et al. (2009)
Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr niedriger als 6500 kg	90	%	Flisch et al. (2009)

* KF = Korrekturfaktor > 100%: Zunahme der N-Ausscheidung, KF < 100%: Reduktion der N-Ausscheidung

Korrektur N-Ausscheidung bei Fütterung Milchkühe Grundfutter

Sommerfütterung*	KF 5.0**	KF 4.0**	Einheit	Grundlage
Nur Gras	105	-	%	Berechnet mit Hilfe der Standardration, welche zur Berechnung der N-Ausscheidungen gemäss Richner et al. (2017) für Agrammon Version 5.0 bzw. gemäss Flisch et al. (2009) für Agrammon Version 4.0 verwendet wurde.
Gras + Dürrfutter	101	95	%	
Gras + Maissilage	97.5	92	%	
Gras + Maiswürfel	97.5	96	%	

Winterfütterung*	KF 5.0**	KF 4.0**	Einheit	Grundlage
Nur Dürrfutter	99	-	%	Berechnet mit Hilfe der Standardration, welche zur Berechnung der N-Ausscheidungen gemäss Richner et al. (2017) für Agrammon Version 5.0 bzw. gemäss Flisch et al. (2009) für Agrammon Version 4.0 verwendet wurde.
Dürrfutter + Grassilage	103	102.7	%	
Dürrfutter + Maissilage	98	98.4	%	
Dürrfutter + Maiswürfel	98	98.6	%	
Dürrfutter + Kartoffeln	100	101.0	%	
Dürrfutter + Futterrüben	100	101.9	%	

* Dauer der Sommerfütterung bzw. Winterfütterung: 200 bzw. 165 Tage (Anteil 55% bzw. 45% des Jahres)

** KF = Korrekturfaktor > 100%: Zunahme der N-Ausscheidung, KF < 100%: Reduktion der N-Ausscheidung; %. 5.0: Agrammon Version 5.0; 4.0: Agrammon Version 4.0

Korrektur N-Ausscheidung bei Fütterung Milchkühe Kraftfutter

Parameter Regression: $N_{ex} = a + bx$ (x= Menge Kraftfutter in kg pro Tag)

	Parameter 5.0*		Parameter 4.0**		Grundlage
	a	a	b	b	
Sommerfütterung	1.0393	1.0331	-0.0331	-0.0197	vgl. Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
Winterfütterung	0.9594	1.0368	-0.0184	-0.0145	

* Basiswerte: Sommerfütterung: 2 kg pro Tag, Winterfütterung: 2.8 kg pro Tag; 5.0: Agrammon Version 5.0

** Basiswerte: Sommerfütterung: 1 kg pro Tag, Winterfütterung: 2 kg pro Tag; 4.0: Agrammon Version 4.0

7.5 Parameter zur Korrektur der N-Ausscheidung von Zucht und Mastschweinen

Übersicht der Werte zur Korrektur der N-Ausscheidung von Zucht und Mastschweinen. Angegeben sind die in der Agrammon Version 5.0 verwendeten Werte (in Klammern angegeben sind die Werte der Agrammon Version 4.0)

Tierkategorie	N-Ausscheidung in kg N pro Jahr*	Basis RP-Gehalt in g pro kg Futter	Basis VES Gehalt in der Ration In MJ VES pro kg Futter**	Reduktion der N-Ausscheidung***	Minimaler N-Anfall kg N _{tot} / Jahr
Galtsauen	25 (20)	145 (145)	12.1 (11.9)	0.60% (0.72%)	21.6 (17.9)
Säugende Sauen	49 (42)	180 (165)	13.7 (13.5)	0.80% (0.72%)	37.2 (37.5)
Absetzferkel	3.9 (4.6)	177 (175)	13.7 (13.5)	1.20% (0.9%)	2.9 (4.0)
Eber	18 (18)	171 (145)	12.9 (11.9)	0.80% (0.72%)	13.5 (16.0)
Mastschweine	13 (13)	170 (170)	14.0 (13.5)	0.90% (0.72%)	9.5 (8.5)
Quelle	GRUD 2017 (Richner et al. (2017))	BLW (2017) (Agridea, BLW, 2016)			

* Angegeben sind die N-Ausscheidungswerte für das Stichjahr 2015. Die Werte der N-Ausscheidung der übrigen Stichjahre sind in Tabelle 4, Seite 24 aufgeführt.

** VES: Verdauliche Energie Schwein

*** Abnahme bzw. Zunahme der N-Ausscheidung in% pro 1 g RP kleiner bzw. grösser in der Ration im Vergleich zum Basis Gehalt

Berechnungsbeispiel Mastschweine zur Korrektur der N-Ausscheidung gemäss Agridea, BLW (2016):

Gehalt Mastschweinefutter: 14.2 MJ VES, 160 g RP

RP-Gehalt umgerechnet: $160 \text{ g RP} / 14.2 \text{ MJ VES} \times 14.0 \text{ MJ VES} = 157.7 \text{ g RP}$

Reduktion der N-Ausscheidung: $(170 \text{ g RP} - 157.7 \text{ g RP}) \times 0.9\% = 11.10\%$

N-Ausscheidung korrigiert: $13 \text{ kg N} \times (100\% - 11.10\%) = 12.45 \text{ kg N}$

7.6 Grundlagen zur Korrektur der N-Ausscheidung für Tierkategorien mit mehreren Umtrieben

Ab Stichjahr 2002 sind neben den Daten, die bezüglich Referenztag angegeben werden, Daten zum durchschnittlichen Bestand verfügbar. Für Schweine und Geflügel wird der durchschnittliche Bestand wie folgt definiert (BFS, 2000):

- „Bei ständiger Vollbelegung in den 12 Monaten vor dem Stichtag, grunds. die Anzahl Plätze.“
- „Bei Teilbelegung in den 12 Monaten vor dem Stichtag, die durchschnittlich gehaltene Anzahl Tiere¹⁷.“
- „Bei nicht ganzjähriger Tierhaltung, z.B. 2 statt 3 Umtriebe, ist die Anzahl gehaltene Tiere durch die Anzahl praxisübliche Umtriebe zu dividieren¹⁸.“

Tabelle 18 zeigt die Differenzen zwischen den Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum und den Jahresdurchschnitt in Prozent für die Jahre 2002, 2007, 2011, 2012, 2015 und 2016. Für Tierkategorien mit einem Umtrieb pro Jahr (z.B. Milchkühe) unterscheiden sich die beiden Zahlen praktisch nicht. Auch wenn sich einzelne der Kategorien (z.B. Rindergattung & Wasserbüffel < 160 Tage weiblich) relativ stark, d.h. um mehr als 10% zwischen Tierzahl nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt unterscheiden, stimmt die Gesamtzahl von Rindvieh gut überein. Die Resultate der beiden Arten der Erhebung unterscheiden sich demnach insgesamt und für die wichtigsten Kategorien Milch- und Mutterkühe kaum. Anders bei den Tierkategorien mit mehrheitlich mehr als einem Umtrieb pro Jahr: für die meisten Kategorien von Schweinen und Geflügel resultiert eine Differenz zwischen Tierzahlen nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt, wobei die erstere Zahl in der Mehrzahl der Fälle tiefer liegt. Daraus folgt, dass Betriebe mit Tierkategorien, welche Leerzeiten aufweisen können, effektiv eine Tierzahl von Null angeben, wenn nach Ende eines Umtriebs keine Tiere vorhanden sind. Bei den bezüglich Emissionen wichtigen Tierkategorien Mastschweine und Mastpoulets zeigt sich dies allerdings erst ab 2012 (Tabelle 18). Daraus lässt sich schliessen, dass für diese Tierkategorien ein Unterschied zwischen Tierzahlen nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt erst ab 2012 bzw. für die Emissionsrechnung erst ab dem Stichjahr 2015 auftritt.

Bei Mastpoulets lässt sich diese Differenz wie folgt erklären: für 2015 rechnete man mit einer durchschnittlichen Mastdauer von knapp 40 Tagen (Richner et al., 2017) und 7.3. Umtrieben pro Jahr (mündl. Mitt. H. Menzi, BAFU). Andere Quellen (mündl. Mitteilung H. Menzi, BAFU; R. Zweifel, Aviforum) geben für Umtriebsdauer und Leerzeit für 2015 39 und 11 Tage bzw. 37.5 und 8.5 Tage an. Zu einem beliebigen Zeitpunkt innerhalb eines Jahres, also auch am Referenztag, sind damit ca. 20% der Ställe leer¹⁹. Dieser Sachverhalt wird anhand von Abbildung 13 für Mastpoulets illustriert. Gemäss Tabelle 18 für war dies 2015 und auch 2016 in etwa der Fall, wie die ausgewiesene Differenz bezüglich Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum und den Jahresdurchschnitt von 15.9% und 23.4% zeigen.

Mastschweine weisen ebenfalls systematisch tiefere Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum als nach Jahresdurchschnitt auf. Die Differenzen sind allerdings relativ niedrig und vor allem ab 2012 deutlich tiefer als bei Mastpoulets. Die Unterschiede sind auch schwieriger zu erklären, da rund die Hälfte bis zwei Drittel der Ställe kontinuierlich belegt sind (Kupper,

¹⁷ Beispiel gemäss BFS (2000): Anzahl zur Verfügung stehende Plätze 300; gehaltene Tiere: 1. Umtrieb: 280, 2. Umtrieb: 200, 3. Umtrieb: 180; entspricht einem durchschnittlichen Bestand von 220 Tieren ($(280 + 200 + 180) : 3 = 220$).

¹⁸ Beispiel gemäss BFS (2000): 1. Umtrieb 280 Tiere, 2. Umtrieb 200 Tiere = 480 Tiere, was einem durchschnittlichen Bestand von 160 Tieren entspricht. $[280 + 200] : 3 = 160$ Tiere).

¹⁹ Dies ergibt sich aus der folgenden Rechnung: Leerzeit dividiert durch Dauer Produktionszyklus bzw. Mastdauer plus Leerzeit; für 2015 entspricht dies: $(11/(39+11)) = 0.22$ oder $(8.5/(37.5+8.5)) = 0.18$; im Mittel ≈ 0.2 .

2013). Verlässliche Daten zu den Anteilen Rein-Raus-Verfahren und kontinuierliche Belegung sind kaum verfügbar und unterliegen zudem Veränderungen (mündl. Mitt. C. Probst, Anicom, Zollikofen).

Tabelle 18: Differenzen zwischen den Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum und den Jahresdurchschnitt in Prozent der Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum für die Jahre 2016, 2015, 2012, 2011, 2007 und 2002 unterteilt nach Tierkategorien, die mehrheitlich einen Umtrieb bzw. mehr als einen Umtrieb pro Jahr aufweisen. Bei einer negativen Prozentangabe liegt die Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum tiefer als diejenige nach Jahresdurchschnitt. n.a.: nicht verfügbar

Code	Tierkategorie	2016	2015	2012	2011	2007	2002
Tierkategorien mit mehrheitlich einem Umtrieb pro Jahr							
X1110	Rindergattung & Wasserbüffel Milchkühe	0.3%	0.4%	n.a.	n.a.	-1.5%	-2.6%
X1123	Rindergattung & Wasserbüffel > 730 Tage weiblich	-2.9%	-4.6%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1124	Rindergattung & Wasserbüffel > 730 Tage männlich	6.0%	6.4%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1128	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage weiblich	0.2%	0.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1129	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage männlich	6.6%	7.4%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1141	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage weiblich	-18.1%	-17.8%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1142	Rindergattung & Wasserbüffel < 160 Tage weiblich	12.6%	12.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1143	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage männlich	-11.2%	-13.2%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1144	Rindergattung & Wasserbüffel < 160 Tage männlich	12.0%	10.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1150	Rindergattung & Wasserbüffel andere Kühe	0.9%	0.3%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1199	Total Rindergattung & Wasserbüffel	0.7%	0.3%	n.a.	n.a.	0.8%	1.1%
Tierkategorien mit mehrheitlich mehr als einem Umtrieb pro Jahr							
X1611	Säugende Zuchtsauen > 6 Monate	-10.0%	-9.9%	-10.3%	-9.7%	-12.0%	-14.1%
X1615	Nicht säugende Zuchtsauen > 6 Monate	0.5%	0.5%	0.3%	1.8%	3.2%	9.3%
X1621	Zuchteber	1.4%	0.6%	-5.4%	-3.5%	0.9%	4.9%
X1631	Abgesetzte Ferkel	-6.0%	-3.6%	-1.5%	0.1%	2.9%	4.7%
X1639	Remonten & Mastschweine	-8.2%	-6.2%	-6.9%	-4.0%	-3.9%	-2.0%
X1699	TOTAL Schweine	-8.1%	-6.6%	-5.8%	-3.7%	-2.8%	-0.1%
X1751	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Mastlinien)	3.4%	16.3%	2.5%	9.0%	n.a.	n.a.
X1753	Konsumeier produzierende Hennen	0.1%	-2.6%	-2.0%	-1.4%	-0.6%	3.5%
X1754	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Legelinien)	-1.2%	-3.0%	-3.6%	-6.9%	n.a.	n.a.
X1755	Junghennen Junghähne & Küken für Eierproduktion	-34.6%	-25.9%	-0.7%	-8.4%	3.6%	12.2%
X1757	Mastpoulets jeden Alters	-23.4%	-15.9%	-11.1%	0.8%	-4.6%	-1.6%
X1761	Truten jeden Alters	-21.3%	-39.1%	-43.4%	-18.4%	-26.7%	-9.6%
X1762	Trutenvormast	-23.1%	-4.0%	-10.4%	6.3%	n.a.	n.a.
X1763	Trutenausmast	-8.5%	-38.6%	-15.7%	-41.5%	n.a.	n.a.
X1799	TOTAL Nutzgeflügel	-17.7%	-13.3%	-7.7%	-0.8%	-2.8%	1.2%



Abbildung 13: Schematische Darstellung der Belegung von Ställen von Mastpoulets an einem Referenzdatum. Grundlage: Mastdauer: 39 Tage, Leerzeiten: 11 Tage, Anzahl Umtriebe pro Jahr: 7.3 (gültig für 2015).

Richner et al. (2017) geben in der GRUD 2017 die N-Ausscheidungen pro Tier oder pro Tierplatz an. Darin sind die Leerzeiten eingerechnet. Abbildung 14 zeigt dies anhand von Mastpoulets, Stand 2015: die dunkel gefärbten Perioden zeigen die Mastperiode von 39 Tagen

Dauer, die hellen Zeitabschnitte geben die Leerzeiten an. In einem solchen Produktionssystem besteht die N-Ausscheidung aus der Summe des N-Anfalls innerhalb der Zeit, an der sich Tiere im Stall aufhalten. Diese entspricht der Anzahl Umtriebe multipliziert mit der Mastdauer. Im vorliegenden Fall sind es: $7.3 \text{ [Umtriebe]} \times 39 \text{ Tage [Mastdauer]} \approx 285 \text{ Tage}$. Das heisst, dass die 0.36 kg N von einem Mastpoulet innerhalb von 285 Tagen ausgeschieden werden.

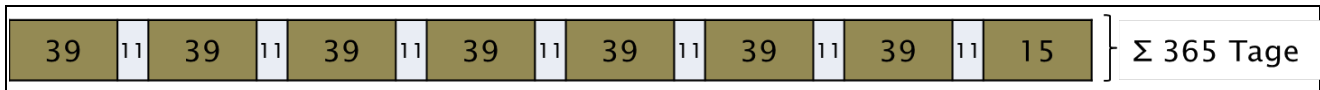


Abbildung 14: Durchschnittliche Abfolge von Mastdauer (39 Tage) und Leerzeiten (11 Tage) in der Produktion von Mastpoulets innerhalb eines ganzen Jahres (365 Tage), Stand 2015. Die Anzahl Umtriebe pro Jahr beträgt 7.3.

Wird in diesem Fall mit einer Tierzahl gerechnet, die an einem Referenztag erhoben wurde, müsste entweder die Tierzahl oder die N-Ausscheidung korrigiert werden, sofern die N-Ausscheidung wie definiert nach GRUD 2017 (Richner et al., 2017) verwendet wird. Da im Rahmen der Inventarrechnung mit Zahlen gerechnet werden soll, die mit den vom BFS publizierten Daten übereinstimmen und die über die ganze Zeitreihe verfügbar sind, muss die N-Ausscheidung korrigiert werden. Aus rechnerischen Gründen erfolgt dies via Korrektur der Emissionsfaktoren (vgl. Kap. 2.1.9). Da sich die Emissionsfaktoren direkt proportional mit der Ausscheidung verändern, führt dieses Vorgehen zum gleichen Ergebnis wie bei einer Korrektur der N-Ausscheidung.

Die Korrektur soll für Mastschweine und Mastpoulets angewendet werden. Dies aus folgenden Gründen:

- Bei Mastschweinen und Mastpoulets sind die Differenzen der Tierzahlen erhoben nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt relativ gross (Tabelle 18 in Abhang 7.7, Tierzahlen nach Referenzdatum und im Jahresdurchschnitt).
- Mastschweine und Mastpoulets tragen wesentlich zu Gesamtemissionen bei (übrige Tierkategorien mit grossen Differenzen der Tierzahlen erhoben nach Referenzdatum und nach Jahresdurchschnitt weisen im Verhältnis zum Total sehr geringe Emissionen auf, z.B. Masttruten).
- Für Tierkategorien wie Masttruten, Junghennen und übriges Geflügel liegen kaum gemessene Emissionsraten vor. Die berechneten Emissionen sind unsicher und der zusätzliche Fehler durch Unterlassen der Korrektur führt vermutlich nicht zu einer Erhöhung der gesamten Unsicherheit der Emissionsrechnung.

Dabei stellt sich die Frage nach einem möglichst plausiblen Korrekturfaktor. Für Mastpoulets liesse sich ein Korrekturfaktor von 1.2 anwenden wie oben ausgeführt. Für Mastschweine ist die Herleitung eines Korrekturfaktors anhand von einer für den gesamten Tierbestand anwendbaren Umtriebsdauer und Leerzeit nicht möglich. Daher wird die Differenz zwischen Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum und den Jahresdurchschnitt als Korrekturfaktor verwendet. Es macht allerdings Sinn, dies nur bei einer Differenz von mehr als 5% durchzuführen, da bei einer niedrigeren Differenz die Auswirkungen auf die Emissionsrechnung gering sind, und sich auch die Frage stellt, ob tatsächlich ein Unterschied zwischen den Tierzahlen bezogen auf das Referenzdatum und den Jahresdurchschnitt vorliegt. Dies ist nur für das Stichjahr 2015 der Fall. Die Differenz von 15.9%, welche zu einem Korrekturfaktor von 1.159 führt, stimmt für Mastpoulets gut mit dem oben hergeleiteten Korrekturfaktor von 1.2 gut überein. Bei Mastschweinen kommt ein Korrekturfaktor von 1.062 zur Anwendung. Dieser erscheint als plausibel angesichts der Kenntnisse zu den Anteilen Rein-Raus-Verfahren und kontinuierliche Belegung.

7.7 Tierzahlen nach Referenzdatum und im Jahresdurchschnitt

		2015			2010			2007			2002		
Code	Tierkategorie	Referenz- datum	Jahresdurch- schnitt	Diffe- renz	Referenz- datum	Jahresdurch- schnitt	Diffe- renz	Referenz- datum	Jahres- durch- schnitt	Diffe- renz	Referenz- datum	Jahres- durch- schnitt	Diffe- renz
Tierkategorien mit mehrheitlich einem Umtrieb pro Jahr													
X1110	Rindergattung & Wasserbüffel Milchkühe	583'281	581'160	0.4%	n.a.	n.a.	n.a.	563'738	572'322	-1.5%	605'404	620'899	-2.6%
X1123	Rindergattung & Wasserbüffel >730 Tage w.	100'511	105'139	-4.6%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1124	Rindergattung & Wasserbüffel >730 Tage m.	9'016	8'443	6.4%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1128	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage w.	209'583	209'594	0.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1129	Rindergattung & Wasserbüffel 365-730 Tage m.	34'498	31'946	7.4%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1141	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage w.	119'923	141'310	-17.8%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1142	Rindergattung & Wasserbüffel <160 Tage w.	160'887	141'553	12.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1143	Rindergattung & Wasserbüffel 160-365 Tage m.	69'458	78'607	-13.2%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1144	Rindergattung & Wasserbüffel <160 Tage m.	149'276	134'323	10.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1150	Rindergattung & Wasserbüffel andere Kühe	117'895	117'513	0.3%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1199	Total Rindergattung & Wasserbüffel	1'554'328	1'549'588	0.3%	n.a.	n.a.	n.a.	1'573'408	1'561'559	0.8%	1'593'697	1'576'859	1.1%
Tierkategorien mit mehrheitlich mehr als einem Umtrieb pro Jahr													
X1611	Säugende Zuchtsauen	29'436	32'344	-9.9%	32'340	35'478	-9.7%	34'904	39'103	-12.0%	36'499	41'633	-14.1%
X1615	Nicht säugende Zuchtsauen > 6 Monate	93'350	92'859	0.5%	103'375	101'501	1.8%	105'815	102'404	3.2%	108'582	98'441	9.3%
X1621	Zuchteber	2'684	2'667	0.6%	3'286	3'402	-3.5%	4'187	4'148	0.9%	5'784	5'501	4.9%
X1631	Abgesetzte Ferkel	329'976	341'757	-3.6%	352'719	352'377	0.1%	345'002	335'129	2.9%	326'586	311'299	4.7%
X1639	Remonten & Mastschweine	263'043	299'437	-6.2%	299'809	325'789	-4.0%	316'945	339'658	-3.9%	311'379	318'085	-2.0%
X1699	Total Schweine	777'258	825'823	-6.6%	787'158	818'640	-3.7%	768'240	798'266	-2.8%	767'887	782'978	-0.1%
X1751	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Mastlin.)	79'544	66'546	16.3%	92'008	83'709	9.0%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1753	Konsumeier produzierende Hennen	2'651'603	2'719'238	-2.6%	2'280'205	2'311'887	-1.4%	2'058'602	2'070'336	-0.6%	2'011'607	1'941'796	3.5%
X1754	Bruteier produzierende Hennen & Hähne (Legelin.)	90'853	93'593	-3.0%	64'803	69'303	-6.9%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1755	Junghennen Junghähne & Küken für Eierprodukt.	1'032'974	1'300'907	-25.9%	969'709	1'050'891	-8.4%	905'763	872'753	3.6%	753'918	662'229	12.2%
X1757	Mastpoulets jeden Alters	6'897'769	7'991'417	-15.9%	5'984'146	5'938'191	0.8%	5'003'267	5'235'374	-4.6%	4'298'170	4'366'748	-1.6%
X1761	Truten jeden Alters	21'425	29'796	-39.1%	32'461	38'438	-18.4%	113'081	143'264	-26.7%	123'905	135'852	-9.6%
X1762	Trutenvormast	6'247	6'494	-4.0%	9'819	9'204	6.3%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1763	Trutenausmast	21'635	29'984	-38.6%	15'565	22'030	-41.5%	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
X1799	Total Nutzgeflügel	10'802'050	12'237'975	-13.3%	9'448'716	9'523'653	-0.8%	8'253'190	8'483'294	-2.8%	7'330'126	7'242'445	1.2%

7.8 Emissionsraten für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2016)

Emissionsraten für 11 Düngertypen, abhängig von der Klimazone und vom pH-Wert des Bodens (normal: pH-Wert ≤ 7.0 ; hoch: pH-Wert > 7.0) nach EEA (2016). Angabe in g NH_3 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 ≤ 10 und 14°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.

7.9 Festlegung von Klimazone und pH-Wert des Bodens zur Berechnung der Emissionen von mineralischen N-Düngern gemäss EEA (2016)

Klimazone:

Die Klimazonen ("Climate") "Cool, Temperate, Warm" sind definiert in "Table 10.14" von "Chapter 10 (Emissions From Livestock And Manure Management)" von IPCC (2006) mittels Angaben von mittleren Jahrestemperaturen. Cool umfasst gemäss der oben erwähnten Tabelle 10.14 Zahlen zwischen ≤ 10 und 14°C . Dies liegt im Bereich der mittleren Jahrestemperaturen der Schweiz, bzw. Werte von $>14^{\circ}\text{C}$ liegen ausserhalb des Klimas der Schweiz (dies selbst in überdurchschnittlich warmen Jahren; vgl. MeteoSchweiz, 2011).

pH-Wert:

Als Grundlage zur Festlegung des Anteils der landwirtschaftlichen Nutzfläche, auf welcher Mineraldünger auf Flächen mit hohem bzw. tiefem pH-Wert ausgebracht wird, diente die Bodeneignungskarte, Massstab 1:200'000 (Frei, et al. 1980). Diese liefert die folgenden Parameter:

- Perimeterfläche [AREA] in m^2
- Landwirtschaftliche Eignung [KULTURLAND]:
 - i. ungeeignet
 - ii. Seen, Enklaven
 - iii. Ackerbau beeinträchtigt (Hangneigung $\geq 25\%$, max. 35%)
 - iv. mässige Produktion (Hangneigung $<25\%$)
 - v. gute Produktion (Hangneigung $<25\%$)
 - vi. sehr gute Produktion (Hangneigung $<25\%$)

→Es wurde angenommen, dass nur auf den Böden der Kategorien iv-vi Mineraldünger ausgebracht wird.

- Bodentyp [Bodentyp]: total 18 Bodentypen (wie z.B. eutric, gleyic, dystic, calcaric Cambisol; orthic Luvisol) die aus der FAO Nomenklatur (IUSS Working Group WRB, 2006) stammen.

→Es wurde angenommen, dass Bodentypen, welche die Bezeichnung „calcaric“ enthalten und gleichzeitig die Bezeichnung „dystic“ nicht enthalten, einen pH-Wert >7.0 aufweisen. Calcaric entspricht der Eigenschaft karbonathaltig in einer Tiefe von 20 bis 50 cm. Dystic bedeutet ein Boden mit $\text{pH} < 5.5$.

Die Auswertung gemäss diesen Kriterien ergab einen Anteil von 54% der Böden mit pH-Wert ≤ 7.0 und 46% mit pH-Wert >7.0 , auf welche Mineraldünger ausgebracht wird. Diese Verteilung des Boden pH-Werts wurde für die Berechnung der Emissionen angenommen.

Dabei ist zu beachten, dass die Unterteilung nach Bodentypen unscharf und die angegebenen Anteile von Böden mit pH-Wert ≤ 7.0 bzw. >7.0 als sehr grobe Schätzung zu betrachten sind. Bodentypen, welche neben der Bezeichnung „calcaric“ auch die Bezeichnung „eutric“ enthalten, könnten auch einen pH-Wert zwischen 6.5 und 7.0 aufweisen (eine separate Auswertung nach „calcaric“ kombiniert mit „eutric“ bzw. ohne „eutric“ ist nicht möglich). Weiter enthält ein Perimeter immer mehrere Bodentypen, deren einzelne Flächenausdehnung nicht bekannt ist. Überdies bleiben Bewirtschaftungsmassnahmen wie Kalkung, welche einen Einfluss auf den Boden pH haben, unberücksichtigt. Der Flächenanteil Böden mit pH-Wert >7.0 von 46% ist daher als Höchstwert zu betrachten. Vermutlich dürfte eine Grössenordnung von 25-30% eher zutreffen.

7.10 Berechnung Emissionen für mineralische N-Dünger gemäss EEA (2016)

Zwecks Erläuterung der Auswirkungen der neuen Emissionsraten Mineraldüngern auf die Emissionen ist unten eine Tabelle mit den folgenden Angaben aufgeführt:

- Düngerverbrauch (Spalte: Verbrauch CH+LI 2015 t Dünger/N) gemäss Agricura in t Dünger sowie t N des Jahres 2014/15. Bei diesen Zahlen ist die Menge, die in Liechtenstein eingesetzt wird, eingeschlossen
- Verbrauch Mineraldünger N in der schweiz. Landwirtschaft (Spalte: Verbrauch Landw. CH t N 2015). Bei dieser Zahl wurde die in Lichtenstein verbrauchte Menge wie folgt abgezogen: jeder Düngertyp wurde mit Faktor 0.99565 multipliziert ($1 - (199.258 \text{ t N [=Verbrauch Liechtenstein; 0.435\% \text{ der Gesamtmenge Verbrauch CH+LI}] / 45'766 \text{ t N [Gesamtmenge Verbrauch CH+LI]})$). Anschliessend wurde jeder Düngertyp mit einem Faktor von 0.96 multipliziert zur Korrektur des mineralischen N-Verbrauchs in der Paralandwirtschaft (4% des Gesamtverbrauchs; Kap. 2.2.5.3). Kap. 2.2.5.3 zeigt auch, dass Harnstoff ebenfalls in der Paralandwirtschaft eingesetzt wird. Daher wird neu auch die Menge von Harnstoff mit einem Faktor von 0.96 korrigiert, da die Annahme gemäss Kupper et al. (2013), dass Harnstoff zu 100% in der Landwirtschaft eingesetzt wird, nicht zutrifft.
- Zuordnung der Düngerkategorien gemäss Agricura zu den Düngertypen gemäss EEA (2016)
- Emissionsraten gemäss EEA (2016): EF in $\text{g NH}_3 (\text{kg N applied})^{-1}$ für die Ausbringung auf Böden mit normalem bzw. hohem pH-Wert ($\text{pH} \leq 7.0$ bzw. > 7.0); (Spalten: ER normal pH* (EEA, 2016); ER high pH* (EEA, 2016))
- Emissionsraten gemäss EEA (2016): EF in $\text{g NH}_3 (\text{kg N applied})^{-1}$ für die Ausbringung auf Böden mit normalem bzw. hohem pH-Wert ($\text{pH} \leq 7.0$ bzw. > 7.0) (Spalten: ER normal pH in $\text{NH}_3\text{-N\% N}$ (EEA, 2016); ER high pH in $\text{NH}_3\text{-N\% N}$ (EEA, 2016))
- Zum Vergleich die Emissionsraten in $\% \text{ NH}_3\text{-N}$ pro Einheit ausgebrachten Mineraldünger-N wie bisher in Agrammon implementiert (ER Agrammon (Kupper, Menzi (2013) (Spalte: ER Agrammon (Kupper, Menzi (2013)
- NH_3 Emissionen von mineralischen N-Düngern in der schweiz. Landwirtschaft (Spalte: Emissionen t $\text{NH}_3\text{-N}$ Landw. CH) berechnet basierend auf den Emissionsraten von EEA (2016) ***
- NH_3 Emissionen von mineralischen N-Düngern in der schweiz. Landwirtschaft (Spalte: Emissionen# t $\text{NH}_3\text{-N}$ Landw. CH) berechnet basierend auf den Emissionsraten von Kupper, Menzi (2013) wie bisher implementiert in Agrammon

Die Emissionsrechnung basierend auf den bisherigen Emissionsraten führte für 2015 zu einer Emission der mineral. N-Dünger von 1'773 t $\text{NH}_3\text{-N}$. Die Emissionsrechnung gemäss Emissionsraten EEA (2016) sowie mit Berücksichtigung der Verteilung der pH-Werte des Bodens (54% normaler pH-Wert, 46% hoher pH Wert) führt für 2015 zu einer Emission der mineral. N-Dünger von 2'146 t $\text{NH}_3\text{-N}$, was einer Differenz von 21% entspricht.

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

		Verbrauch CH+LI 2015t Dünger	Verbrauch CH+LI 2015 t N	Verbrauch- Landw.CH 2015 t N	Zuordnung Düngertyp\$	ER normal pH* (EEA, 2016)	ER high pH* (EEA, 2016)	ER normal pH in NH ₃ -N% N (EEA, 2016)**	ER high pH in NH ₃ -N% N (EEA, 2016)**	ER Agrammon (Kupper, Menzi (2013)	Emissionen*** t NH ₃ -N Landw. CH	Emissionen# t NH ₃ -N Landw. CH
2814.2000.011	Ammoniakgas	26	5.5	5.3	1 AH	19	35	1.6%	2.9%	2%	0.1	0.1
2834.2100.011	Kaliumnitrat	935	121	116	6 NK	15	32	1.2%	2.6%	2%	2.2	2.3
3102.1000.011	Harnstoff	14340	7232	6913	11 U	155	164	12.8%	13.5%	15%	906	1'037
3102.2100.011	Ammoniumsulfat	6027	1242	1187	4 AS	90	165	7.4%	13.6%	2%	122	24
3102.2900.011	Ammoniumsulfatsalpeter	9283	2426	2319	4 AS	90	165	7.4%	13.6%	2%	238	46
3102.3000.011	Ammoniumnitrat (AN)	43280	11693	11174	2 AN	15	32	1.2%	2.6%	2%	210	223
3102.4000.011	Mischungen AN-Calciumcarbonat	46694	12224	11682	5 CAN	8	17	0.7%	1.4%	2%	117	234
3102.5000.011	Natriumnitrat	0	0	0	2 AN	15	32	1.2%	2.6%	2%	0.0	0
3102.6000.011	Doppelsalze	1797	410	392	4 AS	90	165	7.4%	13.6%	2%	40	8
3102.9010.011	Calciumcyanamid	1026	76	72	11 U	155	164	12.8%	13.5%	2%	9	1
3102.8000.011	Mischungen von Harnstoff-mit AN	1454	322	308	11 U	155	164	12.8%	13.5%	2%	40	6
3102.9090.013	Andere Stickstoffdüngemittel	8152	1844	1762	10 O	10	19	0.8%	1.6%	2%	21	35
3102.9000.011	Calcium-Magnesiumnitrat	272	37	35	5 CAN	8	17	0.7%	1.4%	2%	0.4	1
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger	55546	7517	7183	7 NPK	50	91	4.1%	7.5%	2%	407	144
3105.3000.011	Diammoniummorthosphosphat	2938	523	500	8 NP	50	91	4.1%	7.5%	2%	28	10
3105.4000.011	Monoammoniummorthosphosphat	7.2	0.9	0.8	8 NP	50	91	4.1%	7.5%	2%	0.0	0
3105.5100.011	Mehrnährstoffdünger NP / Nitrate Phosphate	494	93	89	8 NP	50	91	4.1%	7.5%	2%	5.0	1.8
	Total										2'146	1'773

\$ Zuordnung Düngertyp gemäss Anhang, 7.7

* ER Emissionsrate wie angegeben in EEA (2016): EF in g NH₃ (kg N applied)⁻¹

** ER Emissionsrate wie angegeben in EEA (2016) umgerechnet in % NH₃-N pro Einheit ausgebrachten Mineraldünger-N

*** Emission mineralische N-Dünger berechnet basierend auf Emissionsrate gemäss EEA (2016)

Emission mineralische N-Dünger berechnet basierend auf Emissionsrate gemäss Kupper, Menzi (2013)

7.11 Ausgebrachte Mengen und Emissionsraten von Recyclingdünger

7.11.1 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 Daten zur Herleitung der Mengen basieren auf unterschiedlichen Grundlagen. Für Klärschlamm wurden Daten von 1990, 1995, 2000, 2002, 2004 und 2006 verwendet entsprechend der Verfügbarkeit von Daten (v.a. Abfallwirtschaftsberichte des BAFU). Für Kompost wurden die Mengen an Ausgangsmaterial gemäss Schleiss (2017) verwendet. Die Mengen von Gärgut aus industriell-gewerblichen Anlagen basieren auf den Erhebungen des BAFU für das Treibhausgasinventar (NIR, 2018). Für Gärgülle aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen (Co-Vergärung) wurde die Menge für jedes einzelne Jahr der Zeitreihe basierend auf Daten von Ökostrom Schweiz hergeleitet. Bei Kompost, Gärgut und Gärgülle wurde so gut wie möglich zwischen den Stickstoffflüssen von Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft (z.B. Co-Substraten) und Hofdüngern unterschieden, um eine doppelte Anrechnung der N-Fracht der Letzteren zu vermeiden. Die Konzentration von TAN in Klärschlamm basiert auf den Daten von Külling et al. (2002) und diejenige in Kompost und Gärgut auf Richner et al. (2017).

Die Fracht im Klärschlamm liess für die ganze Zeitreihe aus der in der Landwirtschaft eingesetzten Menge an Trockensubstanz herleiten (Hügi et al., 2008; Hügi, Kettler, 2004; Külling et al., 2002). Vereinfachend wurde angenommen, dass Klärschlamm während der ganzen Zeitreihe ausschliesslich in flüssiger Form ausgebracht wurde. Das Verbot der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm, das im Jahr 2003 in Kraft trat, erlaubte die Ausbringung von Klärschlamm bis maximal Ende 2008. Ab 2009 wurde daher die emittierte Menge Ammoniak von der Ausbringung von Klärschlamm auf null gesetzt.

Für Kompost liegen ausschliesslich Daten für die Menge Ausgangsmaterial zur Kompostierung vor (Schleiss, 2017). Für das Jahr 2013 veröffentlichten Mandaliev und Schleiss (2016) zusätzlich zum verarbeiteten Ausgangsmaterial die produzierten Mengen von Kompost. Basierend auf diesen Daten liess sich ein Verhältnis zwischen dem Ausgangsmaterial zur Kompostierung und dem hergestellten Produkt zur Verwendung in der Landwirtschaft berechnen. Mittels dieser Verhältniszahlen (Ziff. 7-8 in Tabelle 19) lassen sich die Mengen von Kompost zur Verwendung in der Landwirtschaft herleiten. Für Gärgut liegen die Mengen für die Endprodukte vor. Man kann vereinfachend davon ausgehen, dass Gärgut ausschliesslich in der Landwirtschaft verwendet wird (mündl. Mitteilung K. Schleiss, Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz vom 09.11.2012). Die Rechnungsschritte sind anschliessend an Tabelle 19 erläutert. Die Trockensubstanzmengen wurden anschliessend mit dem Gehalt an löslichem Stickstoff ($N_{\text{lös}}$) gemäss Richner et al. (2017) multipliziert. Die verwendeten Werte sind unten aufgeführt:

- $N_{\text{lös}}$ Kompost: 0.3 kg $N_{\text{lös}}$ t⁻¹ FS, bei 51% TS: 0.59 kg $N_{\text{lös}}$ t⁻¹ TS
- Gärgut fest: 0.3 kg t⁻¹ $N_{\text{lös}}$ FS, bei 49% TS: 0.61 kg $N_{\text{lös}}$ t⁻¹ TS
- Gärgut flüssig: 2 kg $N_{\text{lös}}$ t⁻¹ FS, bei 13% TS: 15.4 kg $N_{\text{lös}}$ t⁻¹ TS

Tabelle 19: Grundlagen zur Herleitung der in der Landwirtschaft zur Ausbringung gelangenden Recyclingdünger, basierend auf den Mengen von verarbeitetem Ausgangsmaterial sowie vom produzierten Kompost und Gärgut von 2013, publiziert von Mandaliev und Schleiss (2016)

Ziff		
1	Verarbeitete Mengen Ausgangsmaterial total (t FS)	1'031'504
2	Anteil zur Kompostierung (%)	56%
3	Anteil zur Vergärung (%)	44%
4	Ausgangsmaterial zur Kompostierung (t FS)	579'939
5	Produktion Kompost total (t TS)	195'585
6	Produktion Kompost für Landwirtschaft (t TS)	127'628
7	Ausgangsmaterial zur Kompostierung (t FS): Produktion Kompost total (t TS)	0.337
8	Ausgangsmaterial zur Kompostierung (t FS) : Produktion Kompost für Landwirtschaft (t TS)	0.220

Im Folgenden werden die Angaben in Tabelle 19 erläutert (Ziff= Ziffern in der ersten Spalte von Tabelle 19). Soweit keine weiteren Informationen angegeben sind, basieren alle Angaben auf Mandaliev, Schleiss (2016), Tab. 2 und Abb. 7. Die in Anführungszeichen gesetzten Begriffe wurden aus Mandaliev, Schleiss (2016) übernommen.

Ziff 1: Summe(„Feldrandkompostierung“, „Platzkompostierung“, „Vergärung (industriell-gewerbliche)“) [t FS] abzüglich 275'000 m³ „Holz“ auf der Outputseite; Umrechnung von m³ in t FS mittels Volumengewicht²⁰ von 0.3 t m⁻³

Ziff 2: Summe(„Feldrandkompostierung“, „Platzkompostierung“) [t FS] / Summe(„Feldrandkompostierung“, „Platzkompostierung“, „Vergärung (industriell-gewerbliche)“) [t FS]

Ziff 3: „Vergärung (industriell-gewerbliche)“ [t FS] / Summe(„Feldrandkompostierung“, „Platzkompostierung“, „Vergärung (industriell-gewerbliche)“) [t FS]

Ziff 4: Ziff 1 x Ziff 2

Ziff 5: Summe („Kompost Landwirte“, „Kompost Gartenbau“, „Kompost Private“) [m³] x 0.65²¹ [t m⁻³] x 0.51²¹

Ziff 6: „Kompost Landwirte“ [m³] / Summe („Kompost Landwirte“, „Kompost Gartenbau“, „Kompost Private“) [m³] x Ziff 5

Ziff 7: Ziff 6 / Ziff 4

Ziff 8: Ziff 7 / Ziff 4

Die Mengen von Co-Substraten von landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurden aufgrund der Energieproduktion und der Anzahl landwirtschaftlicher Biogasanlagen gemäss der Schweizerischen Statistik der Erneuerbaren Energien (SFOE, 2016) abgeschätzt. Die Annahmen zu den relativen Anteilen von Hofdüngern und Co-Substraten basieren auf den Monitoringberichten von 8 Biogasanlagen (Jahre 2010-2012; Genossenschaft Ökostrom Schweiz 2014; GES Biogas GmbH 2014) und Expertenschätzungen. Die geschätzte Menge an Co-Substraten, welche zwecks Co-Vergärung in 97 landwirtschaftlichen Biogasanlagen verarbeitet wurde, betrug im Jahr 2013 177'849 t FS. Mandaliev und Schleiss (2016) geben für 2013 138'364 t FS biogene Abfälle an, die in 71 landwirtschaftliche Biogasanlagen gelangten. Hochgerechnet auf 97 Anlagen²² stimmen die Mengen dieser beiden Schätzungen gut überein (Abweichung von 6%).

²⁰ Volumengewicht Holzhäcksels gemäss <http://www.mollet.de/info/schuettingutdichte.html>

²¹ Volumengewicht Kompost: 650 kg m⁻³ (Schleiss, (2017)); TS Gehalt Kompost: 51% (Richner et al., 2017)

²² 138'364 t FS / 71 * 97 = 189'033 t FS

Die resultierenden Frachten an TS und $N_{\text{lös}}$ sind in Tabelle 20 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 $N_{\text{lös}}$ 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 $N_{\text{lös}}$ in Gärgut grösser als im Kompost. Von 2010 an nahm die Menge von TS und $N_{\text{lös}}$ von Gärgülle zu und lag 2015 beinahe auf der gleichen Höhe wie diejenige von Gärgut flüssig industriell-gewerblicher Herkunft. Im Jahr 2015 betrug die Menge von $N_{\text{lös}}$ in Recyclingdüngern ca. 1400 t, was um rund 200 t niedriger ist als 1990.

Tabelle 20: Verwendung von Recyclingdüngern in der Landwirtschaft in 1000 Tonnen Trockensubstanz (TS) pro Jahr und löslichem Stickstoff (t $N_{\text{lös}}$)

	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2010	2013	2015
Klärschlamm flüssig (1000 t TS /a)	107	116	77	42	29	20	0	0	0
Kompost (1000 t TS /a)	56	86	124	126	128	130	135	138	140
Gärgut fest indust.-gewerbl. (1000 t TS /a)	0	0	10	14	15	23	48	94	109
Gärgut flüssig indust.-gewerbl. (1000 t TS /a)	0	0	4.3	6.3	6.5	10	21	41	47
Gärgülle* (1000 t TS /a)	0	0	0.3	3.5	6.7	13	30	44	57
Klärschlamm flüssig (t $N_{\text{lös}}$ /a)	1605	1972	1458	798	542	373	0	0	0
Kompost (t $N_{\text{lös}}$ /a)	37	54	73	74	75	77	79	81	82
Gärgut fest industriell-gewerblich (t $N_{\text{lös}}$ /a)	0	0	6.1	8.5	9.1	14	29	57	66
Gärgut flüssig industriell-gewerblich (t $N_{\text{lös}}$ /a)	0	0	66	92	100	152	321	624	723
Gärgülle* (t $N_{\text{lös}}$ /a)	0	0	3.0	31	60	114	269	400	512

*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 $N_{\text{lös}}$ von Material nicht-landwirtschaftlicher Herkunft nach der Vergärung.

Die aufgeführten Mengen von Kompost und Gärgut wurden mit einer unabhängigen Berechnungsmethode, die ausschliesslich auf den Mengen der Ausgangsmaterialien basiert, überprüft (Anhang 7.11.3). Diese Berechnung führte zu Mengen von Kompost und Gärgut, die mit denjenigen von Tabelle 20 gut vergleichbar sind.

7.11.2 Emissionsraten

Für Klärschlamm kann man davon ausgehen, dass die grösste Menge (d.h. >50%) in Form von anaerob stabilisiertem, flüssigem Klärschlamm eingesetzt wurde (vgl. Bolliger, 1998). Zu dieser Zeit dürften keine emissionsmindernden Ausbringungsverfahren (d.h. auch keine Einarbeitung) zum Einsatz gekommen sein. In der Schweiz wurde zwar neben flüssigem auch entwässertem und mit Branntkalk stabilisierter Schlamm ausgebracht (Bolliger, 1998; Furrer, Bolliger, 1978). Im Jahr 1997 betrug beispielsweise im Kanton Aargau der Anteil von entwässertem, gekalktem Klärschlamm 20%. Aufgrund fehlender Daten für die gesamte Schweiz, und da für entwässerten, gekalkten Klärschlamm kaum Daten zu Emissionsraten vorliegen (vgl. Tabelle 21), wird für die Festlegung von Emissionsfaktoren nur das Verfahren Ausbringung von flüssigem Klärschlamm mittels Breitverteiler ohne Einarbeitung berücksichtigt.

Bei der Ausbringung von Kompost und festem Gärgut wird ebenfalls angenommen, dass keine Einarbeitung stattfindet. Bei flüssigem Gärgut wird berücksichtigt, dass die Ausbringung ab 2010 ausschliesslich mittels Schleppschlauchverteiler erfolgte (mündl. Mitteilung K. Schleiss, Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz vom 09.11.2012). Andere

emissionsmindernde Verfahren wie Schleppschuh oder Injektion kommen kaum zur Anwendung (mündl. Mitteilung M. Röthlisberger, Hadorns Gülletechnik AG vom 30.08.2017). Basierend auf diesen Informationen wurde der Anteil emissionsmindernder Ausbringtechnik bei der Ausbringung von flüssigem Gärgut und von Gärgülle in der Modellrechnung wie folgt implementiert: Anteil Schleppschlauchverteiler im Jahr 2002: 10% der Gesamtmenge wie für Gülle (Anhang, 7.12) bzw. im Jahr 2010: 100%. Dazwischen wurde dessen Anteil linear interpoliert. Die Anwendung weiterer Verfahren zur Aufbereitung von Gärgülle (z.B. fest-flüssig Separierung), die einen Einfluss auf die Emissionen nach der Ausbringung haben können (Kupper, 2015), wird nicht berücksichtigt.

Für flüssigen anaerob stabilisierten Klärschlamm sind nur wenige Studien über die Emissionen nach der Ausbringung verfügbar. In Feldstudien wurden Emissionsraten von 40-72% TAN gefunden (Tabelle 21). Dabei ist Beauchamps et al. (1978) hervorzuheben, welcher die Emissionsflüsse mit einer mikrometeorologischen Methode gemessen hat. Zubillage et al. (2005) bestimmten die Emissionen von Klärschlamm, der 5 cm tief eingearbeitet wurde, in einem Kleinparzellenversuch mittels Kammern. Die von den Autoren angegebenen Emissionswerte lassen sich auf eine Emissionsrate von 1% TAN umrechnen. Die Qualität dieser Studie wird allerdings eher niedrig eingeschätzt, weshalb sie zur Festlegung von Emissionsraten unberücksichtigt bleibt.

In der Schweiz wurde wie oben bereits erwähnt neben flüssigem auch entwässerter und mit Branntkalk stabilisierter Schlamm ausgebracht (Bolliger, 1998; Furrer, Bolliger, 1978). Donovan, Logan (1983) untersuchten die Emissionen verschiedener Schlämme (vgl. Fussnote von Tabelle 21). In dieser Studie emittierte der mit Branntkalk stabilisierte Schlamm mit 32% TAN am meisten NH_3 . Willen et al. (2016) fanden Emissionsraten von 16.3% bis 27.3% TAN von zwei anaerob stabilisierten entwässerten Klärschlämmen. Die Resultate sind allerdings schwierig zu interpretieren, da einem Schlamm Harnstoff beigegeben und der Schlamm in beiden Verfahren eingearbeitet wurde nach der Ausbringung. Robinson, Polglase (2000) fanden Emissionsraten von drei entwässerten Schlämmen zwischen 71% und 81% TAN. Allerdings wurden keine Gasmessungen durchgeführt, sondern die Emissionen mittels chemischer Analysen des Gesamtstickstoffs, Ammonium und Nitrat von Proben, die auf Plastikschaalen auf dem Boden während 14 Wochen exponiert wurden, geschätzt. Robinson, Ruper (2003) fanden in einem ähnlichen Versuch mit der gleichen Methode vergleichbar hohe Emissionen. Pu et al. (2010) fanden dagegen sehr niedrige Emissionen (4% TAN) von entwässerten Klärschlämmen. Dabei wurde der Schlamm im Rahmen eines Inkubationsversuchs in den Boden eingemischt. Die Daten lassen sich schwer für die Herleitung von Emissionsraten von oberflächlich ausgebrachtem entwässertem Klärschlamm verwenden. Tendenziell weisen diese Zahlen darauf hin, dass entwässerter Klärschlamm ähnlich hohe Emissionsraten wie flüssiger Klärschlamm aufweist. Daher ist die Annahme für die Berechnung der Emissionen, dass ausschliesslich flüssiger Klärschlamm ausgebracht wurde, vertretbar.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nur wenige Emissionsmessdaten aus Feldstudien zur Ausbringung von Klärschlamm verfügbar sind. Die in Tabelle 21 aufgeführten Werte lassen den Schluss zu, dass wie bisher mit einer Emissionsrate von 60% TAN gemäss Kupper et al. (2013) gerechnet werden kann.

Daten zu NH_3 -Emissionen nach der Ausbringung von Kompost wurden einzig von Nicholson et al. (2017) publiziert (Tabelle 21). Sie führten Messungen an 3 Standorten im Frühjahr und im Herbst mittels Windtunneln durch. Aus den Resultaten lässt sich eine Emissionsrate von 47% TAN herleiten. Zubillage et al. (2005) fanden in einem Kleinparzellenversuch ähnlich hohe Emissionen von Kompost, bestehend aus Klärschlamm und Holzhäckseln, wie von Rindviehmist. Für festes Gärgut sind keine Daten verfügbar. Basierend auf dieser Datenlage werden die Emissionsraten von 80% TAN für Kompost und festes Gärgut gemäss Kupper et al. (2013) beibehalten.

Nicholson et al. (2017) und Tiwary et al. (2015) bestimmten die Emissionen von flüssigem Gärgut in Feldversuchen (Tabelle 21). Die ausgebrachten Produkte wiesen TS-Gehalte von 3.2% bis 6.1% auf. Daraus lässt sich schliessen, dass diese aus Anlagen mit mesophiler Flüssigvergärung stammten. Die Emissionsraten nach Ausbringung mittels Breitverteiler lagen zwischen 35% und 52%. Bei Ausbringung mittels Schleppschlauch an zwei 2 Standorten und Schleppschuh an einem Standort betrug die mittlere Emissionsrate 42% (Nicholson et al., 2017). Dies stimmt mit der bisher angenommenen Emissionsrate von 60% korrigiert mit einem Faktor von 0.7 wegen der Ausbringung mittels Schleppschlauchverteiler (Kupper et al., 2013) überein. Dabei ist zu beachten, dass von flüssigem Gärgut aus der Festphasenvergärung, welche den überwiegenden Anteil der industriell-gewerblichen Anlagen ausmacht (Mandaliev, Schleiss, 2016), und das einen deutlich höheren TS-Gehalt aufweist (13%; Richner et al., 2017), keine Messdaten zu NH_3 -Emissionen vorliegen. Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass keine Studien vorliegen, aufgrund deren sich eine Revision der bisher verwendeten Emissionsraten für Recyclingdünger (Gärgut flüssig bzw. Kompost und Gärgut fest 60% bzw. 80% TAN; Kupper et al. 2013) aufdrängt. Diese werden daher beibehalten.

Tabelle 21: Emissionsraten aus der Literatur in % TAN bezogen auf das jeweils angegebene Substrat

	ER	Quelle	Bemerkungen
Klärschlamm flüssig, anaerob stabilisiert	11-60%	Ryan and Keeny (1975) zitiert in Beauchamps (1983)	Laborstudie
	60%	Beauchamps et al. (1978)	Feldstudie; Mai*
	56%	Beauchamps et al. (1978)	Feldstudie; Oktober*
	40%	Moseley et al. (1998)	Feldstudie; Messung mittels Windtunnel
	72%	ALFAM2 Datenbank**	Feldstudie; Messung mittels zinst Methode
Klärschlamm (diverse)***	0-32%	Donovan, Logan (1983)	Laborstudie
Kompost [#]	47%	Nicholson et al. (2017)	Keine Einarbeitung nach Ausbringung
Gärgut flüssig industriell-gewerblich [#]	52%	Nicholson et al. (2017)	Breitverteiler
	42%	Nicholson et al. (2017)	Schleppschuh bzw.-schlauch an 2 bzw. 1 Standort
Gärgut flüssig industriell-gewerblich ^{##}	65%	Tiwary et al. (2015)	Ausbringung von frischem Gärgut mit Breitverteiler
	35%	Tiwary et al. (2015)	Ausbringung von Gärgut mit Breitverteiler nach Lagerung während 45 Tagen

* Messung der Emissionen über 5 Tage bzw. 7 Tage mittels einer mikrometeorologischen Methode (vgl. Wilson et al., 1982) im Frühjahr bzw. Herbst.

** Quelle: <https://biotransformers.shinyapps.io/ALFAM2/> (22.09.2017) Messung aus der Schweiz von 1993.

*** Schlammtyp, -behandlung: 1. aerob stabilisiert flüssig, 2. anaerob stabilisiert flüssig und 3. anaerob stabilisiert entwässert; 4. Primärschlamm flüssig, 5. Primärschlamm mit Branntkalk stabilisiert

[#] Mittelwert von Versuchen an 3 Standorten; Messung im Frühjahr (2 Standorte) und Herbst (1 Standort) mittels Windtunnel über 7 Tage; Ausbringmenge 20-30 m³ pro ha für Gärgut und 20 t pro ha für Kompost

^{##} Messung mittels Windtunnel über 5 Tage

7.11.3 Plausibilisierung der Mengen Recyclingdünger

Zwecks Plausibilisierung der Mengen von Kompost und Gärgut (Anhang 7.11.1) erfolgte parallel dazu eine Berechnung, die ausschliesslich auf den Mengen der Ausgangsmaterialien basierend auf Hügi et al. (2008), Hügi, Gerber (2006), Hügi, Kettler (2004) und Schleiss (2011, 2016) basiert. Die Menge von Endprodukten wurde mittels des Rotteverlusts während der Kompostierung sowie des Abbaus von organischer Substanz während der Vergärung gemäss den Angaben in der unten aufgeführten Tabelle berechnet.

Daten zur Herleitung der Verwendung von Recyclingdüngern in der Landwirtschaft zur Ausbringung

		Bemerkungen
Rotteverlust Kompostierung (Anteil FS in%)	40%	Quelle: Baier et al. (2004)
Gehalt an TS im Ausgangsmaterial zur Vergärung	30%	Baier, Baum (2008) rechnen die Massenflüsse basierend auf einem TS von 25%. In der Literatur findet man häufig höhere Werte bis gegen 70% TS (Andersen et al, 2011; Boldrin et al., 2010; Brändli et al. 2007) weshalb ein leicht höherer Wert gewählt wurde. Der gewählte Wert von 30% stimmt gut mit den Daten von Edelmann, Schleiss, K. (2008) überein.
Gehalt an organischer Substanz im Ausgangsmaterial zur Vergärung	70%	Angegebener Bereich von Gotze et al. (2016) für Foodwaste: 68-99% TS; Gardening waste: 33-94% TS Edelmann, Schleiss, K. (2008) geben für eine Anlage, die über ein ganzes Jahr beprobt wurde 77% TS an (Bereich: 57-82% TS) an.
Abbaurrate organische Substanz in der Vergärung	70%	In der Literatur werden Abbauraten von 70-80% für Flüssigvergärung angegeben (Bauer et al., 2009; Ruile et al., 2015). Für die Festphasenvergärung, welche den überwiegenden Anteil der industriell-gewerblichen Anlagen ausmacht (Mandaliev, Schleiss, 2016), ist mit einer mittleren Abbaurrate von 70% zu rechnen (mündliche Mitteilung, M. Stadelmann, Hitachi Zosen Inova AG, Zürich). Edelmann, Schleiss (1999) geben für thermophile Vergärung mit Nachrotte oder Kompostierung eine Abbaurrate der organischen Substanz von 50% an.

Für die weiteren Rechnungsschritte kamen die Grössen von Tabelle 19 (Volumengewicht, TS-Gehalt) zur Anwendung.

7.12 Landwirtschaftliche Produktionstechnik 1990-2015

Landwirtschaftliche Produktionstechnik basierend auf Umfragen 2002, 2007, 2010, 2015
 für 2002, 2007: nicht gewichtete Mittelwerte
 für 2010, 2015: nach Schichten gewichtete Mittelwerte

	2002	2007	2010	2015
Milchkühe				
Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh	6001	7029	7000	7196
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten	56.4%	67.7%	66.3%	67.8%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten	25.2%	37.2%	36.3%	36.8%
Anteil d. Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten	24.3%	20.4%	17.0%	17.0%
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten	39.8%	48.0%	48.3%	47.1%
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten	56.0%	61.2%	59.6%	59.6%
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten	17.9%	15.0%	15.2%	15.7%
Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Sommer	1.27	1.64	1.58	1.71
Durchschnittliche Kraftfuttermenge im Winter	2.08	2.41	2.31	2.30
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	27.9%	24.5%	18.5%	14.0%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	44.4%	34.5%	38.1%	31.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	18.2%	31.7%	32.4%	43.3%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	9.3%	8.5%	10.3%	10.5%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	0.2%	0.8%	0.7%	0.9%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	151	174	179	204
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	59.3%	76.8%	75.1%	76.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	37.7%	17.7%	19.3%	17.6%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.0%	5.5%	5.7%	5.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	51.6%	56.1%	56.4%	58.3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	12.7%	19.0%	17.0%	12.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	20.5%	10.3%	12.4%	19.4%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	15.1%	14.6%	14.2%	9.7%
Anteil der Tiere mit Weidegang	85.3%	96.5%	96.1%	94.2%
Jährliche Weidetage	165	181	173	174
Tägliche Weidestunden	8.7	8.5	8.6	8.2
Weidestunden pro Jahr	1575	1598	1595	1551

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Mutterkühe (Kälber von Mutterkühen)				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	0.9%	1.6%	2.8%	2.8%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	9.3%	11.5%	12.1%	10.5%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	18.1%	23.5%	25.9%	32.6%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	59.0%	58.6%	54.2%	50.7%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	12.7%	4.8%	5.0%	3.4%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	231	206	193	187
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	62.6%	57.1%	50.5%	49.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	28.1%	17.5%	28.1%	27.9%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	9.3%	25.3%	21.3%	23.1%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	65.6%	82.4%	86.9%	86.9%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	10.7%	5.1%	4.3%	0.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	16.6%	9.0%	6.7%	10.5%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	7.1%	3.5%	2.2%	1.8%
Anteil der Tiere mit Weidegang	91.6%	94.2%	89.5%	87.6%
Jährliche Weidetage	168	167	162	157
Tägliche Weidestunden	17.6	16.0	15.2	15.0
Weidestunden pro Jahr	3251	2814	2884	2780
Aufzuchtrinder über 2-jährig				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	9.2%	8.5%	6.1%	3.3%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	41.1%	40.8%	32.8%	24.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	17.3%	17.4%	22.6%	31.8%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	22.2%	27.1%	32.3%	36.6%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	10.1%	6.2%	6.2%	3.8%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	179	175	200	224
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	50.6%	61.7%	56.0%	50.6%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	46.1%	32.8%	37.4%	41.7%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.3%	5.6%	6.6%	7.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	56.9%	60.2%	65.5%	71.2%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	11.6%	17.6%	14.3%	8.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	16.6%	5.3%	6.0%	9.7%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	14.9%	16.8%	14.3%	10.4%
Anteil der Tiere mit Weidegang	85.7%	88.8%	83.0%	76.0%
Jährliche Weidetage	156	160	145	136
Tägliche Weidestunden	16.1	15.8	15.1	13.5
Weidestunden pro Jahr	2939	2840	2695	2427
	2002	2007	2010	2010
Aufzuchtrinder 1 bis 2-jährig				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	7.6%	4.8%	4.0%	2.2%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	40.7%	36.6%	30.8%	23.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	14.6%	15.1%	19.4%	24.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	23.6%	33.9%	35.7%	42.2%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	13.6%	9.6%	10.2%	7.9%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	176	180	193	212
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	51.6%	64.2%	63.6%	64.2%

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	43.8%	27.7%	27.3%	24.2%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	4.5%	8.1%	9.1%	11.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	54.8%	59.3%	64.2%	67.1%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	13.5%	18.1%	14.3%	11.4%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	15.6%	5.5%	7.7%	10.0%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	16.1%	17.0%	13.8%	11.5%
Anteil der Tiere mit Weidegang	90.3%	93.9%	93.3%	93.4%
Jährliche Weidetage	167	173	167	172
Tägliche Weidestunden	17.6	17.4	17.1	17.2
Weidestunden pro Jahr	3264	3215	3178	3219
Aufzuchtrinder unter 1-jährig				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	2.1%	2.0%	1.2%	0.5%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	34.8%	31.8%	27.5%	19.1%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	8.1%	7.8%	11.3%	14.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	20.4%	35.5%	39.3%	48.4%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	34.6%	22.9%	20.6%	17.5%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	189	188	203	222
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	45.6%	55.9%	50.3%	53.0%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	51.0%	39.7%	43.2%	38.8%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	3.3%	4.4%	6.5%	7.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	61.5%	62.6%	66.9%	71.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	12.1%	16.7%	15.2%	10.5%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	12.7%	2.8%	3.2%	5.5%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	13.7%	17.9%	14.7%	12.3%
Anteil der Tiere mit Weidegang	83.1%	82.4%	80.8%	79.0%
Jährliche Weidetage	153	144	141	143
Tägliche Weidestunden	12.9	11.8	11.6	11.3
Weidestunden pro Jahr	2301	2063	1938	1971

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Masttiere/Rindviehmast				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	1.0%	1.1%	3.9%	0.4%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	3.8%	4.0%	6.9%	7.1%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	31.4%	20.9%	13.9%	27.8%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	52.5%	67.6%	61.0%	55.7%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	11.2%	6.4%	14.2%	9.0%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	98	135	146	160
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	24.6%	33.6%	50.5%	41.1%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	64.5%	56.4%	35.9%	40.2%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	10.9%	10.1%	13.7%	18.6%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	88.3%	78.5%	74.2%	76.8%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	1.8%	2.0%	3.7%	1.7%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	8.1%	5.8%	12.7%	11.3%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	1.8%	13.7%	9.4%	10.2%
Anteil der Tiere mit Weidegang	11.4%	15.0%	18.1%	20.9%
Jährliche Weidetage	74	86	105	109
Tägliche Weidestunden	1.9	2.5	2.9	3.3
Weidestunden pro Jahr	333	481	455	564
Mastkälber				
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%
Anteil Tiere mit Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	15.9%	0.0%	0.0%	0.0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Vollgülle	0.3%	0.2%	1.6%	2.0%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	14.2%	37.5%	30.8%	44.9%
Anteil Tiere mit Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	69.0%	62.3%	67.5%	53.1%
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	38	59	55	123
Anteil Tiere Laufhof, keine Fütterung im Laufhof	15.4%	16.8%	29.9%	35.9%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung teilweise im Laufhof	83.1%	76.5%	68.6%	59.9%
Anteil Tiere Laufhof, Fütterung vollständig im Laufhof	1.5%	6.7%	1.5%	4.2%
Anteil Tiere mit Laufhof mit befestigtem Boden	93.0%	84.4%	78.6%	77.3%
Anteil Tiere mit Laufhof mit unbefestigtem Boden	1.3%	3.0%	2.4%	6.2%
Anteil Tiere mit Laufhof mit perforiertem Boden	4.8%	1.2%	0.6%	2.9%
Anteil Tiere mit Weide als Laufhof	0.8%	11.4%	18.4%	13.6%
Anteil der Tiere mit Weidegang	2.7%	2.1%	3.7%	5.6%
Jährliche Weidetage	48	34	64	68
Tägliche Weidestunden	0.38	0.21	0.5	0.9
Weidestunden pro Jahr	80	34	103	129

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Galtsauen				
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	145.0*	147.9	145.1	144.3
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	12.1*	12.1*	12.1*	12.1*
Konventioneller Stall ohne Auslauf	28.7%	16.9%	14.7%	30.2%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	70.2%	81.9%	84.9%	69.7%
Tiefstreustall	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%
Weidehaltung	0.6%	1.0%	0.3%	0.1%
Säugende Sauen				
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	180.0*	159.9	160.3	157.1
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	13.7*	13.7*	13.7*	13.7*
Konventioneller Stall ohne Auslauf	89.9%	77.2%	71.0%	93.6%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	7.8%	21.9%	28.5%	6.4%
Tiefstreustall	2.3%	0.5%	0.4%	0.0%
Weidehaltung	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
Ferkel abgesetzt bis 25 kg				
Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	177*	167.2	165.2	162.5
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	13.7*	13.7*	13.7*	13.7*
Konventioneller Stall ohne Auslauf	89.1%	80.5%	69.9%	94.0%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	9.1%	17.7%	27.1%	6.0%
Tiefstreustall	1.8%	1.2%	2.9%	0.0%
Weidehaltung	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%
Mastschweine				
Rohproteingehalt der Ration Phase 1 (g RP pro kg Futter)	170.0*	162.1	162.3	157.8
Rohproteingehalt der Ration Phase 2 (g RP pro kg Futter)	170.0*	156.5	156.5	151.4
Rohproteingehalt der Ration Phase 3 (g RP pro kg Futter)	170.0*	154.6	153.1	149.3
Mittlerer Rohproteingehalt der Ration (g RP pro kg Futter)	***	***	159.9	154.6
Energiegehalt der Ration (MJ VES** pro kg Futter)	14.0*	14.0*	14.0*	14.0*
Konventioneller Stall ohne Auslauf	47.9%	35.8%	40.4%	45.9%
Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	51.1%	63.5%	59.2%	54.0%
Tiefstreustall	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%
Weidehaltung	0.3%	0.7%	0.4%	0.1%

*Standardwerte gemäss BLW (2017)

**VES: Verdauliche Energie Schweine

***nicht berechnet

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Legehennen				
Zugang zu Weide	32.4%	76.0%	75.5%	76.1%
Kotbandentmistung	63.7%	80.9%	72.3%	82.0%
Kotgrube	6.6%	2.2%	5.2%	5.2%
Bodenhaltung	29.7%	16.9%	22.5%	12.9%
Entmistungsintervall <2/Monat (nur Kotbandentmistung)	1.2%	0.0%	0.0%	3.7%
Entmistungsintervall 2/Monat (nur Kotbandentmistung)	11.0%	19.7%	30.8%	13.6%
Entmistungsintervall <3-4/Monat (nur Kotbandentmistung)	46.8%	38.7%	38.1%	24.0%
Entmistungsintervall >4/Monat (nur Kotbandentmistung)	41.0%	41.6%	31.1%	58.6%
Entmistungsintervall <2/Monat	0.7%	0.0%	0.0%	3.1%
Entmistungsintervall 2/Monat	7.0%	15.9%	22.3%	11.1%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	29.8%	31.4%	27.5%	19.7%
Entmistungsintervall >4/Monat	26.1%	33.6%	22.5%	48.1%
Keine Kotbandentmistung	36.3%	19.1%	27.7%	18.0%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	39.0%	78.9%	68.8%	55.5%
Wasserbehälter	61.0%	21.1%	31.2%	44.5%
Junghennen				
Zugang zu Weide	5.4%	21.2%	20.2%	15.6%
Kotbandentmistung	67.5%	83.4%	89.3%	98.5%
Kotgrube	0.0%	1.7%	4.1%	1.0%
Bodenhaltung	32.5%	14.9%	6.5%	0.6%
Entmistungsintervall <2/Monat (nur Kotbandentmistung)	0.0%	45.6%	2.7%	5.7%
Entmistungsintervall 2/Monat (nur Kotbandentmistung)	41.3%	33.5%	57.0%	65.0%
Entmistungsintervall <3-4/Monat (nur Kotbandentmistung)	44.0%	11.7%	29.6%	29.3%
Entmistungsintervall >4/Monat (nur Kotbandentmistung)	14.7%	9.2%	10.7%	0.0%
Entmistungsintervall <2/Monat	0.0%	38.1%	2.4%	5.6%
Entmistungsintervall 2/Monat	27.9%	27.9%	50.9%	64.0%
Entmistungsintervall <3-4/Monat	29.7%	9.7%	26.4%	28.8%
Entmistungsintervall >4/Monat	9.9%	7.7%	9.6%	0.0%
Keine Kotbandentmistung	32.5%	16.6%	10.7%	1.5%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	29.4%	72.0%	76.4%	83.6%
Wasserbehälter	70.6%	28.0%	23.6%	16.4%
Mastpoulets				
Zugang zu Weide	27.1%	37.6%	13.8%	10.6%
Bodenhaltung	100%	100%	100%	100%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	51.6%	86.8%	88.6%	84.7%
Wasserbehälter	48.4%	13.2%	11.4%	15.3%
Masttruten				
Zugang zu Weide	96.0%	100.0%	61.7%	100.0%
Bodenhaltung	100%	100%	100%	100%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	0.0%	11.1%	43.2%	0%
Wasserbehälter	100.0%	88.9%	56.8%	100.0%
Anderes Geflügel				
Zugang zu Weide	18.3%	100.0%	66.5%	92.1%
Aufstallung	100.0%	100.0%	100%	100%
Nicht tropfendes Tränkesystem (Tränkenippel)	0%	0%	0%	0%
Wasserbehälter	100%	100%	100%	100%

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Pferde über 3-jährig				
Anteil der Tiere mit Weidegang	92.0%	90.6%	91.0%	91.2%
Jährliche Weidetage	217.08	221.84	221	223
Tägliche Weidestunden	9.3	8.8	9.1	8.3
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	252	262	265	266
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	7.1	10.4	10.6	11.0
Pferde unter 3-jährig				
Anteil der Tiere mit Weidegang	72.2%	88.1%	88.0%	85.3%
Jährliche Weidetage	215	203	212	234
Tägliche Weidestunden	12.3	12.6	14.1	11.7
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	228	264	265	240
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	9.0	8.3	12.5	11.1
Übrige Equiden				
Anteil der Tiere mit Weidegang	53.4%	69.2%	78.5%	80.9%
Jährliche Weidetage	204	226	221	221
Tägliche Weidestunden	6.8	8.5	9.8	8.3
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof	241	249	241	244
Tägliche Zutrittsdauer zum Laufhof	9.0	11.6	11.9	13.8
Schafe				
Anteil der Tiere mit Weidegang	80.0%	77.1%	87.3%	83.3%
Jährliche Weidetage	219	222	201	203
Tägliche Weidestunden	16.1	14.7	15.0	15.4
Milchschafe				
Anteil der Tiere mit Weidegang	41.2%	81.9%	91.0%	99.9%
Jährliche Weidetage	197	212	201	226
Tägliche Weidestunden	9.0	10.8	9.4	12.6
Ziegen				
Anteil der Tiere mit Weidegang	75.4%	73.8%	74.5%	72.5%
Jährliche Weidetage	182	194	180	187
Tägliche Weidestunden	4.5	5.7	6.9	6.8

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

	2002	2007	2010	2015
Güllelager				
Intervall Aufrühren: max. 2 Mal pro Jahr	10.6%	5.3%	5.2%	6.3%
Intervall Aufrühren: 3-6 Mal pro Jahr	_*	_*	_*	_*
Intervall Aufrühren: 7-12 Mal pro Jahr	29.4%	63.7%	66.2%	66.0%
Intervall Aufrühren: 13-20 Mal pro Jahr	21.8%	14.9%	13.4%	13.2%
Intervall Aufrühren: 21-30 Mal pro Jahr	13.8%	11.7%	11.6%	10.7%
Intervall Aufrühren: mehr als 30 Mal pro Jahr	24.5%	4.4%	3.7%	3.8%
Abdeckung des Güllelagers: ungedeckt	11.7%	9.9%	10.9%	9.8%
Abdeckung des Güllelagers: feste Abdeckung Beton, Holz	70.7%	69.5%	65.9%	63.6%
Abdeckung des Güllelagers: perforierte Abdeckung	12.5%	13.3%	15.3%	18.0%
Abdeckung des Güllelagers: Folienzelt	0.0%	0.1%	0.3%	1.1%
Abdeckung des Güllelagers: Schwimmfolie	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%
Abdeckung des Güllelagers: natürliche Schwimmschicht	5.1%	7.1%	7.4%	6.9%
Lager: enthält Rindergülle	73.6%	73.4%	70.0%	72.6%
Lager: enthält Schweinegülle	26.4%	26.6%	30.0%	27.4%
Lager: Tiefe des Güllelagers	2.9	3.0	3.0	3.0
Anteil direkt ausgebrachter Geflügelmist	2.6%	4.8%	6.1%	1.3%
Anteil direkt ausgebrachter Rindermist	9.6%	21.9%	23.9%	4.7%
Anteil direkt ausgebrachter Schweinemist	0.0%	0.0%	10.9%	1.0%
Hofdüngerausbringung				
Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer	89.9%	85.6%	72.0%	60.0%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschlauch	9.2%	13.5%	27.5%	37.4%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh	_*	_*	_*	1.8%
Anteil Gülleausbringung mit Gülledrill	0.9%	0.9%	0.6%	0.8%
Anteil Gülleausbringung mittels tiefer Injektion	_*	_*	_*	_*
Gülleverdünnung (Liter Wasser / Liter unverdünnte Gülle)	1.2	1.2	1.2	1.1
Mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe	25.6	24.9	25.2	25.4
Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18h00	18.4%	21.5%	21.7%	20.5%
Ausbringung von Gülle im Sommer (Juni, Juli, August)	51.9%	53.8%	45.3%	44.0%
Ausbringung von Gülle von September bis und mit Mai	48.1%	46.2%	54.7%	56.0%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Stunde	0.4%	0.7%	0.7%	0.9%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 4 Stunden	2.6%	3.4%	3.4%	3.1%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 8 Stunden	3.2%	3.7%	3.7%	3.1%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 1 Tag	18.2%	18.3%	15.4%	16.7%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 3 Tagen	22.3%	24.9%	19.2%	18.5%
Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von mehr als 3 Tagen	7.7%	6.8%	7.2%	6.3%
Keine Einarbeitung von Mist	45.6%	42.3%	50.4%	51.4%
Ausbringung von Mist im Sommer (Juni, Juli, August)	24.6%	27.8%	23.2%	24.0%
Ausbringung von Mist von September bis und mit Mai	75.4%	72.2%	76.8%	76.0%

*nicht erhoben

Landwirtschaftliche Produktionstechnik basierend auf Expertenannahmen für 1990 und 1995

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
Milchkühe						
1.	N-Ausscheidung		kg/a	115	115	Die Basis N-Ausscheidung basiert auf den Zahlen der Grundlagen der Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF) von 2009 (Flisch et al., 2009).
2.	Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh		kg/a	4940	5200	Die Milchleistungen basieren auf der Gesamtmilchmenge gemäss Meyre et al. (2000) und Saxer et al. (2003) und der Anzahl Milchkühe. Die so berechneten Milchleistungen sind höher im Vergleich zu den diesen Berichten aufgeführten Zahlen, da die Gesamtmilchmenge nicht durch die totale Anzahl Kühe (inkl. Mutterkühe) dividiert wurde, sondern nur durch die Anzahl Milchkühe. Die berechneten Zahlen stimmen gut überein mit den Leistungen der Herdebuchtiere gemäss den Daten der Zuchtviherverbände 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.
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	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.
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 1990-2015

			Einheit	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	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). Annahmen für 1995: – 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) Weitere Bemerkungen zu Laufhöfen für 1995: – 12% des Rindviehbestands wurde gemäss RAUS-Verordnung gehalten. Diese Tiere hatten Zutritt zu einem Laufhof. – Sämtliche Laufhöfe wiesen einen befestigten Boden auf (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007). – keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof (diese Kategorie hat den höchsten Anteil gemäss Umfragen 2002, 2007)
12.	Anteil der Tiere mit Weidegang		%	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 1990-2015

			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 Motor-mäher, 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%	
	Mutterkühe (für die Kälber von Mutterkühen wurden für 1990 und 1995 die gleichen Parameter wie für Mutterkühe gewählt)					
20.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	230	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			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.	Aufzuchttrinder unter 1-jährig					
30.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	235	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
31.	Anteil der Tiere mit Weidegang		%	80%	81%	Die Rinderaufzucht wies schon in den 1990er Jahren und zuvor einen hohen Anteil an Weidehaltung auf. Es ist davon auszugehen, dass über die letzten 20 Jahre aufgrund der Förderung von tiergerechten Haltungssystemen und verschärften Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung sowie betriebswirtschaftlichen Gründen die Weide zugenommen hatte, jedoch in wesentlich geringerem Ausmass als bei den Milchkühen. Daher wurde der

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			Ein- heit	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 Pro- duktion von Vollgülle	%	5%	5%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002. Es wurde angenommen, dass die Anteile der Laufställe 1990/95 geringer waren im Vergleich zu 2002 mit Ausnahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist. Für die Anbindeställe wurde von einer Halbierung der Anteile zwischen 1990 und 2007 ausgegangen.
35.		Anbindestall mit Pro- duktion von Gülle und Mist	%	60%	52%	
36.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	1%	3%	
37.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	4%	10%	
38.		Laufstall m. Tiefstreue / Tret- mist	%	30%	30%	
39.	Aufzuchttrinder 1 bis 2-jährig					
40.	Jährl. Zutrittsdauer Laufhof		d/a	0	240	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
41.	Anteil der Tiere mit Weide		%	87%	88%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 31
42.	Jährliche Weidetage		d/a	160	160	Die Haltung von 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 Pro- duktion von Vollgülle	%	17%	15%	Die Annahmen für 1990 und 1995 basieren auf den Daten von 2002. Es wurde angenommen, dass die Anteile der Laufställe 1990/95 geringer waren im Vergleich zu 2002 mit Ausnahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist. Für die Anbindeställe wurde von einer Halbierung der Anteile zwischen 1990 und 2007 ausgegangen. Im Vergleich dazu geben Saxer et al. (2004) für die Jahre 1990, 1996 und 2003 einen Anteil von Laufställen in der Rindviehaufzucht von 14%, 36% und 45% an.
45.		Anbindestall mit Pro- duktion von Gülle und Mist	%	60%	55%	
46.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	5%	10%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
47.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	8%	12%	
48.		Laufstall Tiefstreue/Tretmist	%	10%	8%	
49.	Aufzuchttrinder über 2-jährig					
50.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	250	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
51.	Anteil der Tiere mit Weide		%	83%	85%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 31
52.	Jährliche Weidetage		d/a	150	150	Die Haltung von Aufzuchttrindern 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.	Masttiere Rindviehmast					
60.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	0	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
61.	Anteil der Tiere mit Weidegang		%	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 1990-2015

			Ein- heit	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 Aufzuchttieren gehalten wurde. Es wurde angenommen, dass Anreizsysteme zur tiergerechten Haltung und verschärfte Anforderungen der Tierschutzgesetzgebung eine Zunahme der Laufställe mit Produktion von Gülle und Mist zulasten der Laufställe mit Produktion von Vollgülle bewirkt hatten. Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist wurde eine leicht Abnahme unterstellt. Im Vergleich dazu geben Saxer et al. (2004) für die Jahre 1990, 1996 und 2003 einen Anteil von Laufställen in der Rindviehmast von 22%, 25% und 33% an. Die Differenz dieser Zahlen zu den Resultaten der Umfrage von 2002 können nicht erklärt werden. Es wurden die Resultate der Umfrage 2002 als Grundlage verwendet und für die Werte der Jahre 1990 und 1995 mit Zahlen gerechnet, die eine plausible Zeitreihe ergeben.
65.		Anbindestall mit Produktion von Gülle und Mist	%	5%	5%	
66.		Laufstall mit Produktion von Vollgülle	%	50%	40%	
67.		Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist	%	29%	39%	
68.		Laufstall mit Tiefstreue / Tretmist	%	15%	15%	
69.	Mastkälber					
70.	Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		d/a	0	0	Gilt für Laufställe; vgl. Erläuterungen unter Ziff. 11
71.	Anteil der Tiere mit Weidengang		%	0%	0%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 61
72.	Jährliche Weidetage		d/a	0	0	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 62
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 1990-2015

			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.	Säugende Sauen					
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%	0%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
83.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	100%	
84.		Weidehaltung	%	0%	0%	
85.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
86.	Galtsauen ²³					
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%	5%	1990 waren Labelställe noch kaum vorhanden. 1995 wurde 2.4% des Schweinebestands gemäss RAUS-Verordnung gehalten (Bundesamt für Landwirtschaft, 2009). Es wurde angenommen, dass sich dieser Anteil auf die Kategorien 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%	95%	
91.		Weidehaltung	%	0%	0%	

²³ Für Eber wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Galtsauen.

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
92.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
93.	Ferkel abgesetzt bis 25 kg					
94.	Rohproteingehalt der Ra- tion		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 Mehrflä- chenbucht und Auslauf	%	0%	0%	Es wurde angenommen, dass Muttersauen und abgesetzte Ferkel nicht in Labelställen gehalten wurden.
97.		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	100%	
98.		Weidehaltung	%	0%	0%	
99.		Tiefstreustall	%	0%	0%	
100	Mastschweine ²⁴					
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 Ra- tion		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 Mehrflä- chenbucht und Auslauf	%	0%	5%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 89 bis 92
105		Konventioneller Stall ohne Auslauf	%	100%	95%	
106		Weidehaltung	%	0%	0%	
107		Tiefstreustall	%	0%	0%	

²⁴ Für Remonten wurden die gleichen Annahmen getroffen wie für Mastschweine.

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			Ein- heit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen
108	Legehennen					
109	N-Ausscheidung		kg/a	0.71	0.71	Die N-Ausscheidung von 1990/95 sowie 2002 basiert auf der GRUDAF von 2001 (Walther et al., 2001), diejenige von 2007 auf der GRUDAF von 2007 (Flisch et al., 2009)
110	Intervall 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	Kotbandentmistung	%	25%	30%	Es wurde angenommen, dass das System Kotbandentmistung zunimmt zu Lasten der Systeme Bodenhaltung und Kotgrube.
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%	
119	Junghennen					
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	Kotbandentmistung	%	5%	25%	vgl. Erläuterungen unter Ziff. 114bis 116

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			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	Mastpoulets					
130	N-Ausscheidung		kg/a	0.4	0.4	N-Ausscheidung 1990/95 gemäss GRUDAF von 2001 (Walther et al., 2001)
131	Aufstallung	Bodenhaltung	%	100%	100%	
132	Tränkesystem	Wasserbehälter	%	100%	60%	Zwischen 2002 und 2007 wurde eine Zunahme der Nippeltränken beobachtet und dementsprechend für 1990/95 extrapoliert.
133		Nippeltränken	%	0%	40%	

			Einheit	1990	1995	Erläuterungen für die Annahmen 1990/95
	Güllelager					
134	Abdeckung des Güllelagers	keine Abdeckung	m³	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)	m³	10'763'640 / 87%	12'917'760 / 87%	
136	Abdeckung des Güllelagers	perforiert	m³	0%	0%	
137	Abdeckung des Güllelagers	Folien / Folienzelt	m³	0%	0%	
138	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmfolie	m³	0%	0%	
139	Abdeckung des Güllelagers	Schwimmschicht	m³	0%	0%	

Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2015

			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	Annahme: ähnliche Werte wie 2002
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%	
	Hofdüngerausbringung					
149	Anteil Gülleausbringung mit Prallteller / Werfer		%	100%	100%	Emissionsmindernde Ausbringsysteme waren vor 1995 kaum vorhanden.
150	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschlauch		%	0%	0%	
151	Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh		%	0%	0%	
152	Anteil Gülleausbringung mit 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		m³	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 1990-2015

		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%	

7.13 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tierkategorie 2015

Tierkategorie	Emission (kt NH ₃ -N/Jahr)							Fluss N _{tot} (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	0.48	5.89	2.72	0.80	8.58	1.16	19.6	65.1	10.4	54.7	42.0	6.81	38.2	5.73	29.0	4.47	9.64	35.8	5.73	30.1	20.6	3.57	18.9	1.38	9.74	0.13	4.99
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.05	0.56	0.16	0.17	0.44	0.21	1.59	5.25	1.10	4.15	2.13	1.46	1.91	1.21	1.44	0.98	1.02	2.89	0.60	2.28	1.00	0.73	0.88	0.26	0.41	0.03	0.53
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.13	0.74	0.24	0.16	0.67	0.23	2.17	8.36	2.91	5.45	3.23	1.47	2.90	1.24	2.19	1.00	2.70	4.60	1.60	3.00	1.52	0.74	1.36	0.28	0.64	0.03	1.39
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.06	0.51	0.16	0.10	0.56	0.13	1.53	5.42	1.39	4.03	2.66	0.86	2.43	0.72	1.83	0.57	1.29	2.98	0.76	2.22	1.27	0.44	1.17	0.16	0.57	0.02	0.66
Mutterkühe	0.14	1.01	0.39	0.15	0.91	0.20	2.80	10.0	3.15	6.87	4.57	1.29	4.05	1.09	3.08	0.87	2.93	5.51	1.73	3.78	2.12	0.64	1.85	0.24	0.88	0.02	1.51
Mutterkuhkälber	0.03	0.20	0.06	0.06	0.13	0.08	0.55	2.01	0.64	1.36	0.65	0.52	0.57	0.43	0.43	0.35	0.60	1.10	0.35	0.75	0.29	0.25	0.25	0.09	0.11	0.01	0.31
Masttiere	0.01	0.64	0.24	0.12	0.56	0.25	1.83	5.38	0.26	5.12	3.07	1.40	2.75	1.21	2.14	0.94	0.24	2.96	0.14	2.82	1.47	0.70	1.31	0.28	0.70	0.01	0.13
Mastkälber	0.00	0.21	0.02	0.13	0.10	0.17	0.63	1.85	0.03	1.82	0.43	1.18	0.39	0.97	0.28	0.78	0.03	1.02	0.02	1.00	0.20	0.59	0.19	0.19	0.08	0.01	0.01
Galtsauen	0.00	0.70	0.10	0.00	0.26	0.00	1.06	2.33	0.00	2.33	1.63	0.00	1.47	0.00	1.19	0.00	0.00	1.63	0.00	1.63	0.93	0.00	0.84	0.00	0.56	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	0.22	0.05	0.00	0.16	0.00	0.43	1.21	0.00	1.21	0.99	0.00	0.91	0.00	0.74	0.00	0.00	0.85	0.00	0.85	0.63	0.00	0.58	0.00	0.41	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.20	0.05	0.00	0.16	0.00	0.41	1.14	0.00	1.14	0.94	0.00	0.87	0.00	0.69	0.00	0.00	0.80	0.00	0.80	0.60	0.00	0.56	0.00	0.38	0.00	0.00
Eber	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	2.41	0.39	0.00	1.19	0.00	3.99	9.59	0.00	9.59	7.18	0.00	6.57	0.00	5.29	0.00	0.00	6.71	0.00	6.71	4.31	0.00	3.99	0.00	2.70	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.03	0.10	0.31	0.00	0.31	0.00	0.26	0.00	0.24	0.00	0.20	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.03	0.00
Legehennen	0.07	0.32	0.00	0.11	0.00	0.23	0.72	2.26	0.16	2.10	0.00	1.78	0.00	1.62	0.00	1.38	0.09	1.35	0.09	1.26	0.00	0.94	0.00	0.44	0.00	0.21	0.02
Mastpoulets	0.00	0.35	0.00	0.06	0.00	0.32	0.74	2.88	0.01	2.87	0.00	2.52	0.00	2.39	0.00	2.06	0.00	1.73	0.00	1.72	0.00	1.37	0.00	0.72	0.00	0.39	0.00
Masttruten	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.07	0.00	0.07	0.00	0.06	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	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	0.01	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	0.23	0.00	0.13	0.00	0.07	0.46	2.24	0.45	1.78	0.00	1.59	0.00	1.33	0.00	1.24	0.42	0.89	0.18	0.71	0.00	0.50	0.00	0.09	0.00	0.00	0.15
Pferde unter 3-jährig	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.20	0.07	0.13	0.00	0.12	0.00	0.10	0.00	0.09	0.06	0.08	0.03	0.05	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.31	0.07	0.24	0.00	0.21	0.00	0.18	0.00	0.17	0.07	0.13	0.03	0.10	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Schafe	0.06	0.23	0.00	0.15	0.00	0.07	0.51	3.06	1.12	1.94	0.00	1.71	0.00	1.42	0.00	1.33	1.05	1.22	0.45	0.77	0.00	0.54	0.00	0.10	0.00	0.01	0.38
Milchschafe	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.27	0.11	0.16	0.00	0.14	0.00	0.11	0.00	0.11	0.10	0.11	0.04	0.06	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04
Ziegen	0.01	0.10	0.00	0.06	0.00	0.04	0.20	0.95	0.11	0.84	0.00	0.74	0.00	0.63	0.00	0.58	0.10	0.38	0.04	0.34	0.00	0.24	0.00	0.05	0.00	0.00	0.04

7.14 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2015

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)									Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)										
	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Total	Ausschei- dung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide	Ausschei- dung	Weide	Stall/Laufhof	Lager Gülle	Lager Mist	Ausbringung Gülle	Ausbringung Mist	Boden Gülle	Boden Mist	Boden Weide
Milchkühe	0.82	10.1	4.67	1.38	14.7	2.00	33.7	112	17.8	93.9	72.1	11.7	65.5	9.82	49.7	7.66	16.5	61.5	9.83	51.6	35.4	6.13	32.4	2.37	16.7	0.22	8.56
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.24	2.68	0.77	0.80	2.09	1.01	7.58	25.0	5.23	19.8	10.2	6.93	9.07	5.76	6.84	4.66	4.86	13.8	2.88	10.9	4.74	3.46	4.19	1.23	1.96	0.13	2.51
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.64	3.55	1.14	0.78	3.19	1.08	10.4	40.0	13.9	26.1	15.5	7.05	13.9	5.94	10.5	4.77	12.9	22.0	7.66	14.3	7.26	3.53	6.49	1.32	3.07	0.15	6.67
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.64	5.22	1.64	1.04	5.69	1.34	15.6	55.0	14.1	40.9	27.0	8.69	24.6	7.29	18.5	5.83	13.1	30.3	7.74	22.5	12.9	4.42	11.9	1.66	5.80	0.21	6.74
Mutterkühe	1.22	8.57	3.30	1.24	7.69	1.73	23.7	85.0	26.8	58.2	38.8	10.9	34.3	9.23	26.1	7.34	24.8	46.8	14.7	32.0	18.0	5.46	15.7	2.07	7.44	0.19	12.8
Mutterkuhkälber	0.32	2.22	0.66	0.64	1.40	0.84	6.08	22.0	7.04	15.0	7.08	5.66	6.21	4.71	4.71	3.79	6.54	12.1	3.87	8.23	3.23	2.78	2.74	0.98	1.24	0.06	3.37
Masttiere	0.08	4.54	1.69	0.87	3.98	1.76	12.9	38.0	1.84	36.2	21.7	9.92	19.4	8.55	15.1	6.66	1.71	20.9	1.01	19.9	10.4	4.96	9.22	1.96	4.94	0.06	0.88
Mastkälber	0.01	2.03	0.24	1.24	0.97	1.68	6.17	18.0	0.30	17.7	4.16	11.5	3.78	9.47	2.75	7.63	0.28	9.90	0.17	9.73	1.97	5.73	1.81	1.89	0.78	0.06	0.15
Galtsauen	0.00	7.52	1.11	0.00	2.74	0.00	11.4	25.0	0.01	25.0	17.5	0.00	15.8	0.00	12.8	0.00	0.01	17.5	0.01	17.5	9.98	0.00	9.02	0.00	6.04	0.00	0.01
Säugende Sauen	0.00	7.41	1.86	0.00	5.38	0.00	14.7	41.2	0.01	41.2	33.7	0.00	30.9	0.00	25.1	0.00	0.01	28.8	0.00	28.8	21.4	0.00	19.8	0.00	14.0	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.61	0.15	0.00	0.49	0.00	1.25	3.47	0.00	3.47	2.86	0.00	2.63	0.00	2.10	0.00	0.00	2.43	0.00	2.43	1.82	0.00	1.69	0.00	1.16	0.00	0.00
Eber	0.01	4.50	0.62	0.00	1.82	0.00	6.94	16.1	0.04	16.0	11.5	0.00	10.5	0.00	8.54	0.00	0.04	11.2	0.03	11.2	6.71	0.00	6.18	0.00	4.22	0.00	0.02
Mastschweine und Remonten	0.00	3.10	0.50	0.00	1.53	0.00	5.13	12.3	0.00	12.3	9.24	0.00	8.46	0.00	6.81	0.00	0.00	8.64	0.00	8.64	5.54	0.00	5.13	0.00	3.48	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.03	0.09	0.30	0.00	0.30	0.00	0.26	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00	0.14	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00
Legehennen	0.02	0.11	0.00	0.04	0.00	0.08	0.26	0.80	0.06	0.74	0.00	0.63	0.00	0.57	0.00	0.49	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.33	0.00	0.16	0.00	0.07	0.01
Mastpoulets	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.05	0.11	0.42	0.00	0.42	0.00	0.36	0.00	0.35	0.00	0.30	0.00	0.25	0.00	0.25	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.06	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	1.16	0.00	1.06	0.00	0.92	0.02	0.84	0.03	0.81	0.00	0.61	0.00	0.29	0.00	0.16	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.05	0.00	0.04	0.18	0.56	0.01	0.55	0.00	0.47	0.00	0.40	0.00	0.35	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.25	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00
Pferde über 3-jährig	0.44	4.55	0.00	2.59	0.00	1.40	8.99	44.0	8.87	35.1	0.00	31.3	0.00	26.2	0.00	24.4	8.29	17.6	3.55	14.1	0.00	9.77	0.00	1.80	0.00	0.01	2.97
Pferde unter 3-jährig	0.71	3.97	0.00	2.15	0.00	0.89	7.72	42.0	14.3	27.7	0.00	25.1	0.00	20.9	0.00	19.7	13.3	16.8	5.70	11.1	0.00	7.67	0.00	1.28	0.00	0.07	4.77
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.18	1.65	0.00	0.96	0.00	0.42	3.21	16.0	3.59	12.4	0.00	10.9	0.00	9.08	0.00	8.52	3.36	6.40	1.44	4.96	0.00	3.38	0.00	0.57	0.00	0.01	1.20
Schafe	0.28	1.13	0.00	0.75	0.00	0.34	2.49	15.0	5.50	9.50	0.00	8.37	0.00	6.95	0.00	6.50	5.14	6.00	2.20	3.80	0.00	2.67	0.00	0.49	0.00	0.04	1.84
Milchschafe	0.41	1.72	0.00	0.90	0.00	0.29	3.32	20.0	8.18	11.8	0.00	10.1	0.00	8.37	0.00	7.95	7.65	8.00	3.27	4.73	0.00	3.00	0.00	0.44	0.00	0.02	2.74
Ziegen	0.10	1.77	0.00	1.05	0.00	0.65	3.58	17.0	1.97	15.0	0.00	13.3	0.00	11.2	0.00	10.3	1.84	6.80	0.79	6.01	0.00	4.24	0.00	0.86	0.00	0.03	0.66

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.15 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2010

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)										Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)									
	Weide	Stall/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	9.38	4.55	1.78	15.2	2.37	34.1	111	18.6	91.9	67.8	14.7	61.5	12.3	45.3	9.74	17.3	60.9	10.3	50.6	33.5	7.69	30.6	2.98	14.5	0.40	8.98
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.25	2.47	0.61	0.87	2.29	1.05	7.53	25.0	5.38	19.6	9.77	7.38	8.86	6.10	6.43	4.95	4.99	13.8	2.96	10.8	4.63	3.70	4.23	1.28	1.80	0.13	2.57
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.63	3.33	1.16	0.87	3.48	1.11	10.6	40.0	13.7	26.3	15.6	7.39	13.9	6.16	10.2	4.94	12.7	22.0	7.55	14.5	7.39	3.73	6.59	1.36	2.89	0.14	6.57
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.77	4.37	1.48	1.25	5.78	1.70	15.3	55.0	16.8	38.2	23.2	10.6	21.0	8.90	14.9	7.05	15.6	30.2	9.26	21.0	11.2	5.43	10.2	2.02	4.14	0.17	8.06
Mutterkühe	1.26	8.64	2.77	1.46	7.53	2.12	23.8	85.0	27.6	57.4	35.6	13.2	31.7	11.2	23.7	8.87	25.6	46.7	15.2	31.6	16.4	6.59	14.5	2.50	6.42	0.19	13.2
Mutterkuhkälber	0.21	2.35	0.44	0.75	2.26	0.81	6.82	22.0	4.59	17.4	8.75	6.31	8.05	5.27	5.66	4.38	4.27	12.1	2.53	9.57	4.10	3.12	3.87	1.14	1.48	0.24	2.20
Masttiere	0.07	4.21	1.32	1.42	3.63	1.49	12.1	36.0	1.43	34.6	18.7	11.7	16.8	9.69	12.9	8.04	1.33	19.8	0.78	19.0	8.96	5.85	8.09	2.05	4.20	0.39	0.68
Mastkälber	0.00	1.74	0.16	1.47	0.62	1.47	5.47	16.0	0.04	16.0	2.59	11.6	2.35	9.32	1.69	7.69	0.03	8.80	0.02	8.78	1.25	5.80	1.14	1.75	0.48	0.12	0.02
Galtsauen	0.00	6.45	1.03	0.00	2.05	0.00	9.53	20.1	0.03	20.0	13.6	0.00	12.1	0.00	9.84	0.00	0.03	14.0	0.02	14.0	7.57	0.00	6.66	0.00	4.43	0.00	0.02
Säugende Sauen	0.00	9.35	2.02	0.01	4.33	0.00	15.7	38.5	0.00	38.5	29.1	0.05	26.2	0.03	21.5	0.03	0.00	27.0	0.00	27.0	17.6	0.03	15.8	0.00	11.1	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	1.11	0.21	0.02	0.50	0.00	1.85	4.37	0.00	4.37	3.18	0.08	2.86	0.05	2.31	0.05	0.00	3.06	0.00	3.06	1.90	0.04	1.71	0.00	1.17	0.00	0.00
Eber	0.01	4.96	0.79	0.04	1.71	0.00	7.51	16.2	0.10	16.1	11.0	0.14	9.83	0.08	7.98	0.08	0.09	11.3	0.07	11.3	6.23	0.07	5.54	0.01	3.69	0.01	0.06
Mastschweine und Remonten	0.00	3.29	0.48	0.00	1.63	0.00	5.42	12.6	0.02	12.5	9.24	0.00	8.45	0.00	6.70	0.00	0.02	8.79	0.01	8.77	5.48	0.00	5.07	0.00	3.31	0.00	0.01
Junghennen	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03	0.10	0.31	0.00	0.31	0.00	0.26	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00	0.14	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00
Legehennen	0.02	0.14	0.00	0.04	0.00	0.08	0.28	0.80	0.05	0.75	0.00	0.61	0.00	0.55	0.00	0.47	0.03	0.48	0.03	0.45	0.00	0.31	0.00	0.14	0.00	0.06	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	0.39	0.00	0.37	0.00	0.32	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00	0.11	0.00	0.06	0.00
Masttruten	0.01	0.18	0.00	0.05	0.00	0.13	0.37	1.40	0.03	1.37	0.00	1.19	0.00	1.10	0.00	0.97	0.01	0.84	0.02	0.82	0.00	0.64	0.00	0.32	0.00	0.18	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.08	0.20	0.56	0.01	0.55	0.00	0.47	0.00	0.42	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.33	0.00	0.25	0.00	0.11	0.00	0.03	0.00
Pferde über 3-jährig	0.54	4.33	0.00	2.32	0.00	1.24	8.43	44.0	10.7	33.3	0.00	28.9	0.00	24.3	0.00	22.7	10.0	17.6	4.29	13.3	0.00	8.98	0.00	1.67	0.00	0.05	3.59
Pferde unter 3-jährig	0.71	3.70	0.00	1.98	0.00	0.90	7.28	42.0	14.1	27.9	0.00	24.2	0.00	20.2	0.00	19.0	13.2	16.8	5.65	11.2	0.00	7.45	0.00	1.33	0.00	0.12	4.72
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.17	1.59	0.00	0.75	0.00	0.69	3.20	16.0	3.31	12.7	0.00	11.1	0.00	9.46	0.00	8.62	3.09	6.40	1.32	5.08	0.00	3.49	0.00	0.75	0.00	0.09	1.11
Schafe	0.26	1.19	0.00	0.75	0.00	0.40	2.60	15.0	5.18	9.82	0.00	8.63	0.00	7.20	0.00	6.69	4.84	6.00	2.07	3.93	0.00	2.74	0.00	0.51	0.00	0.00	1.73
Milchschafe	0.23	2.03	0.00	0.96	0.00	0.68	3.90	20.0	4.57	15.4	0.00	13.4	0.00	11.4	0.00	10.5	4.27	8.00	1.83	6.17	0.00	4.14	0.00	0.83	0.00	0.03	1.53
Ziegen	0.08	1.79	0.00	1.17	0.00	0.54	3.59	17.0	1.70	15.3	0.00	13.5	0.00	11.3	0.00	10.5	1.59	6.80	0.68	6.12	0.00	4.33	0.00	0.82	0.00	0.11	0.57

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.16 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2007

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)										Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)									
	Weide	Stall/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	0.90	8.6	4.29	1.68	16.6	2.30	34.3	110	19.5	90.6	68.2	13.9	62.1	11.6	44.5	9.15	18.1	60.9	10.8	50.1	34.2	7.33	31.5	2.86	13.9	0.37	9.42
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.27	2.21	0.63	0.91	2.36	1.16	7.54	25.0	5.81	19.2	9.28	7.69	8.34	6.41	5.83	5.16	5.42	13.8	3.20	10.6	4.47	3.87	4.04	1.36	1.54	0.10	2.78
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.67	2.95	1.15	0.88	3.70	1.17	10.5	40.0	14.6	25.4	15.0	7.44	13.4	6.23	9.46	4.96	13.6	22.0	8.04	14.0	7.22	3.79	6.41	1.40	2.50	0.13	7.00
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.80	4.02	1.77	1.21	5.87	1.76	15.4	55.0	17.5	37.5	22.9	10.6	20.4	9.04	14.1	7.16	16.3	30.3	9.61	20.6	11.2	5.45	9.94	2.09	3.74	0.18	8.37
Mutterkühe	1.12	9.44	2.66	1.71	8.37	2.28	25.6	85.0	24.6	60.4	36.3	14.7	32.5	12.5	23.6	10.1	22.8	46.8	13.6	33.2	16.5	7.31	14.7	2.70	5.81	0.21	11.8
Mutterkuhkälber	0.30	2.48	0.71	0.39	2.12	0.55	6.56	22.0	6.63	15.4	9.4	3.48	8.49	2.78	6.27	2.15	6.15	12.1	3.65	8.45	4.24	1.73	3.77	0.65	1.52	0.05	3.18
Masttiere	0.07	4.15	1.52	1.06	4.03	1.52	12.4	35.0	1.51	33.5	19.4	9.93	17.3	8.38	12.9	6.72	1.40	19.3	0.83	18.4	9.32	4.95	8.27	1.88	3.96	0.22	0.73
Mastkälber	0.00	1.70	0.14	1.27	0.74	1.37	5.22	15.0	0.02	15.0	3.03	10.2	2.76	8.17	1.95	6.64	0.01	8.25	0.01	8.24	1.43	5.10	1.36	1.58	0.57	0.07	0.01
Galtsauen	0.03	6.29	0.65	0.00	2.26	0.00	9.23	19.8	0.20	19.6	13.3	0.01	12.0	0.01	9.55	0.01	0.17	13.9	0.14	13.7	7.42	0.01	6.89	0.00	4.45	0.00	0.11
Säugende Sauen	0.02	8.14	2.03	0.05	5.72	0.00	16.0	40.7	0.14	40.5	32.2	0.18	29.2	0.13	23.0	0.13	0.12	28.5	0.10	28.4	20.1	0.10	18.3	0.01	12.2	0.01	0.08
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.88	0.22	0.01	0.63	0.00	1.74	4.46	0.02	4.44	3.54	0.02	3.23	0.02	2.57	0.02	0.01	3.12	0.01	3.11	2.22	0.01	2.02	0.00	1.35	0.00	0.01
Eber	0.03	4.70	0.59	0.00	1.91	0.00	7.22	15.4	0.18	15.2	10.5	0.00	9.57	0.00	7.51	0.00	0.15	10.8	0.13	10.7	5.98	0.00	5.47	0.00	3.43	0.00	0.10
Mastschweine und Remonten	0.03	3.38	0.53	0.00	1.67	0.00	5.60	12.3	0.19	12.1	8.72	0.00	7.92	0.00	6.13	0.00	0.16	8.61	0.13	8.47	5.09	0.00	4.64	0.00	2.86	0.00	0.10
Junghennen	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.11	0.31	0.00	0.31	0.00	0.25	0.00	0.21	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00	0.13	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00
Legehennen	0.02	0.11	0.00	0.07	0.00	0.07	0.28	0.80	0.06	0.74	0.00	0.63	0.00	0.54	0.00	0.46	0.03	0.48	0.04	0.44	0.00	0.33	0.00	0.14	0.00	0.06	0.01
Mastpoulets	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.04	0.11	0.45	0.01	0.44	0.00	0.39	0.00	0.36	0.00	0.32	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00
Masttruten	0.02	0.20	0.00	0.06	0.00	0.18	0.47	1.40	0.04	1.36	0.00	1.16	0.00	1.05	0.00	0.87	0.02	0.84	0.03	0.81	0.00	0.61	0.00	0.29	0.00	0.10	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.05	0.00	0.04	0.18	0.56	0.02	0.54	0.00	0.46	0.00	0.40	0.00	0.35	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.25	0.00	0.10	0.00	0.06	0.00
Pferde über 3-jährig	0.40	4.66	0.00	2.75	0.00	1.21	9.02	44.0	7.96	36.0	0.00	31.4	0.00	26.1	0.00	24.5	7.43	17.6	3.19	14.4	0.00	9.75	0.00	1.68	0.00	0.06	2.66
Pferde unter 3-jährig	0.80	3.24	0.00	2.05	0.00	0.78	6.87	42.0	16.1	25.9	0.00	22.7	0.00	18.6	0.00	17.5	15.1	16.8	6.43	10.4	0.00	7.12	0.00	1.23	0.00	0.17	5.38
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.20	1.57	0.00	0.85	0.00	0.41	3.03	16.0	3.97	12.0	0.00	10.5	0.00	8.73	0.00	8.18	3.71	6.40	1.59	4.81	0.00	3.24	0.00	0.59	0.00	0.04	1.33
Schafe	0.30	1.06	0.00	0.66	0.00	0.41	2.43	15.0	6.02	8.98	0.00	7.92	0.00	6.59	0.00	6.08	5.64	6.00	2.41	3.59	0.00	2.53	0.00	0.50	0.00	0.02	2.01
Milchschafe	0.24	1.96	0.00	1.23	0.00	0.45	3.88	20.0	4.82	15.2	0.00	13.2	0.00	11.2	0.00	10.6	4.45	8.00	1.93	6.07	0.00	4.11	0.00	0.67	0.00	0.05	1.61
Ziegen	0.06	1.81	0.00	0.65	0.00	1.11	3.63	17.0	1.21	15.8	0.00	14.0	0.00	12.3	0.00	11.0	1.12	6.80	0.48	6.32	0.00	4.50	0.00	1.21	0.00	0.09	0.41

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.17 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 2002

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)										Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)									
	Weide	Stall/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	0.88	6.6	4.06	2.53	15.6	1.92	31.5	105	18.9	85.9	63.5	15.8	57.8	12.7	41.3	10.6	17.5	58.3	10.5	47.7	32.7	8.44	30.1	2.96	13.6	0.83	9.19
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.31	1.89	0.50	1.31	1.93	0.91	6.86	25.0	6.76	18.2	7.64	8.71	6.90	6.87	4.86	5.84	6.28	13.8	3.72	10.0	3.76	4.38	3.41	1.31	1.37	0.29	3.24
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.70	2.39	0.86	1.29	3.53	0.93	9.70	40.0	15.4	24.6	13.8	8.47	12.5	6.75	8.81	5.71	14.3	22.0	8.44	13.6	6.85	4.32	6.30	1.39	2.57	0.35	7.35
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.87	3.31	1.30	1.73	5.51	1.27	14.0	55.0	19.1	35.9	21.3	11.3	19.4	9.01	13.6	7.59	17.8	30.3	10.5	19.7	10.6	5.78	9.80	1.88	3.99	0.46	9.17
Mutterkühe	1.52	7.00	2.53	2.27	6.36	1.65	21.3	85.0	33.2	51.8	29.5	15.2	26.1	12.2	19.4	10.4	30.9	46.8	18.3	28.5	13.9	7.59	12.0	2.46	5.28	0.61	15.9
Mutterkuhkälber	0.37	2.00	0.56	0.59	1.73	0.44	5.70	22.0	8.20	13.8	7.83	3.97	7.03	3.19	5.20	2.70	7.62	12.1	4.51	7.59	3.61	1.97	3.24	0.64	1.40	0.16	3.93
Masttiere	0.03	3.86	1.50	1.30	4.26	0.91	11.9	33.0	0.72	32.3	19.7	8.73	17.6	7.03	13.1	6.00	0.67	18.2	0.40	17.8	9.5	4.36	8.50	1.43	3.95	0.40	0.35
Mastkälber	0.00	1.35	0.17	1.35	0.63	0.79	4.28	13.0	0.04	13.0	2.56	9.05	2.32	7.03	1.66	6.12	0.04	7.15	0.02	7.13	1.27	4.51	1.16	1.22	0.50	0.32	0.02
Galtsauen	0.00	5.61	0.80	0.00	2.41	0.00	8.82	19.4	0.01	19.4	13.8	0.00	12.5	0.00	10.0	0.00	0.01	13.6	0.01	13.6	7.99	0.00	7.30	0.00	4.71	0.00	0.01
Säugende Sauen	0.00	6.76	1.85	0.06	5.60	0.00	14.3	37.8	0.00	37.8	30.8	0.22	28.1	0.14	22.1	0.13	0.00	26.4	0.00	26.4	19.6	0.12	17.9	0.01	12.0	0.01	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.88	0.24	0.00	0.60	0.00	1.73	4.63	0.00	4.63	3.72	0.03	3.37	0.03	2.72	0.02	0.00	3.24	0.00	3.24	2.35	0.02	2.13	0.01	1.49	0.00	0.00
Eber	0.00	4.16	0.74	0.01	1.87	0.00	6.79	14.9	0.03	14.9	10.7	0.06	9.6	0.04	7.57	0.04	0.03	10.4	0.02	10.4	6.23	0.03	5.58	0.01	3.58	0.00	0.02
Mastschweine und Remonten	0.00	3.69	0.87	0.01	1.69	0.00	6.26	13.7	0.02	13.7	10.0	0.03	8.79	0.02	6.98	0.02	0.02	9.62	0.02	9.60	5.90	0.01	5.10	0.00	3.29	0.00	0.01
Junghennen	0.00	0.11	0.00	0.02	0.00	0.02	0.15	0.34	0.00	0.34	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.18	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.09	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
Legehennen	0.02	0.09	0.00	0.08	0.00	0.07	0.25	0.71	0.04	0.67	0.00	0.58	0.00	0.49	0.00	0.41	0.02	0.43	0.02	0.40	0.00	0.31	0.00	0.12	0.00	0.05	0.01
Mastpoulets	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.04	0.11	0.40	0.00	0.40	0.00	0.35	0.00	0.32	0.00	0.28	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.19	0.00	0.09	0.00	0.05	0.00
Masttruten	0.02	0.20	0.00	0.05	0.00	0.14	0.41	1.40	0.04	1.36	0.00	1.16	0.00	1.07	0.00	0.93	0.02	0.84	0.03	0.81	0.00	0.61	0.00	0.30	0.00	0.16	0.01
Übriges Geflügel	0.01	0.08	0.00	0.05	0.00	0.05	0.18	0.56	0.02	0.54	0.00	0.47	0.00	0.40	0.00	0.36	0.01	0.34	0.01	0.33	0.00	0.25	0.00	0.11	0.00	0.06	0.00
Pferde über 3-jährig	0.46	4.47	0.00	2.84	0.00	0.87	8.64	44.0	9.12	34.9	0.00	30.4	0.00	25.1	0.00	23.9	8.52	17.6	3.65	14.0	0.00	9.48	0.00	1.54	0.00	0.28	3.05
Pferde unter 3-jährig	0.80	3.38	0.00	2.09	0.00	0.68	6.96	42.0	16.1	25.9	0.00	22.6	0.00	18.7	0.00	17.7	15.0	16.8	6.42	10.4	0.00	6.99	0.00	1.12	0.00	0.16	5.37
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.18	1.58	0.00	1.00	0.00	0.29	3.05	16.0	3.69	12.3	0.00	10.7	0.00	8.87	0.00	8.44	3.45	6.40	1.48	4.92	0.00	3.35	0.00	0.54	0.00	0.12	1.23
Schafe	0.25	1.23	0.00	0.83	0.00	0.29	2.60	15.0	5.03	9.97	0.00	8.74	0.00	7.22	0.00	6.81	4.70	6.00	2.01	3.99	0.00	2.76	0.00	0.46	0.00	0.06	1.68
Milchschafe	0.26	1.82	0.00	1.23	0.00	0.32	3.63	20.0	5.21	14.8	0.00	13.0	0.00	10.7	0.00	10.2	4.87	8.00	2.09	5.91	0.00	4.09	0.00	0.68	0.00	0.20	1.74
Ziegen	0.10	1.79	0.00	1.25	0.00	0.40	3.55	17.0	2.07	14.9	0.00	13.1	0.00	10.8	0.00	10.3	1.93	6.80	0.83	5.97	0.00	4.18	0.00	0.71	0.00	0.14	0.69

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.18 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1995

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)										Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)									
	Weide	Stall/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	4.84	2.65	3.64	17.7	3.26	32.5	102	9.69	91.9	63.4	23.6	59.2	19.1	40.5	15.5	8.99	56.9	5.43	51.5	33.9	12.8	32.6	4.61	13.9	1.03	4.73
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.16	1.54	0.37	1.61	2.47	1.44	7.59	25.0	3.56	21.4	8.87	11.0	8.26	8.79	5.65	7.21	3.30	13.8	1.96	11.8	4.62	5.63	4.44	1.77	1.97	0.34	1.70
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.47	2.04	0.74	1.47	4.94	1.32	11.0	40.0	10.3	29.7	17.7	9.99	16.5	8.07	11.3	6.62	9.53	22.0	5.64	16.4	9.16	5.16	8.81	1.76	3.87	0.44	4.91
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.51	3.08	1.10	2.11	7.37	1.89	16.1	55.0	11.2	43.8	26.4	14.3	24.6	11.6	16.8	9.51	10.4	30.3	6.14	24.1	13.6	7.39	13.1	2.51	5.75	0.63	5.35
Mutterkühe	1.02	6.80	1.25	3.66	8.36	3.28	24.4	85.0	22.3	62.7	30.0	25.9	27.9	20.8	19.1	17.2	20.7	46.8	12.3	34.5	14.8	12.8	14.3	4.07	5.91	0.78	10.7
Mutterkuhkälber	0.26	1.76	0.32	0.95	2.16	0.85	6.31	22.0	5.77	16.2	7.75	6.71	7.22	5.39	4.93	4.46	5.36	12.1	3.18	8.92	3.84	3.33	3.69	1.05	1.53	0.20	2.76
Masttiere	0.00	3.28	0.83	1.42	5.53	1.27	12.3	33.0	0.00	33.0	19.8	9.91	18.4	7.94	12.6	6.55	0.00	18.2	0.00	18.2	9.9	4.97	9.52	1.58	3.99	0.31	0.00
Mastkälber	0.00	1.17	0.08	1.44	0.50	1.29	4.48	13.0	0.00	13.0	1.80	10.0	1.68	7.86	1.15	6.44	0.00	7.15	0.00	7.15	0.93	5.04	0.89	1.44	0.39	0.15	0.00
Galtsauen	0.00	4.02	0.77	0.00	3.62	0.00	8.41	22.6	0.00	22.6	18.5	0.00	17.2	0.00	13.4	0.00	0.00	15.8	0.00	15.8	11.8	0.00	11.1	0.00	7.51	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	8.38	1.71	0.00	7.98	0.00	18.1	49.3	0.00	49.3	40.9	0.00	38.0	0.00	29.6	0.00	0.00	34.5	0.00	34.5	26.1	0.00	24.7	0.00	16.7	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.79	0.16	0.00	0.75	0.00	1.70	4.63	0.00	4.63	3.84	0.00	3.57	0.00	2.78	0.00	0.00	3.24	0.00	3.24	2.45	0.00	2.32	0.00	1.57	0.00	0.00
Eber	0.00	3.21	0.65	0.00	3.06	0.00	6.93	18.9	0.00	18.9	15.7	0.00	14.6	0.00	11.3	0.00	0.00	13.2	0.00	13.2	10.0	0.00	9.47	0.00	6.41	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	3.17	0.61	0.00	2.86	0.00	6.64	17.8	0.00	17.8	14.6	0.00	13.6	0.00	10.6	0.00	0.00	12.5	0.00	12.5	9.30	0.00	8.80	0.00	5.94	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.11	0.00	0.02	0.00	0.03	0.16	0.34	0.00	0.34	0.00	0.23	0.00	0.20	0.00	0.17	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
Legehennen	0.00	0.20	0.00	0.04	0.00	0.07	0.32	0.71	0.00	0.71	0.00	0.50	0.00	0.44	0.00	0.37	0.00	0.43	0.00	0.42	0.00	0.22	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00
Mastpoulets	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.05	0.13	0.40	0.00	0.40	0.00	0.34	0.00	0.31	0.00	0.26	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.19	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00
Masttruten	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.16	0.46	1.40	0.01	1.39	0.00	1.19	0.00	1.06	0.00	0.89	0.00	0.84	0.00	0.84	0.00	0.64	0.00	0.29	0.00	0.12	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.07	0.18	0.56	0.00	0.56	0.00	0.48	0.00	0.43	0.00	0.36	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.26	0.00	0.12	0.00	0.05	0.00
Pferde über 3-jährig	0.15	4.67	0.00	3.34	0.00	1.39	9.56	44.0	3.01	41.0	0.00	36.3	0.00	30.1	0.00	28.2	2.82	17.6	1.21	16.4	0.00	11.7	0.00	2.16	0.00	0.77	1.01
Pferde unter 3-jährig	0.14	4.46	0.00	3.19	0.00	1.33	9.12	42.0	2.88	39.1	0.00	34.7	0.00	28.7	0.00	26.9	2.69	16.8	1.15	15.6	0.00	11.2	0.00	2.06	0.00	0.73	0.96
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.05	1.70	0.00	1.21	0.00	0.51	3.48	16.0	1.10	14.9	0.00	13.2	0.00	10.9	0.00	10.3	1.02	6.40	0.44	5.96	0.00	4.26	0.00	0.79	0.00	0.28	0.37
Schafe	0.23	1.40	0.00	0.79	0.00	0.33	2.74	15.0	4.60	10.4	0.00	9.00	0.00	8.01	0.00	7.56	4.30	6.00	1.84	4.16	0.00	2.76	0.00	0.98	0.00	0.65	1.54
Milchschafe	0.11	2.07	0.00	1.43	0.00	0.60	4.21	20.0	2.29	17.7	0.00	15.6	0.00	13.0	0.00	12.2	2.14	8.00	0.91	7.09	0.00	5.02	0.00	0.91	0.00	0.32	0.76
Ziegen	0.12	1.82	0.00	1.16	0.00	0.48	3.57	17.0	2.31	14.7	0.00	12.9	0.00	10.7	0.00	10.0	2.16	6.80	0.93	5.87	0.00	4.06	0.00	0.71	0.00	0.23	0.77

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.19 Ammoniakemissionen und N Flüsse pro Tier 1990

Tierkategorie	Emission (kg NH ₃ -N/Tier und Jahr)*							Fluss N _{tot} (kg N/Tier und Jahr)										Fluss TAN (kg N/Tier und Jahr)									
	Weide	Stall/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	4.06	2.12	4.34	17.7	3.41	32.0	100	8.30	92.1	61.5	26.6	57.8	21.3	39.2	17.5	7.70	56.5	4.67	51.8	33.3	14.5	32.5	5.10	13.8	1.34	4.07
Aufzuchttrinder unter 1-jährig	0.16	1.37	0.30	1.75	2.51	1.38	7.47	25.0	3.52	21.5	8.72	11.4	8.20	8.99	5.55	7.47	3.27	13.8	1.93	11.8	4.61	5.84	4.50	1.79	1.85	0.27	1.68
Aufzuchttrinder 1- bis 2-jährig	0.46	1.80	0.59	1.69	4.94	1.33	10.8	40.0	10.1	29.9	17.1	10.9	16.1	8.70	10.9	7.24	9.42	22.0	5.58	16.4	8.98	5.64	8.77	1.85	3.57	0.38	4.86
Aufzuchttrinder über 2-jährig	0.50	2.67	0.91	2.34	7.55	1.84	15.8	55.0	11.0	44.0	26.2	15.1	24.7	12.1	16.7	10.0	10.2	30.3	6.06	24.2	13.7	7.80	13.4	2.58	5.44	0.55	5.27
Mutterkühe	1.02	6.06	1.10	3.70	9.17	2.91	24.0	85.0	22.4	62.6	31.8	24.7	29.9	19.6	20.2	16.4	20.8	46.8	12.3	34.5	16.1	12.3	15.7	3.77	6.04	0.56	10.7
Mutterkuhkälber	0.26	1.57	0.28	0.96	2.37	0.75	6.20	22.0	5.79	16.2	8.24	6.40	7.74	5.08	5.24	4.25	5.37	12.1	3.18	8.92	4.16	3.19	4.07	0.98	1.56	0.14	2.77
Masttiere	0.00	3.20	0.72	1.33	6.04	1.05	12.3	33.0	0.00	33.0	21.0	8.84	19.7	6.99	13.3	5.83	0.00	18.2	0.00	18.2	10.5	4.44	10.3	1.35	3.91	0.19	0.00
Mastkälber	0.00	1.14	0.06	1.52	0.51	1.20	4.43	13.0	0.00	13.0	1.76	10.1	1.66	7.84	1.12	6.52	0.00	7.15	0.00	7.15	0.93	5.08	0.91	1.40	0.37	0.08	0.00
Galtsauen	0.00	3.84	0.65	0.00	3.77	0.00	8.25	22.6	0.00	22.6	18.7	0.00	17.5	0.00	13.5	0.00	0.00	15.8	0.00	15.8	11.9	0.00	11.4	0.00	7.46	0.00	0.00
Säugende Sauen	0.00	8.38	1.41	0.00	8.24	0.00	18.0	49.3	0.00	49.3	40.9	0.00	38.3	0.00	29.6	0.00	0.00	34.5	0.00	34.5	26.1	0.00	25.0	0.00	16.3	0.00	0.00
Ferkel abgesetzt (bis 25 kg)	0.00	0.79	0.13	0.00	0.77	0.00	1.70	4.63	0.00	4.63	3.84	0.00	3.60	0.00	2.78	0.00	0.00	3.24	0.00	3.24	2.45	0.00	2.35	0.00	1.53	0.00	0.00
Eber	0.00	3.21	0.54	0.00	3.16	0.00	6.92	18.9	0.00	18.9	15.7	0.00	14.7	0.00	11.4	0.00	0.00	13.2	0.00	13.2	10.0	0.00	9.59	0.00	6.25	0.00	0.00
Mastschweine und Remonten	0.00	3.10	0.52	0.00	3.04	0.00	6.66	18.2	0.00	18.2	15.1	0.00	14.1	0.00	10.9	0.00	0.00	12.7	0.00	12.7	9.64	0.00	9.23	0.00	6.02	0.00	0.00
Junghennen	0.00	0.12	0.00	0.02	0.00	0.03	0.16	0.34	0.00	0.34	0.00	0.21	0.00	0.19	0.00	0.16	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Legehennen	0.00	0.21	0.00	0.04	0.00	0.06	0.31	0.71	0.00	0.71	0.00	0.48	0.00	0.42	0.00	0.36	0.00	0.43	0.00	0.43	0.00	0.19	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00
Mastpoulets	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00	0.04	0.13	0.40	0.00	0.40	0.00	0.33	0.00	0.29	0.00	0.25	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.17	0.00	0.08	0.00	0.03	0.00
Masttruten	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.14	0.44	1.40	0.00	1.40	0.00	1.16	0.00	1.02	0.00	0.88	0.00	0.84	0.00	0.84	0.00	0.60	0.00	0.26	0.00	0.12	0.00
Übriges Geflügel	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.06	0.18	0.56	0.00	0.56	0.00	0.46	0.00	0.41	0.00	0.35	0.00	0.34	0.00	0.34	0.00	0.24	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00
Pferde über 3-jährig	0.15	4.67	0.00	3.52	0.00	1.18	9.52	44.0	3.01	41.0	0.00	36.3	0.00	29.9	0.00	28.3	2.82	17.6	1.21	16.4	0.00	11.7	0.00	2.05	0.00	0.40	1.01
Pferde unter 3-jährig	0.14	4.46	0.00	3.36	0.00	1.12	9.08	42.0	2.88	39.1	0.00	34.7	0.00	28.6	0.00	27.0	2.69	16.8	1.15	15.6	0.00	11.2	0.00	1.96	0.00	0.38	0.96
Ponys, Kleinpferde, Esel, M.	0.05	1.70	0.00	1.28	0.00	0.43	3.46	16.0	1.10	14.9	0.00	13.2	0.00	10.9	0.00	10.3	1.02	6.40	0.44	5.96	0.00	4.26	0.00	0.75	0.00	0.15	0.37
Schafe	0.23	1.40	0.00	0.83	0.00	0.28	2.73	15.0	4.60	10.4	0.00	9.00	0.00	7.96	0.00	7.57	4.30	6.00	1.84	4.16	0.00	2.76	0.00	0.95	0.00	0.56	1.54
Milchschafe	0.11	2.07	0.00	1.51	0.00	0.50	4.19	20.0	2.29	17.7	0.00	15.6	0.00	12.9	0.00	12.2	2.14	8.00	0.91	7.09	0.00	5.02	0.00	0.87	0.00	0.16	0.76
Ziegen	0.12	1.82	0.00	1.22	0.00	0.41	3.56	17.0	2.31	14.7	0.00	12.9	0.00	10.6	0.00	10.1	2.16	6.80	0.93	5.87	0.00	4.06	0.00	0.68	0.00	0.10	0.77

* Die Emission pro Tier und Jahr entspricht dem Emissionsfaktor

7.20 Vollständige Zeitreihe der Ammoniakemissionen 1990-2015

	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
	Emissionen in kt NH ₃ -N*																									
Weide	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Stall/Laufhof	11.0	10.9	10.8	10.9	10.8	10.5	10.8	10.9	11.3	11.2	11.4	11.8	12.0	12.2	12.5	13.1	13.5	13.8	14.2	14.4	14.7	14.6	14.6	14.4	14.5	14.7
Lager Gülle	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.3	4.5	4.4	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6
Lager Mist	5.8	5.6	5.4	5.2	5.0	4.9	4.8	4.5	4.3	4.1	3.9	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3
Ausbringung Gülle	22.6	22.3	21.7	21.2	21.0	20.5	19.8	18.7	18.1	17.0	16.3	15.9	15.2	15.1	15.0	15.3	15.6	15.7	15.6	14.8	14.3	14.2	14.0	13.8	13.8	13.7
Ausbringung Mist	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.2	3.8	3.6	3.3	3.1	2.9	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.4	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2
Total Tierproduktion	47.4	46.9	46.0	45.4	45.0	44.2	43.7	42.3	41.9	40.4	39.8	39.8	39.2	39.0	39.0	40.1	40.7	41.1	41.7	41.0	40.8	40.4	40.1	39.6	39.6	39.6
Rindvieh	35.9	35.7	35.0	34.4	34.8	34.7	34.3	32.9	32.1	31.3	30.5	30.5	29.9	29.9	29.8	30.6	31.3	31.9	32.5	31.7	31.3	31.2	31.1	30.9	31.0	30.8
Schweine	9.1	8.8	8.7	8.6	7.8	7.1	6.9	7.0	7.4	6.7	6.8	6.9	6.9	6.7	6.6	6.9	6.8	6.5	6.4	6.4	6.5	6.3	6.1	5.8	5.7	5.9
Geflügel	1.4	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.49	1.6
Pferde und andere Equiden	0.3	0.3	0.3	0.4	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	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
Kleinwiederkäuer	0.3	0.3	0.3	0.4	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	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
And. Raufutterverzehr/Kaninchen	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Total Tierproduktion	47.4	46.9	46.0	45.4	45.0	44.2	43.7	42.3	41.9	40.4	39.8	39.8	39.2	39.0	39.0	40.1	40.7	41.1	41.7	41.0	40.8	40.4	40.1	39.6	39.6	39.6
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
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	0.5	0.6	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	2.7	2.5	2.4	2.7	2.4	2.2	2.7	2.5	2.5	2.6	3.0	2.9
Total Tierproduktion	47.4	46.9	46.0	45.4	45.0	44.2	43.7	42.3	41.9	40.4	39.8	39.8	39.2	39.0	39.0	40.1	40.7	41.1	41.7	41.0	40.8	40.4	40.1	39.6	39.6	39.6
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	2.7	2.5	2.4	2.7	2.4	2.2	2.7	2.5	2.5	2.6	3.0	2.9
Total landwirtschaftl. Emissionen	51.9	51.0	50.2	49.4	49.0	48.1	47.5	45.5	44.9	43.5	42.8	42.8	42.1	41.6	41.7	42.6	43.1	43.8	44.1	43.3	43.4	42.9	42.7	42.2	42.6	42.5
Total nicht- landwirtschaftl. Em.	3.1	3.3	3.6	3.7	3.8	4.0	4.3	4.5	4.7	4.9	5.9	5.7	5.5	5.3	5.0	4.8	4.5	4.3	4.2	4.0	3.8	3.7	3.6	3.4	3.3	3.2
Total	55.0	54.3	53.7	53.0	52.7	52.1	51.8	50.0	49.5	48.4	48.7	48.5	47.6	46.9	46.7	47.4	47.6	48.1	48.3	47.3	47.2	46.6	46.2	45.6	45.9	45.7

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

7.21 Entwicklung der Emissionen des Pflanzenbaus 1990 - 2015

7.21.1 Mineralische N-Dünger

Im Jahr 1990 betrug die Emission der mineralischen N-Dünger 3.5 kt NH₃-N und nahm gegen Ende der 1990er Jahre ab auf rund 2.0 kt NH₃-N und blieb seither ungefähr konstant (Abbildung 15). Die Abnahme zwischen 1990 und 2015 betrug damit fast 40%. Dabei nahmen die Emissionen von Harnstoff stärker ab als diejenigen der übrigen mineralischen N-Dünger.

Tabelle 22: Ammoniakemissionen aus der Ausbringung von mineralischen N-Düngern je Düngertyp für 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 und 2015 in kt NH₃-N pro Jahr.

Zolltarif-Nr.	Name	1990	1995	2002	2007	2010	2015
2814.2000.011	Ammoniakgas	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
3102.1000.011	Harnstoff	2.1	1.4	1.1	1.1	0.9	0.9
3102.2100.011	Ammoniumsulfat	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
3102.2900.011	Ammoniumsulfatsalpeter	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2
3102.3000.011	Ammoniumnitrat (AN)	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2
3102.4000.011	Mischungen AN-Calciumcarbonat	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
3102.5000.011	Natriumnitrat	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
3102.9010.011	Calciumcyanamid**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3102.8000.011	Mischungen Harnstoff/AN	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
3102.9000.011	Calcium-Magnesiumnitrat*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3105.2000.011	Mehrnährstoffdünger**	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
3105.3000.011	Diammoniummorthosphat	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
3105.4000.011	Monoammoniummorthosphat	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
	Total	3.5	2.7	2.3	2.3	2.3	2.1

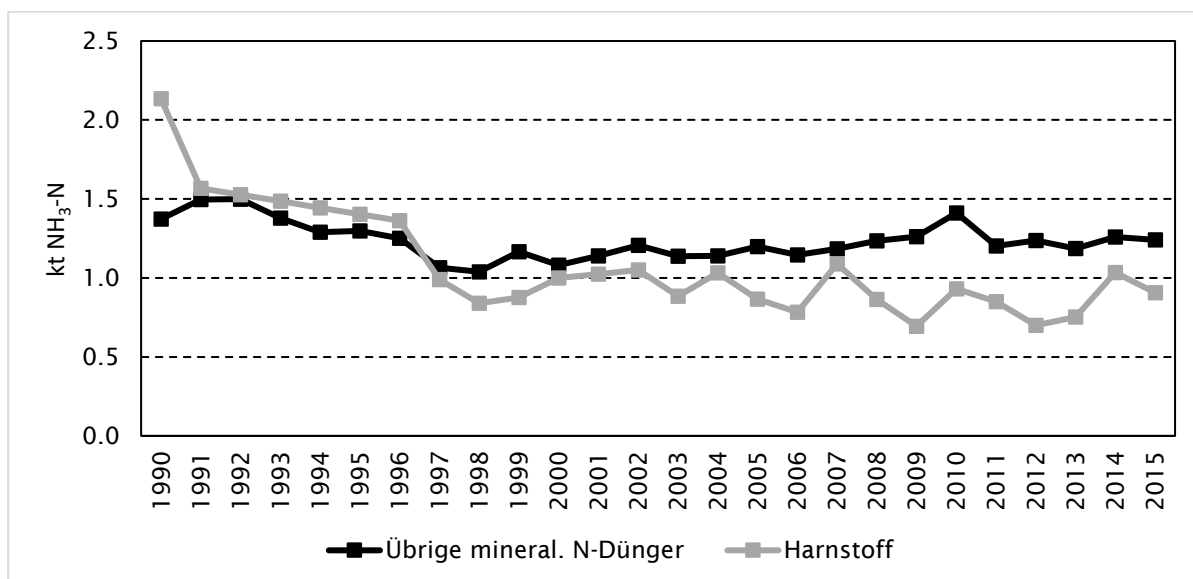


Abbildung 15: Ammoniakemissionen aus der Ausbringung von mineralischen N-Düngern (Harnstoff, übrige mineralische N-Dünger) zwischen 1990 und 2015 in kt NH₃-N pro Jahr.

7.21.2 Recyclingdünger

2015 lagen die Emissionen der Recyclingdünger bei insgesamt 0.8 kt $\text{NH}_3\text{-N}$. Zu Beginn der Zeitreihe 1990 betrugen die Emissionen der Recyclingdünger 1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ mit einem Anteil des Klärschlammes von 97% (Abbildung 16). Bis etwa 2000 blieben die Emissionen ungefähr auf diesem Niveau, wobei der Anteil von Klärschlamm absolut und auch anteilmässig leicht abnahm. Gleichzeitig stiegen die Verluste 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 2002 war flüssiges Gärgut mit 0.05 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ nach Klärschlamm die zweitwichtigste Quelle innerhalb der Recyclingdünger. Im Jahr 2007 produzierte Klärschlamm erstmals weniger als die Hälfte der Verluste der Recyclingdünger. Die von Klärschlamm verursachte Emissionsmenge nahm anschliessend stark ab und ging auf Null zurück im Jahr 2009. In diesem Jahr wurde mit 0.3 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ das Minimum der Emissionen der Recyclingdünger innerhalb dieser Zeitreihe erreicht.

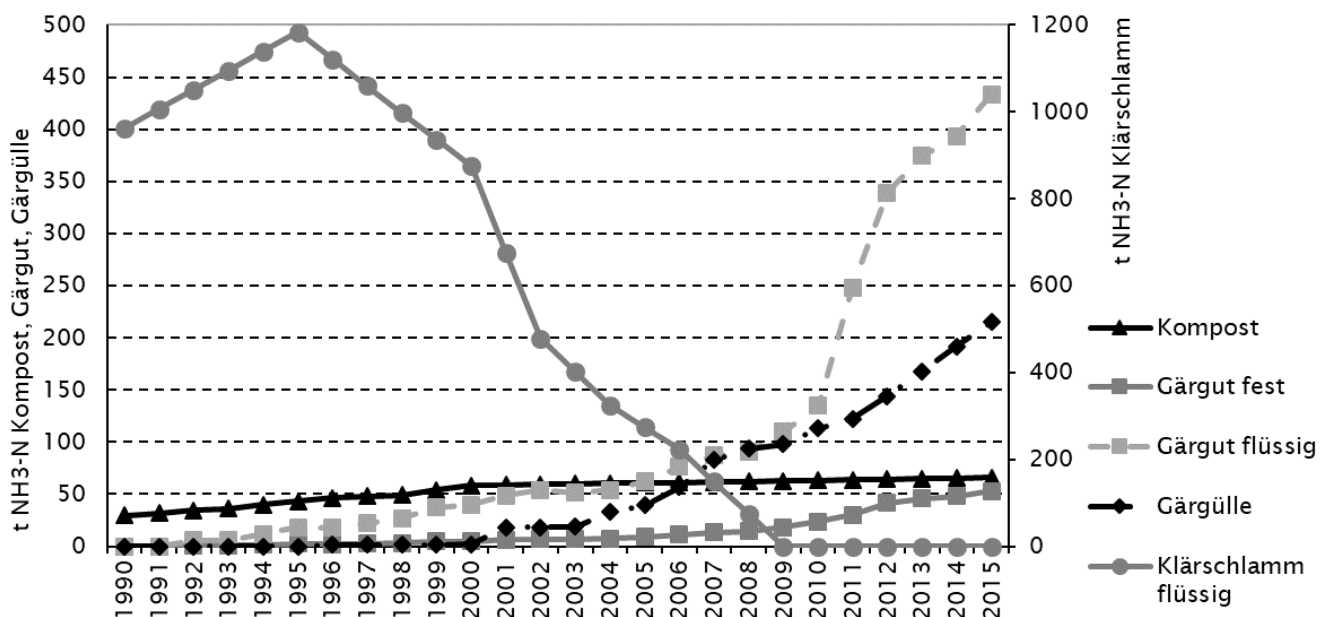


Abbildung 16: Verlauf der Emissionen der Recyclingdünger zwischen 1990 und 2015 in kt $\text{NH}_3\text{-N}$ pro Jahr.

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 rund 0.4 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ bis im Jahr 2015. Ab 2010 nahm die Verarbeitung von Co-Substrat auf landwirtschaftlichen Anlagen stark zu, was zu einer Verdoppelung der Emissionen von ca. 0.1 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ auf 0.2 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ führte. Die Emissionen von Kompost und festem Gärgut waren über die ganze Zeitreihe niedrig und betrugen 2015 rund 0.07 kt $\text{NH}_3\text{-N}$ bzw. 0.05 kt $\text{NH}_3\text{-N}$.

7.22 Landwirtschaftlichen Produktionstechnik 2010 und 2015 gemäss Umfrage HAFL und Zusatzerhebung BFS 2013 – Einfluss der der Eingabedaten auf die Emissionsrechnung

7.22.1 Einleitung und Grundlagedaten

Die beiden Datensätze wurden hinsichtlich Übereinstimmung bzw. Differenzen verglichen (vgl. Kap. 2.1.7.5). Die Darstellung des Vergleichs richtete sich nach den Kategorien der Zusatzerhebung BFS.

Die Methode zur Auswertung der Umfrage HAFL 2015 und Zusatzerhebung BFS 2013 unterscheidet sich wie folgt: die Zusatzerhebung BFS fragte bei Rindvieh Daten gegliedert nach den Kategorien Milchkühe, Mutterkühe, Aufzucht, Grossviehmast und Mastkälber ab. Es gab keine Gliederung nach Alter bei den Aufzuchtrindern. Die Generierung der Kategorien Aufzuchtrinder, Grossviehmast und Mastkälber erfolgte aufgrund der Angaben der Zusatzerhebung BFS zu den Tierplätzen in den Ställen der entsprechenden Kategorien.

Im Folgenden werden die Daten der Zusatzerhebung BFS 2013 mit denjenigen der Umfragen der HAFL 2010 und 2015 verglichen. Da die Zeitpunkte der Erhebungen der HAFL mit derjenigen des BFS nicht deckungsgleich waren, wurden die Daten der Umfragen der HAFL 2015 und 2010 linear interpoliert auf 2013. In den folgenden Tabellen sind der Vollständigkeit halber auch die Daten der Zusatzerhebung BFS 2010 aufgeführt. Ein Vergleich zwischen der Zusatzerhebung BFS 2010 und der Umfrage HAFL 2010 ist in Kupper et al. (2013) enthalten. In Kap. 7.22.5 werden zusätzlich die Resultate der Emissionsrechnung basierend auf der einzelbetrieblichen Rechnung und Hochrechnung auf die Schweiz mit den Resultaten basierend auf einer Rechnung mittels Regionalmodell basierend auf den produktionstechnischen Daten gemäss Umfrage HAFL 2015 und denjenigen gemäss Zusatzerhebung des BFS 2013 verglichen. Dieser Vergleich soll zeigen, wie sich die Verwendung unterschiedlicher produktionstechnischer Daten auf die berechneten Emissionen auswirkt.

Tabelle 23 zeigt die Mittelwerte und Medianwerte der derjenigen Betriebe, von welchen in der Zusatzerhebung des BFS 2013, der Umfrage der HAFL 2015 und der Strukturhebung des BFS 2015 Daten erhoben wurden. Die Daten der Zusatzerhebung des BFS 2013 basiert auf Datensätzen von 13609 Betrieben, die Umfrage HAFL auf 2688 Betrieben. Die Strukturhebung Tabelle 23: Vergleich der Tierzahlen pro Betrieb derjenigen Betriebe, von welchen in der Zusatzerhebung des BFS 2013, der Umfrage der HAFL 2015 und der Strukturhebung des BFS 2015 Daten erhoben wurden. Angegeben sind jeweils der Mittelwert (MW) und der Median (Med). Die vier Spalten rechts geben die Abweichung der Umfrage der HAFL von der Zusatzerhebung des BFS 2013 und von der Strukturhebung des BFS 2015 in Prozent an. Eine Zahl grösser als 100% bedeutet, dass die Werte der Umfrage der HAFL (2) grösser sind als diejenigen der Erhebungen des BFS (1),(3)

	Zusatzerhebung BFS 2013 (1)		Umfrage HAFL 2015 (2)		Strukturhebung BFS 2015 (3)		Δ (2):(1)		Δ (2):(3)	
	MW	Med	MW	Med	MW	Med	MW	Med	MW	Med
Milchkühe	23	19	24	21	21	18	106%	111%	115%	117%
Mutterkühe	11	5	12	8	11	7	112%	160%	107%	114%
Aufzuchtrinder	23	18	19	14	-*	-*	83%	78%	-	-
Masttiere	45	19	34	12	-*	-*	76%	64%	-	-
Mastkälber	16	6	11	6	-*	-*	71%	100%	-	-
Galtsauen	17	14	15	11	13	10	89%	79%	115%	110%
Säugende Sauen	53	38	56	34	44	30	105%	89%	128%	113%
Absetzferkel	190	150	177	120	149	103	93%	80%	118%	117%
Mastschweine	160	51	160	66	130	47	100%	129%	123%	142%
Junghennen	3321	1100	2291	15	2654	10	69%	1%	86%	145%
Legehennen	660	20	452	15	351	15	68%	75%	129%	100%

*Kein direkter Vergleich möglich, da die Daten für diese Tierkategorien nicht verfügbar sind

bung BFS 2015 schloss sämtliche der 53306 landwirtschaftlichen Betriebe ein.

Die Daten zeigen, dass in der Umfrage der HAFL die Bestände der befragten Betriebe für Milch- und Mutterkühe um rund 10 Prozentpunkte grösser waren als diejenigen der Zusatzerhebung des BFS 2013. Die Differenz zwischen den Daten der Umfrage der HAFL und denjenigen der Strukturerhebung des BFS 2015 war für Milchkühe noch etwas höher. Dagegen waren die Tierzahlen übrigen Rindviehkategorien in der Umfrage der HAFL 2015 um ca. 20 bis 30 Prozentpunkte tiefer als in der Zusatzerhebung des BFS 2013.

Bei den Mastschweinen und den säugenden Sauen waren die Differenzen niedrig (<10 Prozentpunkte). Im Gegensatz dazu waren die Bestände der Galtsauen, der Absetzferkel sowie der beiden Geflügelkategorien wenig bzw. deutlich niedriger als in der Zusatzerhebung des BFS 2013. Die Tierzahlen pro Betrieb waren bei der Umfrage der HAFL 2015 mit Ausnahme der Junghennen grösser als gemäss Strukturerhebung des BFS 2015. Die Differenzen lagen jedoch mit Ausnahme der säugenden Sauen, Mastschweine und der Legehennen unter 20%. Die landwirtschaftliche Nutzfläche pro Umfragebetrieb HAFL 2015 lag um rund 10% über derjenigen gemäss Strukturerhebung 2015 (Daten nicht dargestellt). Die Daten zeigen, dass die Tierbestände von Zusatzerhebung BFS 2013 und Umfrage HAFL 2015 recht gut übereinstimmen, und man daher von insgesamt vergleichbaren Betriebsstrukturen ausgehen kann. Die Bestände der Strukturerhebung BFS 2015 sind allerdings etwas niedriger, auch wenn die Unterschiede unter 30% liegen. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass sich die Strukturen der Betriebe der Umfrage HAFL 2015 vom gesamtschweizerischen Durchschnitt in einem gewissen Ausmass unterscheiden.

7.22.2 Weide

Die Weidedauer stimmt für die Kategorien Milchkühe, Mutterkühe und Aufzuchtrinder, welche eine hohe Weidedauer aufweisen, gut überein, wobei für die letzteren beiden Kategorien in der Zusatzerhebung BFS 2013 generell höhere Werte resultieren (Tabelle 24). Eine klar grössere Weidedauer zeigt die Zusatzerhebung BFS 2013 für Masttiere und Mastkälber im Vergleich zu den Umfragen der HAFL. Diese ersteren Zahlen liegen klar zu hoch. Mastkälber werden etwas werden in der Praxis kaum geweidet. Vermutlich wurden in der Zusatzerhebung BFS 2013 diejenigen Betriebe, welche keine Angaben oder „0“-Werte eingesetzt haben bei der Auswertung ignoriert. Bei Masttieren besteht zwischen den beiden Umfragen der HAFL bezüglich Weidestunden pro Tag eine grosse Differenz, die nicht plausibel ist und auf einen Fehler bei der Auswertung hinweist. Vermutlich ist der Wert von 2015 deutlich überschätzt.

7.22.3 Aufstallungssysteme und Laufhof

Für die Milchkühe und die Aufzuchtrinder weist die Umfrage HAFL 2015 um 10 bzw. 17 Prozentpunkte höhere Anteile für Laufställe auf als die Zusatzerhebung BFS 2013 (Tabelle 25). Die auf 2013 interpolierten Werte stimmen jedoch für Milchkühe gut mit der Zusatzerhebung 2013 überein, bei den Aufzuchtrindern vermindert sich die Differenz auf rund 10 Prozentpunkte.

Für die übrigen Rindviehkategorien unterscheiden sich die Anteile Laufstall und Anbindestall wenig bezüglich Zusatzerhebung BFS 2013 und Umfrage HAFL 2015 und 2013 interpoliert. Innerhalb der einzelnen Stallsysteme fällt auf, dass die Umfrage HAFL 2015 (und auch 2013i) den Anteil des Systems Laufstall Vollgülle bei den Mutterkühen und den Aufzuchtrindern deutlich, d.h. um 10 bis 20 Prozentpunkte, höher schätzt als die Zusatzerhebung BFS 2015. Diese Differenzen lassen sich nicht erklären.

Tabelle 24: Weidestunden pro Tag und Weidetage pro Jahr von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2013 sowie 2010 und nach Umfrage HAFL 2015 und 2010; 2013i bedeutet: linear interpolierte Werte für 2013 zwischen Umfrage HAFL 2015 und HAFL 2010

	BFS 2013	BFS 2010	HAFL 2015	HAFL 2013i	HAFL 2010
Milchkühe					
Weidestunden pro Tag	9.2	8.6	8.2	8.4	8.6
Weidetage pro Jahr	162	158	174	173	173
Mutterkühe					
Weidestunden pro Tag	17.2	15.1	15.0	15.1	15.2
Weidetage pro Jahr	166	151	157	160	162
Aufzuchtrinder					
Weidestunden pro Tag	17.6	13.6	14.3	16.0	17.1
Weidetage pro Jahr	154	132	153	161	167
Masttiere					
Weidestunden pro Tag	16.1	2.7	3.3	6.3	2.9
Weidetage pro Jahr	168	28	109	120	105
Mastkälber					
Weidestunden pro Tag	14.4	1.6	0.9	1.6	0.5
Weidetage pro Jahr	149	16	68	82	64

Die Zusatzerhebung BFS 2013 ist bezüglich Anteil der Tiere gehalten in einem Laufstall bzw. in einem Anbindestall bei Rindvieh insgesamt als zuverlässig einzuschätzen, da für beide Systeme je die Anzahl Tierplätze abgefragt wurden und sich so eine Verteilung direkt berechnen lässt. Andererseits könnte es sein, dass Betriebe, welche auf Laufstall umgestellt haben, auch die nicht mehr benutzten Plätze im Anbindestall angeben. Die resultierende Summe der Tierplätze, welche deutlich höher liegt als die Tierzahl gemäss der landwirtschaftlichen Betriebszählung des BFS, stützt diese Vermutung. Dies könnte dazu führen, dass der Anteil der Tiere in Anbindeställen überschätzt wird. Allerdings kann ein solcher Fehler keine grossen Auswirkungen haben, da bei der Zusatzerhebung BFS 2013 nur für 5% des Bestandes je ein Eintrag unter Anzahl Tierplätze Anbindestall und Tierplätze Laufstall erfolgte. Dies bedeutet, dass nur 5% der Milchkühe in einem Betrieb gehalten werden, auf dem sowohl ein Anbindestall als auch ein Laufstall vorkommen. Bei der Umfrage HAFL 2015 waren dies hingegen 22% der Milchkühe. Für solche Betriebe wurde im Rahmen der Datenplausibilisierung angenommen, dass 90% der Milchkühe im Laufstall und 10% im Anbindestall gehalten werden. Inwieweit diese Annahme zutrifft, muss offenbleiben. In jedem Fall ist dadurch die Unsicherheit bei den Umfragen der HAFL grösser.

Eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der Verteilung Laufstall-Anbindestall bieten die Daten zur Beteiligung am BTS-Programm 2015 (BTS besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme) gemäss BLW (2016). Voraussetzung für die Beteiligung am BTS Programm ist die Haltung von Rindvieh in einem Laufstall (Schweizerischer Bundesrat, 2017). Die Prozentanteile GVE mit Beteiligung am BTS-Programm 2015 stimmen mit Ausnahme der Masttiere gut mit den Zahlen gemäss BFS Zusatzerhebung 2013 überein (Tabelle 25). Die Beteiligung am BTS-Programm lag 2013 etwas niedriger. Die Übereinstimmung mit den Daten der Zusatzerhebung des BFS 2013 ist aber ebenfalls gut, obwohl auch diese bei allen Rindviehkategorien höhere Werte aufweist. Dies könnte zumindest teilweise dadurch zu erklären sein, dass nicht natürliche Personen nicht beitragsberechtigt sind (Schweizerischer Bundesrat, 2017) und daher in der Zusammenstellung von BLW (2016) nicht erscheinen. Die BFS Zusatzerhebung 2013 (auch die Umfragen HAFL 2015, 2010) schliessen alle Betriebe und demzufolge auch die nicht beitragsberechtigten Betriebe ein. Solche Betriebe (Betriebe von landwirtschaftlichen Schulen, Gutsbetriebe z.B. von Strafanstalten, Bürgerheime etc.) weisen oft eine überdurchschnittliche Grösse auf und dürften daher oft einen Laufstall haben.

Tabelle 25: Aufstallungssysteme von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2013 sowie 2010 und nach Umfrage HAFL 2015 und 2010; 2013i bedeutet: linear interpolierte Werte für 2013 zwischen Umfrage HAFL 2015 und HAFL 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie) sowie Prozentanteil GVE mit Beteiligung am BTS Programm 2015 gemäss BLW (2016) (in Klammern: Prozentanteil GVE mit Beteiligung am BTS Programm 2013 gemäss BLW, 2014)

	BFS 2013	BFS 2010	HAFL 2015	HAFL 2013i	HAFL 2010	BLW (2015)*
Milchkühe						
Anbindestall Vollgülle	16%	20%	14%	17%	18%	-
Anbindestall Gülle/Mist	38%	36%	31%	35%	38%	-
<i>Anbindestall total</i>	<i>55%</i>	<i>56%</i>	<i>45%</i>	<i>52%</i>	<i>57%</i>	-
Laufstall Vollgülle	33%	32%	43%	37%	32%	-
Laufstall Gülle/Mist**	12%	12%	11%	11%	11%	-
<i>Laufstall total</i>	<i>45%</i>	<i>44%</i>	<i>55%</i>	<i>48%</i>	<i>43%</i>	<i>46% (41%)</i>
Mutterkühe						
Anbindestall Vollgülle	1%	1%	3%	3%	3%	-
Anbindestall Gülle/Mist	9%	8%	11%	11%	12%	-
<i>Anbindestall total</i>	<i>10%</i>	<i>9%</i>	<i>13%</i>	<i>14%</i>	<i>15%</i>	-
Laufstall Vollgülle	14%	26%	33%	29%	26%	-
Laufstall Gülle/Mist**	76%	65%	54%	57%	59%	-
<i>Laufstall total</i>	<i>90%</i>	<i>91%</i>	<i>87%</i>	<i>86%</i>	<i>85%</i>	<i>84% (82%)</i>
Aufzuchtrinder						
Anbindestall Vollgülle	2%	3%	2%	3%	4%	-
Anbindestall Gülle/Mist	36%	31%	19%	26%	31%	-
<i>Anbindestall total</i>	<i>38%</i>	<i>34%</i>	<i>21%</i>	<i>29%</i>	<i>35%</i>	-
Laufstall Vollgülle	11%	11%	22%	21%	19%	-
Laufstall Gülle/Mist**	51%	54%	57%	50%	46%	-
<i>Laufstall total</i>	<i>62%</i>	<i>66%</i>	<i>79%</i>	<i>71%</i>	<i>65%</i>	<i>59% (50%)#</i>
Masttiere						
Anbindestall Vollgülle	1%	2%	0%	3%	4%	-
Anbindestall Gülle/Mist	5%	4%	7%	7%	7%	-
<i>Anbindestall total</i>	<i>7%</i>	<i>6%</i>	<i>8%</i>	<i>10%</i>	<i>11%</i>	-
Laufstall Vollgülle	18%	25%	28%	19%	14%	-
Laufstall Gülle/Mist**	75%	69%	65%	71%	75%	-
<i>Laufstall total</i>	<i>93%</i>	<i>94%</i>	<i>92%</i>	<i>90%</i>	<i>89%</i>	<i>66% (58%)##</i>
Mastkälber						
Laufstall Vollgülle	4%	3%	2%	2%	2%	-
Laufstall Gülle/Mist**	96%	97%	98%	98%	98%	-
<i>Laufstall total</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	-

* Voraussetzung für die Beteiligung am BTS Programm (BTS besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme) gemäss BLW (2016) ist die Haltung von Rindvieh in einem Laufstall

** Schliesst das System Laufstall mit Tiefstreue/Tretmist mit ein. Dieses System ist im Datensatz BFS 2013 im Gegensatz zu BFS 2010, HAFL 2010, 2013 nicht enthalten. In diesen drei Datensätzen wurden die Anteile der Systeme Laufstall Gülle/Mist und Laufstall mit Tiefstreue/Tretmist für die vorliegende Auswertung aufaddiert.

Mittelwert der folgenden Tierkategorien: weibliche Tiere, über 160 – 365 Tage alt, weibliche Tiere, über 365 Tage alt, bis zur ersten Abkalbung sowie männliche Tiere, über 730 Tage alt.

Mittelwert der folgenden Tierkategorien: männliche Tiere, über 365 – 730 Tage alt, männliche Tiere, über 160 – 365 Tage alt

Insgesamt weisen die vorliegenden Daten darauf hin, dass die Zahlen gemäss BFS Zusatzerhebung 2013 besser zutreffen als diejenigen der Umfrage HAFL 2015. Eine mögliche Erklärung für die teils überhöhten Werte gemäss Umfrage HAFL 2015 könnte sein, dass aufgrund des Vorgehens an der Umfrage der HAFL eher fortschrittliche oder grosse Betriebe teilnehmen (Umfrage HAFL: Anreizsystem, keine Möglichkeit für telefonische Nachfragen bei; Zusatzerhebung BFS: Androhung von Bussen bei Nichtbeteiligung, telefonische Nachfragen). Diese

Unterschiede könnten dazu führen, dass Betriebe, welche die Bereitschaft oder die Kapazitäten haben, einen Fragebogen auszufüllen, in der Umfrage der HAFL überproportional vertreten sind. Es erscheint als wahrscheinlich, dass solche Betriebe eher auf Laufstallsysteme umgestellt haben. Betreffend Betriebsgrösse stützen die Daten von Tabelle 23 diese Vermutung tendenziell. Weiter könnte auch die Datenplausibilisierung für Betriebe, welche wie oben erwähnt einen Anbinde- und einen Laufstall haben, zu dieser Abweichung führen.

Bei den Laufhofoberflächen von Rindvieh bestehen bei der wichtigsten Kategorie „Laufhofoberfläche planbefestigt“, Abweichungen von maximal 8 Prozentpunkten zwischen der Zusatzerhebung 2013 und der Umfrage HAFL 2015. Die Differenzen im Vergleich zu HAFL 2013i sind etwas grösser (Tabelle 26). Die Resultate der Kategorie „Laufhofoberfläche perforiert“ (Anteile 3% bis 18%) unterschieden sich zwischen den beiden Erhebungen unterschiedlich stark (Maximum: Milchkühe: 13 Prozentpunkte; Minimum: Mastkälber: 4 Prozentpunkte). Bei der Kategorie „Laufhofoberfläche unbefestigt“ waren die Differenzen grösstenteils teilweise deutlich höher (z.B.: Milchkühe: 19 Prozentpunkte). Allerdings unterschied sich hier die Kategorisierung der beiden Erhebungen. Die Umfrage HAFL 2015 beinhaltet die Kategorien „kein Laufhof; Auslauf auf Weide“ und „Laufhofoberfläche nicht befestigt“. Werden die Anteile der beiden Kategorien aufsummiert und mit den Summen der Kategorien „Laufhofoberfläche unbefestigt“ und „Kein Laufhof vorhanden“ gemäss Zusatzerhebung BFS verglichen, verbessert sich die Übereinstimmung deutlich. Dies dürfte damit zu erklären sein, dass in der Zusatzerhebung BFS die Kategorie „Laufhofoberfläche unbefestigt“ teilweise von Betrieben eingetragen wurde, die für eine Weide als Auslauf verwenden. Dies wäre nachvollziehbar, da der vorgeschriebene Auslauf auf diese Weise gewährleistet wird, die Kategorie „kein Laufhof“ dagegen suggeriert, dass dies nicht der Fall ist und daher von den davon betroffenen Befragten gemieden wurde.

Tabelle 26: Laufhofoberflächen von Rindvieh ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2013 sowie 2010 und nach Umfrage HAFL 2015 und 2010; 2013i bedeutet: linear interpolierte Werte für 2013 zwischen Umfrage HAFL 2015 und HAFL 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie)

	BFS 2013	BFS 2010	HAFL 2015	HAFL 2013i	HAFL 2010
Milchkühe					
Planbefestigt	65%	57%	58%	57%	56%
Perforiert	32%	15%	19%	15%	12%
Unbefestigt*	3%	28%	22%	28%	31%
Mutterkühe					
Planbefestigt	79%	78%	87%	87%	87%
Perforiert	16%	14%	10%	8%	7%
Unbefestigt*	5%	8%	3%	5%	6%
Aufzuchtrinder					
Planbefestigt	71%	66%	70%	68%	66%
Perforiert	17%	10%	8%	6%	5%
Unbefestigt*	12%	24%	22%	26%	28%
Masttiere					
Planbefestigt	80%	70%	77%	75%	74%
Perforiert	15%	7%	11%	12%	13%
Unbefestigt*	5%	23%	12%	13%	13%
Mastkälber					
Planbefestigt	77%	74%	77%	78%	79%
Perforiert	12%	3%	3%	1%	1%
Unbefestigt*	12%	23%	20%	20%	21%

*Entspricht der Summe der beiden Kategorien „Oberfläche des Laufhofs: nicht befestigt“ und „kein Laufhof; Auslauf auf Weide“ bei HAFL 2015, HAFL 2010.

Die Verteilung der Aufstallungssysteme von Schweinen bestehen bei den Kategorien Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf sowie konventioneller Stall niedrige Differenzen zwischen der Zusatzerhebung BFS 2013 und der Umfrage HAFL 2015 (maximale Abweichung: 5 Prozentpunkte; Tabelle 27). Die grossen Unterschiede zwischen Umfrage HAFL 2015 und 2010 sind auf unterschiedliche Prozesse zur Plausibilisierung zurückzuführen (vgl. Kupper et al., 2013). Diese Prozesse sollen künftig vereinheitlicht werden. Die Daten gemäss HAFL 2013i liegen demzufolge dazwischen.

Tabelle 27: Aufstallungssysteme von Schweinen und Geflügel ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2013 sowie 2010 und nach Umfrage HAFL 2015 und 2010; 2013i bedeutet: linear interpolierte Werte für 2013 zwischen Umfrage HAFL 2015 und HAFL 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals der jeweiligen Tierkategorie) sowie Prozentanteil GVE mit Beteiligung am RAUS Programm 2015 gemäss BLW (2016) (in Klammern: Prozentanteil GVE mit Beteiligung am RAUS Programm 2013 gemäss BLW, 2014)

	BFS 2013	BFS 2010	HAFL 2015	HAFL 2013i	HAFL 2010	BLW (2015)*
Galtsauen						
Labelstall m. Mehrflächenbucht/Auslauf	65%	70%	70%	79%	85%	70% (69%)
Konventioneller Stall	35%	29%	30%	21%	15%	
Tiefstreue/Tretmist	-	1%	-	0%	0%	
Freilandhaltung	0%	0%	0%	0%	0%	
Säugende Sauen						
Labelstall m. Mehrflächenbucht/Auslauf	9%	10%	6%	20%	29%	5.2% (5.3%)
Konventioneller Stall	91%	86%	94%	80%	71%	
Tiefstreue/Tretmist	-	4%	-	0%	0%	
Freilandhaltung	0%	0%	0%	0%	0%	
Absetzferkel						
Labelstall m. Mehrflächenbucht/Auslauf	8%	10%	6%	19%	27%	3.9% (3.6%)
Konventioneller Stall	92%	86%	94%	80%	70%	
Tiefstreue/Tretmist	-	4%	-	0%	3%	
Freilandhaltung	0%	0%	0%	2%	0%	
Mastschweine						
Labelstall m. Mehrflächenbucht/Auslauf	48%	50%	46%	54%	59%	62% (62%)
Konventioneller Stall	52%	49%	54%	46%	40%	
Tiefstreue/Tretmist	-	1%	-	0%	0%	
Freilandhaltung	0%	0%	0%	0%	0%	
Junghennen						
Kotbandentm. ohne Kotbandbelüftung	79%	70%	98%	93%	89%	
Kotbandentmistung mit Kotbandbelüft.	8%	6%	-	-	-	
Bodenhaltung	13%	24%	2%	7%	11%	
Legehennen				0%		
Kotbandentm. ohne Kotbandbelüftung	63%	70%	82%	76%	72%	
Kotbandentmistung mit Kotbandbelüft.	12%	4%	-	-	-	
Bodenhaltung	24%	26%	18%	24%	28%	

* Voraussetzung für die Beteiligung am RAUS Programm (RAUS regelmässiger Auslauf im Freien) gemäss BLW (2016) ist die Haltung von Schweinen in einem Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf

Auch hier bieten die Daten zur Beteiligung an tierfreundlichen Haltungssystemen eine zusätzliche Möglichkeit zur Überprüfung der Verteilung der Stallsysteme. Voraussetzung für die Beteiligung am RAUS Programm (RAUS regelmässiger Auslauf im Freien) gemäss BLW (2016) ist die Haltung von Schweinen in einem Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf (Schweizerischer Bundesrat, 2017). Die Daten stimmen gut überein für Galtsauen. BLW (2016) weist aber für Labelställe niedrigere Werte bei säugenden Sauen und Absetzferkeln und höhere Anteile von bei Mastschweinen auf als die Zusatzerhebung des BFS 2013 sowie die Umfrage HAFL 2015. Die Ursachen für die Abweichungen sind unklar. Bei den Aufstallungssystemen

von Geflügel bestand eine gute Übereinstimmung mit Ausnahme der Junghennen. Bei dieser Tierkategorie lagen in der Umfrage der HAFL nur 46 Datensätze vor, und davon hatte nur 17 Betriebe die Grösse eines kommerziellen Betriebs (>100 Tiere). Das System Kotbandentmischung mit Belüftungstrocknung ist wenig verbreitet und wurde daher mit der verhältnismässig kleinen Stichprobengrösse der Umfrage HAFL 2015 ungenügend erfasst. Ein weiterer für die Emissionen relevanter Parameter ist die Abluftreinigung mittels Chemo- oder Biowäscher bei Ställen von Schweinen und Geflügel. Dieser lag bei der Zusatzerhebung BFS im niedrigen einstelligen Prozentbereich. In der Umfrage der HAFL 2015 wurde der gleiche Parameter aus denselben Gründen wie oben ausgeführt ungenügend erfasst.

7.22.4 Güllelager, Ausbringung von Mist und Gülle

Bei den Güllelagern mit einer festen Abdeckung wies die Umfrage HAFL 2015 im Vergleich zur Zusatzerhebung BFS 2013 um 13 Prozentpunkte niedrigere und demgegenüber bei offenen Lagern höhere Werte auf (Tabelle 28). Dies ist mit dem Vorgehen zur Plausibilisierung zu erklären. Gemäss den in Kapitel 2.1.7.3 aufgeführten Grundsätzen wurde bei fehlenden Einträgen ein offenes Lager angenommen. Dies betraf ca. 4% der Fragebogen. Demgegenüber kamen in der Zusatzerhebung BFS fast keine fehlenden Einträge vor, was die Differenz weitestgehend erklärt. Weiter schätzt die Umfrage HAFL 2015 den Anteil von perforierten Abdeckungen und von andern Abdeckungen (Schwimmfolie, Folienzelt) doppelt so hoch ein wie die Zusatzerhebung des BFS 2013, die letztere Kategorie einen sehr niedrigen Anteil aufweist. Die Ursache für diese Differenzen ist unklar.

Bei der Ausbringung von Gülle stimmen die Anteile der emissionsmindernden Ausbringetechniken gut überein. Der Anteil Schleppschlauchverteiler gemäss Umfrage der HAFL 2015 lag zwar um 8 Prozentpunkte höher. Weil sich das System momentan anhaltend verbreitet, könnte dies durch die zeitliche Verschiebung der Umfragen zu erklären sein. Die interpolierten Daten HAFL 2013i stimmen für die Ausbringetechniken denn auch sehr gut mit denjenigen gemäss Zusatzerhebung BFS 2013 überein.

Tabelle 28: Lagerung von Gülle und Ausbringung von Gülle und ausgewertet nach Zusatzerhebung BFS 2013 sowie 2010 und nach Umfrage HAFL 2015 und 2010; 2013i bedeutet: linear interpolierte Werte für 2013 zwischen Umfrage HAFL 2015 und HAFL 2010 (angegeben als Anteil in Prozent des Totals)

	BFS 2013	BFS 2010	HAFL 2015	HAFL 2013i	HAFL 2010
Lagerung					
Lager gedeckt	77%	78%	64%	69%	73%
Güllelager andere Abdeckung*	1%	-**	2%	1%	0%
Lager perforiert	9%	11%	18%	16%	15%
Lager offen	12%	10%	17%	13%	11%
Verdünnung Gülle 1:x	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2
Ausbringung					
Anteil Prallteller	66%	71%	60%	67%	72%
Anteil Schleppschlauch	29%	22%	37%	31%	27%
Anteil Schleppschuh	2%	-**	2%		-**
Anteil Gülledrill	3%	7%	1%	1%	1%
Einarbeitung Mist	32%	34%	49%	49%	50%
Keine Einarbeitung Mist	68%***	66%	51%	51%	50%

*Schwimmfolie, Folienzelt

**nicht erhoben

***Wortlaut der Erhebung: keine Einarbeitung oder mehr als 1 Tag nach Ausbringung

Gemäss Umfrage der HAFL 2015 liegt der Anteil von eingearbeitetem Mist höher als gemäss Zusatzerhebung BFS 2013. Allerdings wurden bei letzterer die Fragen „Einarbeitung innerhalb von maximal 1 Tag nach Ausbringung“ und „Keine Einarbeitung oder mehr als 1 Tag nach

Ausbringung" gestellt. In der Umfrage der HAFL liegt der Anteil Mist eingearbeitet innerhalb von 3 Tagen sowie innerhalb von mehr als 3 Tagen bei rund 25%. Würde eine Zahl von dieser Grössenordnung bei der Zusatzerhebung BFS 2013 dazu addiert, läge eine gute Übereinstimmung der beiden Datensätze vor.

7.22.5 Emissionsrechnung basierend auf Eingabedaten aus Umfrage HAFL 2015 und Zusatzerhebung BFS 2013

Die Rechnung mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Datensätzen der Umfrage HAFL 2015 (Tabelle 29) führt zu total um 4% höheren Emission im Vergleich zur einzelbetrieblichen Rechnung zur Erstellung des Ammoniakinventars wie beschrieben in Kap. 2.1.7.5 bis 2.1.10. Die NH_3 -Verluste der einzelnen Emissionsstufen stimmen mit Ausnahme der Hofdüngerlagerung sehr gut überein. Die Emissionen berechnet mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Inputdaten Zusatzerhebung BFS 2013 liegen um 1% über den Werten der einzelbetrieblichen Rechnung. Während sich die gesamten Emissionen um 1% unterscheiden, resultieren auf einzelnen Emissionsstufen etwas grössere Differenzen (Hofdüngerlagerung flüssig: -10%; Hofdüngerlagerung flüssig: 48%). Insgesamt stimmen die Emissionen verhältnismässig gut überein unabhängig von der verwendeten Methode (einzelbetriebliche Rechnung zur Erstellung des Ammoniakinventars wie beschrieben in Kap. 2.1.7.5 bis 2.1.10 versus Berechnung mittels Regionalmodell) und der verwendeten Grundlage für die Eingabedaten (Umfrage HAFL 2015 versus Zusatzerhebung BFS 2013).

Tabelle 29: Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen 2015 berechnet mittels einzelbetrieblicher Rechnung wie beschrieben in Kap. 2.1.7.5 bis 2.1.10 (HAFL (1)) im Vergleich zur Berechnung mittels Agrammon Regionalmodell basierend auf den Datensätzen von Umfrage (HAFL 2015 (2)) und der Zusatzerhebung BFS 2013 (3). Die beiden Spalten rechts geben die prozentualen Differenzen zwischen den Berechnungsarten (1) und (2) sowie (1) und (3) an

	Umfrage HAFL (1) in kt NH_3 -N	Prozentuale Differenz Umfrage HAFL reg. (2) - Umfrage HAFL (1)	Prozentuale Differenz Zusatzerhebung BFS reg. (3) - Umfrage HAFL (1)
Weide	1.1	1%	11%
Stall und Laufhof	14.7	-1%	-5%
Hofdüngerlagerung	6.9	27%	9%
Hofdüngerlagerung flüssig	4.6	19%	-10%
Hofdüngerlagerung fest	2.3	43%	48%
Hofdüngerausbringung	16.9	1%	2%
Hofdüngerausbringung flüssig	13.7	1%	1%
Hofdüngerausbringung fest	3.2	-3%	7%
Total Tierproduktion	39.6	5%	1%
Mineralischer Stickstoffdünger	2.1	0%	0%
Recyclingdünger	0.8	0%	0%
Total Pflanzenproduktion	2.9	0%	0%
Total	42.5	4%	1%

7.23 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 ₂	Luftstickstoff, molekularer Stickstoff
N _{lös}	löslicher Stickstoff, siehe auch TAN
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NFR	Nomenclature For Reporting
NH ₃ -N	Ammoniak-Stickstoff
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO	Stickstoffmonoxid
N _{tot}	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 ($\text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$). 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

7.24 Glossar

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