



Technische Parameter Modell Agrammon

Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsfaktoren, Korrekturfaktoren

Thomas Kupper, Version 02.10.2024

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Hinweis: Diese Dokumentation wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhalt

1. Tierkategorien, Stickstoffausscheidung, Anteil löslicher Stickstoff Ausscheidungen	2
2. Emissionsfaktoren NH ₃	3
2.1 Tierhaltung	3
2.1.1 Weide	3
2.1.2 Stall und Laufhof	4
2.2 Hofdüngerlager	7
2.3 Hofdüngerausbringung	8
2.4 Pflanzenbau: mineralische N-Dünger und Recyclingdünger	9
3. Korrekturfaktoren	10
3.1 Milchleistung von Milchkühen	10
3.2 Fütterung	10
3.2.1 Milchkühe	10
3.2.2 Schweine	11
3.3 Stall	12
3.3.1 Rindvieh	12
3.3.2 Schweine	13
3.3.3 Geflügel	13
3.4 Laufhof	14
3.5 Weide	15
3.6 Hofdüngerlager	15
3.6.1 Abdeckung Güllelager	15
3.6.2 Häufigkeit Aufrühren von Gülle	15
3.6.3 Abdeckung des Lagers von Mist	16
3.7 Hofdüngerausbringung	16
3.7.1 Basiswerte zur Berechnung der Emissionen bei Ausbringung von Gülle	16
3.7.2 Ausbringtechnik Gülle	16
3.7.3 Berücksichtigung von Tageszeit und Witterung bei der Ausbringung von Gülle	16
3.7.4 Berücksichtigung der Jahreszeit bei der Ausbringung von Gülle und Mist	17
3.7.5 Einarbeitung von Mist von Rindern oder Schweinen nach der Ausbringung	17
3.7.6 Einarbeitung von Geflügelmist nach der Ausbringung	17
4. Emissionsfaktoren N ₂ O, NO, N ₂	18
4.1 Tierhaltung	18
4.1.1 Weide	18
4.1.2 Stall/Laufhof und Hofdüngerlager	18
4.2 Hofdüngerausbringung	18
5. Abkürzungen	19
6. Literatur	20

1. Tierkategorien, Stickstoffausscheidung, Anteil löslicher Stickstoff in den Ausscheidungen

	Tierkategorie	N _{ex} * kg N _{tot} /Jahr	Anteil N _{lös} ** %	Grundlage***
Rindvieh				
1.	Milchkühe (bei Milchleistung von 7500 kg pro Jahr)	112	55	Richner et al. (2017); Menzi et al. (2016a,b) Flisch et al. (2009)
2.	Aufzuchtrinder unter 1-jährig	25	55	
3.	Aufzuchtrinder 1- bis 2-jährig	40	55	
4.	Aufzuchtrinder über 2-jährig	55	55	
5.	Mutterkühe, schwere Rassen (> 700 kg)	95	55	
6.	Mutterkühe, mittelschwere Rassen (600–700 kg)	85	55	
7.	Mutterkühe, leichte Rassen (< 600 kg)	72	55	
8.	Mutterkuhkälber	22	55	
9.	Masttiere (Rindviehmast)	38	55	
10.	Mastkälber	18	55	
Schweine				
11.	Galtsauen	25	70	Richner et al. (2017); Menzi et al. (2016c)
12.	Säugende Sauen	49	70	
13.	Ferkel abgesetzt bis 25 kg	3.9	70	
14.	Eber	18	70	
15.	Remonten	13	70	
16.	Mastschweine >25 kg	13	70	
Geflügel				
17.	Junghennen	0.30	60	Richner et al. (2017)
18.	Legehennen	0.80	60	
19.	Mastpoulets	0.36	60	
20.	Masttruten	1.40	60	
21.	Anderes Geflügel	0.56	60	#
Pferde und übrige Equiden				
22.	Pferde über 3-jährig	44	40	Richner et al. (2017)
23.	Pferde unter 3-jährig	42	40	
24.	Maultiere und Maulesel jeden Alters	25	40	Agridea, BLW (2014)
25.	Ponys, Kleinpferde, Esel jeden Alters	16	40	
Kleinwiederkäuer				
26.	Schafe	15	40	Richner et al. (2017)
27.	Milchschafe	20	40	
28.	Ziegen	17	40	

*N_{ex}: ausgeschiedener Stickstoff

**N_{lös}: löslicher Stickstoff; wird oft auch als TAN bezeichnet (z.B. Rösemann et al., 2017)

***Die angegebene Grundlage gilt nur für die Stickstoffausscheidung.

Für den Anteil N_{lös}: vgl. Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

vgl. Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

	Tierkategorie	N _{ex} *	Anteil N _{lös} **	Grundlage***
		kg N _{tot} /Jahr	%	
Weitere Raufutterverzehrer				
29.	Damhirsch; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Mt	20	40	Richner et al. (2017)
30.	Rothirsch; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Mt	40	40	
31.	Wapiti; 1 Muttertier und Nachwuchs bis 16 Mt	80	40	
32.	Bison über 3-jährig	60	40	
33.	Bison unter 3-jährig	20	40	
34.	Lama über 2-jährig	17	40	
35.	Lama unter 2-jährig	11	40	
36.	Alpaca über 2-jährig	11	40	
37.	Alpaca unter 2-jährig	7	40	
Kaninchen				
38.	Produzierende Zibbe (inkl. Jungtier bis ca.35 d)	2.6	40	Richner et al. (2017)
39.	Kaninchen-Jungtier (ab ca. 35 d)	0.79	40	

*N_{ex}: ausgeschiedener Stickstoff

**N_{lös}: löslicher Stickstoff in Ausscheidungen; wird oft auch als TAN bezeichnet (z.B. Rösemann et al., 2017)

***Die angegebene Grundlage gilt nur für die Stickstoffausscheidung.

Für den Anteil N_{lös}: vgl. Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

2. Emissionsfaktoren NH₃

2.1 Tierhaltung

2.1.1 Weide

	Tierkategorie	EF	Einheit	Grundlage
50.	Rindvieh ¹	8.3	% TAN	Bussink (1992, 1994); Voglmeier et al. (2018) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
51.	Schweine (Freilandhaltung)	20.0	% TAN	Sommer et al. (2001) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
52.	Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer sowie weitere Raufutterverzehrer ¹	12.5	% TAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

¹ Je nach Weidedauer ändern sich die EF Stall (vgl. Ziff. 186-189; Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon)

2.1.2 Stall und Laufhof

Produktionssysteme, Verteilung von N auf Gülle und Mist

	Implementierte Produktionssysteme	Grundlage
	Rindvieh	
60	Produktion von Vollgülle*, Gülle (kotarm) und Mist, ausschliesslich Mist (Tiefstreu)	Tabelle 4 in Richner et al. (2017)
	Schweine	
61	Produktion von Vollgülle**, ausschliesslich Mist (Tiefstreu), Freilandhaltung	
	Geflügel	
62	Produktion von ausschliesslich Mist, d.h. Kot gemischt mit Einstreu bei Bodenhaltung oder Kot bei Kotbandentmistung***	
	Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, weitere Raufutterverzehr, Kaninchen	
63	Produktion von ausschliesslich Mist	

* Bei Systemen mit Produktion von Vollgülle wie z.B. bei Anbindeställen mit Gummimatten und Einstreu wie z.B. Strohhäcksel sowie bei Laufställen mit Liegeboxen fallen geringe Mengen von Festmist an. Im Modell wird bei diesen Systemen vereinfachend angenommen, dass ausschliesslich Vollgülle anfällt.

** Bei Systemen mit Produktion von Vollgülle fallen geringe Mengen von Festmist an. Da Schweine im Liegebereich normalerweise keine Exkreme absetzen, kann man davon ausgehen, dass der produzierte Mist kaum relevant ist für die Emissionen. Im Modell wird daher vereinfachend angenommen, dass ausschliesslich Vollgülle anfällt.

*** In der Geflügelproduktion fällt bei der Stallreinigung zwischen den Umtrieben Waschwasser an, das Eigenschaften wie eine stark verdünnte Gülle aufweist. Das Waschwasser wird in der Regel in einem Lagerbehälter gesammelt und periodisch auf landwirtschaftlich genutzte Flächen ausgebracht. Die bei diesen Prozessen allenfalls entstehenden Emissionen werden im Modell vereinfachend nicht eingerechnet.

	Verteilung von N	Grundlage
64	Systeme mit Produktion von Vollgülle: Gülle enthält 100% des ausgeschiedenen N	-
65	Systeme mit Produktion von Gülle und Mist: Gülle (kotarm) enthält 57% des ausgeschiedenen N_{tot} und Mist 43% des ausgeschiedenen N	Walther et al. (1994) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
66	Systeme mit Produktion von ausschliesslich Mist: Mist enthält 100% des ausgeschiedenen N	-

Stall

	Tierkategorie	System	EF*	Einheit	Grundlage
78.	Rindvieh (alle Tierkategorien)	Laufställe ²	18.3	% TAN	Monteny (2000), UNECE (2014) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
79.		Anbindeställe ²	6.7	% TAN	
80.		Tiefstreu / Tretmist ³	18.3	% TAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
81.		Mehrfläche (nicht belegte Stallplätze) in Laufställen und Tiefstreu / Tretmist	pro 10% Mehrfläche: 5% Zunahme der Emission bis max. 50% Mehrfläche		Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
82.	Schweine (alle Tierkategorien)	Konventionelle Ställe	24.3	% TAN	Keck (1997)
83.		Labelställe mit Mehrflächenbucht und Auslauf	48.6	% TAN	Berry et al. (2005) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
84.		Tiefstreu ³	48.6	% TAN	
85.	Legehennen Junghennen	Mist (Kotgrube, Bodenhaltung) ³	50.0	% TAN/UAN	UNECE (2014); Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
86.		Kot (Kotbandentmischung ohne Kotbandtrocknung) ³	25.0	% TAN/UAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon UNECE (2014)
86a	Legehennen, Junghennen	Kot (Kotbandentmischung mit Kotbandtrocknung) ³	10.0	% TAN/UAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
87.	Mastpoulets Masttruten, anderes Geflügel	Mist ³	20.0	% TAN/UAN	Reidy et al. (2009); Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
87a	Schweine, Geflügel (alle Tierkategorien)	Mehrfläche (nicht belegte Stallplätze)	pro 10% Mehrfläche: 5% Zunahme der Emission bis max. 50% Mehrfläche		Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
88.	Pferde und übrige Equiden	Pferdemist ³	27.5	% TAN	
89.	Kleinwiederkäuer	Tiefstreu ³	27.5	% TAN	

² Produktion von Vollgülle oder Gülle und Mist

³ Ausschliesslich Produktion von Mist; keine Produktion von Gülle

Laufhof

	Tier-kategorie	System	EF/ AA*	Einheit	Grundlage
90.	Rindvieh	Laufhof	70	% TAN	Kaufmann et al. (1997)
90a		<i>Laufhof Laufstall</i>			
91.		nicht vorhanden	0	Anteil der Ausscheidungen in %, die im Laufhof anfallen, an denjenigen Tagen, an welchen sich die Tiere im Laufhof aufhalten.	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
93.		vorhanden: keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof	10		
95.		vorhanden: Verabreichung von Grundfutter teilweise im Laufhof	20		
		vorhanden: Verabreichung von Grundfutter ausschliesslich im Laufhof	60		
		<i>Laufhof Anbindestall</i>			
97.		vorhanden: keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof	10	Anteil der Ausscheidungen in %, die im Laufhof anfallen, an denjenigen Tagen, an welchen sich die Tiere im Laufhof aufhalten.	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
98.		vorhanden: Verabreichung von Grundfutter teilweise im Laufhof	20		
99.	Legehennen, Junghennen, Mastpoulets, Masttruten, anderes Geflügel	Freilandauslauf	70	% TAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon Menzi et al. (1997c)
100.	Legehennen	Freilandauslauf	12	Anteil der Ausscheidungen in %, die im Freilandauslauf anfallen, an denjenigen Tagen, an welchen sich die Tiere im Freilandauslauf aufhalten.	
101.	Junghennen	Freilandauslauf	12		
102.	Mastpoulets, Masttruten, anderes Geflügel	Freilandauslauf	4		
103.	Pferde und übrige Equiden	Laufhof	35	% TAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

*EF: Emissionsfaktor; AA: Anteil der Ausscheidungen

2.2 Hofdüngerlager

Als Hofdüngerlager gelten Einrichtungen zur Lagerung von Gülle und Mist ausserhalb der Ställe. Güllekeller, Vorgruben, Kanäle u.ä. in Ställen gehören nicht zum Hofdüngerlager.

	Tierkategorie		EF*	Einheit	Grundlage
104.	Rindvieh	Vollgülle/Gülle	6	g NH ₃ -N/ m ² /Tag ⁴	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
105.		Mist	30	% TAN	EAGER Workshop Januar 2008
106.	Schweine	Gülle	8	g NH ₃ -N/ m ² /Tag ⁴	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
107.		Mist	50	% TAN	EAGER Workshop Januar 2008
108.	Legehennen, Junghennen	Mist	25	% TAN	EAGER Workshop Januar 2008
109.		Kot	25	% TAN	EAGER Workshop Januar 2008
110.	Mastpoulets, Masttruten, anderes Geflügel	Mist	10	% TAN	Reidy et al. (2009)
111.	Pferde und übrige Equiden, Klein- wiederkäuer, andere Raufutterverzehrer, Ka- ninchen	Mist	30	% TAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
112.	Alle Tierkategorien	Netto-Minerali- sierung N _{tot} zu TAN bei Gülle	10	% N _{tot}	Rösemann et al. (2017); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
113.	Alle Tierkategorien ausser Geflügel	Netto-Immobil- sierung von TAN bei Mist	40	% TAN	

*EF: Emissionsfaktor

⁴ Emissionsfaktor ausgedrückt als g NH₃-N pro m² Oberfläche Güllelager und Tag

2.3 Hofdüngerausbringung

	Tierkategorie	Hofdünger	EF*	Einheit	Grundlage
114.	Rindvieh	Vollgülle/Gülle	50	% TAN	Sogaard et al. (2002), Menzi et al. (1998)
115.		Mist	80	% TAN	Webb et al. (2012)
116.	Schweine	Vollgülle/Gülle	35	% TAN	Sogaard et al. (2002)
117.		Mist	60	% TAN	Webb et al. (2012)
	Geflügel	Mist oder Kot	40	% TAN	Webb et al. (2012)
118.	Legehennen, Jung- hennen				
119.	Mastpoulets,-truten				
120.	Anderes Geflügel				
121.	Pferde und übrige Equiden, Klein- wiederkäuer, andere Raufutterverzehrer, Kaninchen				
122.	Alle Tierkategorien	Gärgülle	53	% TAN	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

*EF: Emissionsfaktor

2.4 Pflanzenbau: mineralische N-Dünger und Recyclingdünger

	Kategorie		Emissionsfaktor			Einheit	N-Geh.	Grundlage
			pH _n *	pH _h **	pH _u ***			
	Kategorie in Agrammon	<i>Dünger-kategorien gemäss EEA (2016)</i>					#	
123. bis 124.	Ammonsalpeter Ammonsalpeter +Mg oder Bor	<i>Ammonium nitrate</i>	1.2	2.6	1.9	% N _{tot}	27	EEA (2016) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
	Kalk-Ammonsalpeter	<i>Calcium ammonium nitrate</i>	0.7	1.4	1.0	% N _{tot}	20	
	Ammoniumsulfat	<i>Ammonium sulphate</i>	7.4	13.6	10.3	% N _{tot}	21	
	Harnstoff	<i>Urea</i>	12.8	13.5	13.1	% N _{tot}	46	
	Sulfamid*	<i>Urea</i>	12.8	13.5	13.1	% N _{tot}	30	
	Kalksalpeter	<i>Calcium ammonium nitrate</i>	0.7	1.4	1.0	% N _{tot}	15.5	
	Kalkstickstoff	<i>Urea</i>	12.8	13.5	13.1	% N _{tot}	20	
	Entec 26% + 13S**	<i>Ammonium sulphate</i>	7.4	13.6	10.3	% N _{tot}	26	
	NP-Dünger	<i>Ammonium phosphate</i>	4.1	7.5	5.7	% N _{tot}	15	
	NK-Dünger	<i>NK mixtures</i>	1.2	2.6	1.9	% N _{tot}	11.5	
	NPK-Dünger	<i>NPK mixtures</i>	4.1	7.5	5.7	% N _{tot}	12.5	
	Entec als NP, NPK, mit ohne Mg, S oder Spurenelemente	<i>Ammonium sulphate</i>	7.4	13.6	10.3	% N _{tot}	18.5	
125.	Kompost und festes Gärgut von gewerblich-industriellen Anlagen			80		% TAN		Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
126.	Flüssiges Gärgut von gewerblich-industriellen Anlagen			42 ##		% TAN		

* pH-Wert Boden normal: ≤7.0

** pH-Wert Boden hoch: >7.0

*** pH-Wert Boden unbekannt

im Modell hinterlegter N-Gehalt (Angabe in % N)

Gilt für die Ausbringung mittels Schleppschlauch.

3. Korrekturfaktoren

3.1 Milchleistung von Milchkühen

	Milchleistung ⁵	KF**	Einheit	Grundlage
128.	Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr höher als 7500 kg*	105	%	Richner et al. (2017)
129.	Milchleistung pro 1000 kg pro Jahr niedriger als 7500 kg*	95	%	

* Basiswert Milchleistung: 7500 kg pro Jahr

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

3.2 Fütterung

3.2.1 Milchkühe

Korrektur der N-Ausscheidung pro Jahr bei Fütterung von Gras, Dürrfutter, Gras- und Maissilage, Kartoffeln und Futterrüben während der Sommer- bzw. Winterfütterung

	Sommerfütterung*	KF**	Einheit	Grundlage
130.	Nur Gras	105	%	Berechnet mit Hilfe der Standardration, welche zur Berechnung der N-Ausscheidungen in Richner et al. (2017) verwendet wurde (vgl. Menzi et al. 2016a)
131.	Gras + Dürrfutter	101	%	
132.	Gras+ Maiswürfel oder Maissilage	97.5	%	

* Dauer der Sommerfütterung: 200 Tage (Anteil 55 % des Jahres); Annahme, dass in jedem Fall Gras verfüttert wird

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

	Winterfütterung*	KF**	Einheit	Grundlage
133.	Nur Dürrfutter	99	%	Berechnet mit Hilfe der Standardration, welche zur Berechnung der N-Ausscheidungen in Richner et al. (2017) verwendet wurde (vgl. Menzi et al. 2016a)
134.	Dürrfutter + Maiswürfel oder Maissilage	98	%	
135.	Dürrfutter + Grassilage	103	%	
136.	Dürrfutter + Kartoffeln	100	%	
137.	Dürrfutter + Futterrüben	100	%	

* Dauer der Sommerfütterung bzw. Winterfütterung: 200 bzw. 165 Tage (Anteil 55 % bzw. 45 % des Jahres); Annahme, dass in jedem Fall Dürrfutter verfüttert wird

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

Korrektur N-Ausscheidung bei Fütterung Milchkühe Kraftfutter Parameter Regression: $N_{ex} = a + bx$ (x= Menge Kraftfutter in kg pro Tag)

		a	b	Grundlage
138.	Sommerfütterung*	1.0393	-0.0197	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
139.	Winterfütterung*	0.9594	0.0145	

* Basiswerte Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag: Sommerfütterung: 2 kg, Winterfütterung: 2.8 kg

⁵ N Ausscheidungen (kg N pro Kuh) bei Milchleistung 7500 kg pro Jahr:

	pro Jahr	Im Winter	Im Sommer
Nach GRUD (Richner et al. (2017) gewichtetes Mittel)	112	43	69

3.2.2 Schweine

Basisgehalte des Futters

	Tierkategorie		Einheit	Grundlage
140.	Galtsauen	145	g RP kg ⁻¹	Rohprotein Gehalt von Standardfutter nach Bracher, Spring (2011); Spring, Bracher (2013) Richner et al. (2017) BLW (2017)
140.a	Eber	171	g RP kg ⁻¹	
141.	Säugende Sauen	180	g RP kg ⁻¹	
142.	Absetzferkel	177	g RP kg ⁻¹	
143.	Mastschweine	170	g RP kg ⁻¹	
144.	Galtsauen	12.1	MJ VES kg ⁻¹	
144a	Eber	12.9	MJ VES kg ⁻¹	
145.	Säugende Sauen	13.7	MJ VES kg ⁻¹	
146.	Absetzferkel	13.7	MJ VES kg ⁻¹	
147.	Mastschweine	14.0	MJ VES kg ⁻¹	

Reduktion der N-Ausscheidung pro Gramm Reduktion des Rohproteingehalts des Futters

	Tierkategorie	KF*	Einheit	Grundlage
148.	Galtsauen	0.60	%	BLW (2017) Berechnung gemäss Agridea, BLW (2016)
149.	Eber	0.80	%	
150.	Säugende Sauen	0.80	%	
151.	Abgesetzte Ferkel	1.20	%	
152.	Mastschweine	0.90	%	

* KF negativ: Reduktion der Ammoniakemissionen; 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: $13 \text{ kg N} \times (100 \% - 11.10 \%) = 12.45 \text{ kg N}$

Minimaler N-Anfall

	Tierkategorie		Einheit	Grundlage
153.	Galtsauen	21.6	kg N _{tot} / Jahr	BLW (2017)
154.	Eber	13.5	kg N _{tot} / Jahr	
155.	Säugende Sauen	37.2	kg N _{tot} / Jahr	
156.	Abgesetzte Ferkel	2.9	kg N _{tot} / Jahr	
157.	Mastschweine	9.5	kg N _{tot} / Jahr	

Berechnung des Futteranteils pro Mastphase am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer bei Phasenfütterung der Mastschweine

	2-Phasenfütterung		Einheit	Grundlage
158.	Anteil des Futters von Phase 1 am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer	35.9	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
159.	Anteil des Futters von Phase 2 am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer	64.1	%	

	3-Phasenfütterung		Einheit	Grundlage
160.	Anteil des Futters von Phase 1 am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer	15.1	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
161.	Anteil des Futters von Phase 2 am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer	32.1	%	
162.	Anteil des Futters von Phase 3 am Gesamtverzehr über die gesamte Mastdauer	52.8	%	

3.3 Stall

3.3.1 Rindvieh

Stall: Stallsysteme

	Tier-kategorie	Emissionsmindernde Mass-nahme	KF*	Einheit	Grundlage
163.	Rindvieh	-#	-	-	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
163a	Rindvieh	Fressstand erhöht zum Laufgang**	90	%	Kupper et al. (2015)
163b	Rindvieh	Boden mit Quergefälle und Harn-sammelrinne ***	80	%	
163c	Rindvieh	Boden mit Quergefälle und Harn-sammelrinne und erhöhte Fress-stände ****	70	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** Dieses System besteht aus einem erhöhten Fressbereich (Podest) und Fressplatzabtrennungen. Die Tiere werden am Fressgitter so gesteuert, dass möglichst wenig Exkremate auf den Standflächen des Fressbereichs anfallen. Anwendbar für Laufstall mit Produktion von Vollgülle und Laufstall mit Produktion von Gülle und Mist.

*** Planbefestigter Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne sowie Schieberentmischung mit Rinnenräumer: planbefestigte Laufflächen mit einem Quergefälle von 3 % und einer Längsrinne sowie Schieberentmischung mit Rinnenräumer. Der Boden und die Harnabflussrinne müssen mittels Schieber und Rinnenräumer in zweistündigem Rhythmus gereinigt werden (Steuerung mit einer Zeitschaltuhr). Anwendbar für Laufstall mit Produktion von Vollgülle.

**** Kombination der Systeme 163a und 163b.

Ehemaliges System 163 Gerillter Boden und gezahnter Kotschieber im Laufstall: gelöscht in Version 6.0.0

3.3.2 Schweine

Stall: Stallsysteme

	Tier-kategorie	Emissionsmindernde Massnahme	KF*	Einheit	Grundlage
163c	Schweine	Nicht wärmegeämmte Ställe mit freier Lüftung (Aussenklimaställe) und Mikroklimabereichen	70	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
163d	Schweine	Impulsarme Zuluftführung mit Rieselkanal- oder Futterganglüftung	80/90**	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** Konventioneller Stall ohne Auslauf, Tiefstreustall: 80 %; übrige Stalltypen: 90%:

Stall: Stallsysteme mit Teilspaltenböden

	Tierkategorie	Emissionsmindernde Massnahmen	KF*	Einheit	Grundlage
164.	Schweine	-			Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
165.					
166.					
167.					
168.					
169.					
170.					
171.					

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

Ehemalige Systeme 164-171: für Stallsysteme mit Teilspaltenböden gelöscht in Version 6.0.0

Stall: Abluftreinigung

	Tierkategorie	Abluftreinigung: Typ	KF*	Einheit	Grundlage
172.	Schweine	Chemischer Wäscher	10**	%	Emissionsmindernde Massnahmen (Kategorie 1) nach UNECE (2014)
173.		Biowäscher	30**	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** Gilt für die Stalltypen Konventioneller Stall ohne Auslauf, Tiefstreustall: übrige Stalltypen: vgl. Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon.

3.3.3 Geflügel

Stall: Tränkesysteme

	Tierkategorie	Tränkesystem	KF*	Einheit	Grundlage
174.	Geflügel	Nicht tropfendes Tränkesystem	100	%	Basisvariante
175.		Wasserbehälter	120	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

Stall: Kotbandentmistung

	Tierkategorie	Entmistungsintervall	KF*	Einheit	Grundlage
176	Legehennen, Junghennen	Weniger als 2 Mal pro Monat	120	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
177		2 Mal pro Monat	100	%	
178		3 bis 4 Mal pro Monat	80	%	
179		Mehr als 4 Mal pro Monat bis weniger als 1 Mal pro Tag	60	%	Rav (2010)**
179a		1 Mal pro Tag	40	%	Nicholson (2004)***

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

**Emission entspricht ungefähr dem System E 2.11, Voliere mit Entmistung mind. 1 Mal pro Woche

*** Siehe Emissionsminderung gemäss Nicholson et al. (2004) oben. Die resultierende Emission entspricht in etwa den Angaben von Nicholson et al. (2004)

Stall: Abluftreinigung

	Tierkategorie	Abluftreinigung: Typ	KF*	Einheit	Grundlage
180	Geflügel	Chemischer Wäscher	10	%	UNECE (2014), Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
181		Biowäscher	30	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.4 Laufhof

Laufhoftyp, Laufhofboden

	Tierkategorie	Boden Laufhof	KF*	Einheit	Grundlage
182	Rindvieh, Pferde und andere Equiden	Boden planbefestigt	100	%	Basisvariante
183		Boden unbefestigt	50	%	Empirische Annahme 50% von TAN wird durch die Oberfläche absorbiert
184	Rindvieh	Boden perforiert**	25	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
185	Rindvieh, Pferde und andere Equiden	Weide als Winterauslauf	10	%	Empirische Annahme Reidy/Menzi: Verluste wie auf Weide

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

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

3.5 Weide

N-Ausscheidung auf die Weide an Tagen mit Zutritt zur Weide und zum Laufhof

	Tierkategorie	An Tagen, an welchen die Tiere Zutritt zur Weide und zum Laufhof haben (d.h. wenn die Summe der Parameter 'Jährliche Weidetage' und 'Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof' 365 übersteigt) wird die N-Ausscheidung in den Laufhof entsprechend der Jährlichen Zutrittsdauer zum Laufhof und des Anteils der Ausscheidungen in den Laufhof (Ziff. 90a-98) auf den Laufhof und die Weide verteilt. Die N-Ausscheidung in die Weide wird dabei um den Anteil des N-Flusses in den Laufhof reduziert.
185a	Rindvieh, Pferde und übrige Equiden	

Emissionsfaktoren Stall an Weidetagen

	Tierkategorie	Weidedauer	KF*	Einheit	Grundlage
186.	Rindvieh, Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer sowie weitere Raufutterverzehrer	<5 Stunden/Tag	110	%	Phillips et al. (1998), Gilhespy et al. (2006) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
187.		5 bis <12 Stunden/Tag	140	%	
188.		12 bis <22 Stunden/Tag	200	%	
189.		≥22 Stunden/Tag	250	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.6 Hofdüngerlager

3.6.1 Abdeckung Güllelager

	Abdeckung der Güllelager	KF*	Einheit	Grundlage
190.	Keine Abdeckung	100	%	Basisvariante gemäss UNECE (2014)
191.	Fest (Beton, Holz)	10	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
192.	Perforiert**	60	%	
193.	Zeltdach	40	%	
194.	Schwimmfolie	20	%	
195.	Natürliche Schwimmschicht	60	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** nur anwendbar in Kombination mit einem Laufhof mit perforierter Abdeckung

3.6.2 Häufigkeit Aufrühren von Gülle

	Häufigkeit Aufrühren von Gülle	KF*	Einheit	Grundlage
196.	max. 2 Mal jährlich	90	%	Grundlage DeBode (1991), Sommer et al. (1993), Menzi et al. (1997a), eine Schwimmschicht nimmt nicht proportional zum Rühren ab
197.	3-6 Mal pro Jahr	95	%	
198.	7-12 Mal pro Jahr	100	%	Basisvariante
199.	13-20 Mal pro Jahr	110	%	Empirische Annahme Reidy/Menzi, ca. 2% TAN Verlust pro Aufrühren
200.	21-30 Mal pro Jahr	120	%	
201.	>30 Mal pro Jahr	130	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.6.3 Abdeckung des Lagers von Mist

	Abdeckung*	KF*	Einheit	Grundlage
202.	Keine Abdeckung	100	%	Basisvariante
202a	Abdeckung: Rindermist	50	%	Chadwick (2005), Sagoo et al. (2006)
202b	Abdeckung: Schweinemist	25	%	Sagoo et al. (2006)
202c	Abdeckung: Geflügelmist/-kot	25	%	Sagoo et al. (2006, 2007)

*Als Abdeckung gilt eine feste Abdeckung, im Sinne eines geschlossenen Behälters oder eine andere Abdeckung wie z.B. eine Folie.

** KF >100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.7 Hofdüngerausbringung

3.7.1 Basiswerte zur Berechnung der Emissionen bei Ausbringung von Gülle

	Parameter		Einheit	Grundlage
203.	Menge	30	m ³ pro Gabe und ha	Menzi, Katz (1997)
204.	TAN Gehalt der Gülle*	1.15	kg TAN / m ³	Flisch et al. (2009)
205.	Sättigungsdefizit der Luft	4.2	%	Menzi et al. (1998)

* Proxy zur Korrektur entsprechend der Gülleverdünnung mit Wasser

3.7.2 Ausbringtechnik Gülle

	Ausbringtechnik Gülle	KF*	Einheit	Grundlage
206.	Prallteller/Werfer	100	%	Basisvariante UNECE (2014)
207.	Schleppschlauch	70	%	UNECE (2014)
208.	Gülledrill	30	%	UNECE (2014)
209.	Tiefe Injektion	20	%	UNECE (2014)
210.	Schleppschuh	50	%	UNECE (2014), Frick und Menzi (1997),

* KF >100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.7.3 Berücksichtigung von Tageszeit und Witterung bei der Ausbringung von Gülle

	Massnahme	KF*	Einheit	Grundlage
211.	Ausbringen der Gülle nach 18h00	80	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
	Ausbringen an für die Jahreszeit besonders warmen Tagen			
212.	häufig	105	%	
213.	manchmal	100	%	Basisvariante
214.	selten	98	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
215.	nie	96	%	

* KF >100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.7.4 Berücksichtigung der Jahreszeit bei der Ausbringung von Gülle und Mist

	Massnahme	KF*	Einheit	Grundlage
216.	Ausbringung im Sommer (Juni, Juli, August)	115	%	Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
217.	Ausbringung von September bis und mit Mai	95	%	

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

3.7.5 Einarbeitung von Mist von Rindern, Schweinen, Pferden und anderen Equiden, Kleinwiederkäuern oder anderen Raufutterverzehrern nach der Ausbringung

	Zeitpunkt der Einarbeitung nach dem Ausbringen	KF*	Einheit	Grundlage
218.	innerhalb von 1 Stunde	10	%	UNECE (2014)
219.	innerhalb von 4 Stunden	30	%	UNECE (2014)
220.	innerhalb von 8 Stunden**	50	%	UNECE (2014)
221.	innerhalb von 1 Tag	65	%	UNECE (2014)
222.	innerhalb von 3 Tagen	80	%	empirische Annahme
223.	innerhalb von mehr als 3 Tagen	90	%	empirische Annahme
224.	Keine Einarbeitung	100	%	Basisvariante

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** gemäss UNECE (2014) Einarbeitung innerhalb von 12 Stunden

3.7.6 Einarbeitung von Geflügelmist nach der Ausbringung

	Zeitpunkt der Einarbeitung nach dem Ausbringen	KF*	Einheit	Grundlage
225.	innerhalb von 1 Stunde	5	%	UNECE (2014)
226.	innerhalb von 4 Stunden	20	%	UNECE (2014)
227.	innerhalb von 8 Stunden**	30	%	UNECE (2014)
228.	innerhalb von 1 Tag	45	%	UNECE (2014)
229.	innerhalb von 3 Tagen	70	%	empirische Annahme
230.	innerhalb von mehr als 3 Tagen	90	%	empirische Annahme
231.	Keine Einarbeitung	100	%	Basisvariante

* KF > 100 %: Zunahme der Emissionen, KF < 100 %: Reduktion der Emissionen

** gemäss UNECE (2014) Einarbeitung innerhalb von 12 Stunden

4. Emissionsfaktoren N₂O, NO, N₂

4.1 Tierhaltung

4.1.1 Weide

	Tierkategorie*	EF N ₂ O	EF NO	EF N ₂	Einheit	Grundlage
232.	Rindvieh, Schweine, Geflügel	2	0.55	-**	% N	N ₂ O: IPCC (2006) v4_11_Ch11; Tab. 11.1 NO: Stehfest, Bouwman (2006)
233.	Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, weitere Raufutterverzehrer, Kaninchen	1	0.55	-**	% N	

* Die Emissionen von N₂O, NO und N₂ von der Weide sind für die Berechnung der Emissionen von Ammoniak nicht relevant und fliessen nur in die Berechnung der N-Flüsse in den Boden ein.

** Unsicherheit der Berechnung der Flüsse von N₂ sind gross. Daher keine Berechnung.

4.1.2 Stall/Laufhof und Hofdüngerlager

	Tierkategorie	EF N ₂ O	EF NO	EF N ₂	Einheit	Grundlage
	Systeme mit Produktion von Vollgülle oder Gülle und Mist; N-Fluss in Vollgülle bzw. Gülle					
234.	Rindvieh, Schweine	0.2	0.2	2	% N*	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)
	Systeme mit Produktion von Gülle und Mist; N-Fluss in Mist					
235.	Rindvieh	0.5	0.5	2.5	% N*	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 (vgl. auch Rigolot et al., 2010)
	Systeme mit Produktion von ausschliesslich Mist; N-Fluss in Mist					
236.	Rindvieh, Schweine, Pferde und übrige Equiden, Kleinwiederkäuer, weitere Raufutterverzehrer, Kaninchen	1	1	5	% N*	
237.	Geflügel	0.1	0.1	2.5	% N*	

* Bezüglich N-Input in die Stufe Stall/Laufhof. Emission wird auf der Stufe Lager eingerechnet.

4.2 Hofdüngerausbringung

	Tierkategorie	EF N ₂ O	EF NO	EF N ₂	Einheit	Grundlage
238.	Alle Tierkategorien Vollgülle, Gülle	1	0.55	-**	% N	N ₂ O: IPCC (2006) v4_11_Ch11; Tab. 11.1 NO: Stehfest, Bouwman (2006)
239.	Alle Tierkategorien Mist	1	0.55	-**	% N	

* Die Emissionen von N₂O, NO und N₂ sind bei der Hofdüngerausbringung für die Berechnung der Emissionen von Ammoniak nicht relevant und fliessen nur in die Berechnung der N-Flüsse in den Boden ein.

** Unsicherheit der Berechnung der Flüsse von N₂ sind gross. Daher keine Berechnung.

5. Abkürzungen

EF	Emissionsfaktor
KF	Korrekturfaktor
N	Stickstoff
NH ₃ -N	Ammoniakstickstoff
N _{lös}	Löslicher Stickstoff; wird oft dem TAN gleichgesetzt (z.B. Rösemann et al., 2017)
N _{tot}	Gesamtstickstoff
TAN	Englisch: Total Ammoniacal Nitrogen (NH ₃ -N + NH ₄ -N). TAN ist dem löslichen Stickstoff gleichzusetzen, da der Gehalt an Nitrat in den Hofdüngern sehr niedrig ist.
UAN	Harnsäure Stickstoff (engl. Uric Acid Nitrogen)
VES	Verdauliche Energie Schwein

6. Literatur

- Agridea, BLW. 2014. Wegleitung Suisse-Bilanz. Auflage 1.12, Juli 2014. Agridea, Lindau. Bundesamt für Landwirtschaft, BLW, 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.
- Berry, N., Zeyer, K., Emmenegger, L., Keck, M. 2005. Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH₃) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Dübendorf: Agroscope FAT Tänikon, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, Empa, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf.
- 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).
- Bracher, A., Spring, P. 2011. Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandesaufnahme 2008. Agrarforschung 2(6): 244-251.
- Bussink, D.W. 1994. Relationships between ammonia volatilization and nitrogen-fertilizer application rate, intake and excretion of herbage nitrogen by cattle on grazed swards. Fertil. Res. 38(2), 111-121.
- Bussink, D.W. 1992. Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen-fertilizer and rotationally grazed by dairy-cattle. Fertil. Res. 33(3), 257-265.
- Canh, T.T. 1998. Ammonia emission from excreta of growing-finishing pigs as affected by dietary composition. Dissertation. Wageningen.
- Chadwick, D.R. 2005. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. Atmos. Environ. 39(4): 787-799.
- De Bode, M.J.C., 1991. Odour and ammonia emissions from manure storage, in: Nielsen, V. C., Voorburg, J. H., L'Hermite, P. (Eds.), Odour and ammonia emissions from livestock farming. Elsevier Applied Science, London, England, pp. 69-76.
- 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.
- Gilhespy, S., Webb, J., Retter, A., Chadwick, D. 2006. Dependence of ammonia emissions from housing on the time cattle spent inside. J. Environ. Qual. 35(5): 1659-1667.
- 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.
- Kaufmann, R., Keck, M., Wettstein, H. 1997. Reinigung befestigter Laufhöfe. Geringere Arbeitszeit, Kosten und Umweltbelastung dank optimierter Verfahrenstechnik- FAT-Berichte Nr. 497.
- Keck, M. 1997. Beeinflussung von Raumluftqualität und Ammoniakemission aus der Schweinehaltung durch verfahrenstechnische Massnahmen. Forschungsbericht Agrartechnik, 299. Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim.
- Kupper, T., Menzi, H. 2013. Technische Parameter Modell Agrammon (<http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/>). Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T., Schrade, S., Menzi, H. 2015. Arbeitspapier Ammoniakmindernde Massnahmen bei Rindvieh-, Schweine- und Geflügelhaltung. Zuhanden der Arbeitsgruppe "Ammoniakmindernde Massnahmen im Stallbau" (unveröffentlicht).
- Menzi, H., Frick, R., Kaufmann, R. 1997a. Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL 26. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich Reckenholz, 107 S.
- Menzi, H., Katz, P.E. 1997. A differentiated approach to calculate ammonia emissions from animal husbandry. In: Voermans, J.A.M. and Monteny, G.J. (Eds): Ammonia and odour emissions from

- animal production facilities, Proc. International Symposium, Vinkeloord, NL, 6-10 October 1997, 35-42.
- Menzi, H., Katz, P. E., Fahrni, M., Neftel, A., Frick, R. 1998. A simple empirical model based on regression analysis to estimate ammonia emissions after manure application. *Atmos. Environ.* 32(3): 301-307.
- Menzi, H., Shariatmadari, H., Meierhans, D., Wiedmer, H. 1997c. Nähr- und Schadstoffbelastung von Geflügel-ausläufen. *Agrarforschung* 4(9): 361-364.
- 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., Morel, I., Schlegel, P. 2016b. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Mutterkühe. *Agrarforschung* 7(7-8): 344-351.
- Menzi, H., Stoll, P., Schlegel, P. 2016c. Neue Ausscheidungsrichtwerte für Schweine. *Agrarforschung* 7(11-12): 484-489.
- Misselbrook, T.H., Brookman, S.K.E., Smith, K.A., Cumby, T., Williams, A.G., McCrory, D.F. 2005. Crusting of stored dairy slurry to abate ammonia emissions: pilot-scale studies. *J. Environ. Qual.* 34(2): 411-419.
- Menzi, H., Katz, P.E., Fahrni, M., Neftel, A., Frick, R. 1998. A simple empirical model based on regression analysis to estimate ammonia emissions after manure application. *Atmos. Environ.* 32(3): 301-307.
- Monteny, G.J. 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Thesis Wageningen University.
- Nicholson, F.A., Chambers, J., Walker, A.W. 2004. Ammonia emissions from broiler litter and laying hen manure management systems. *Biosyst. Eng.* 89(2): 175-185.
- Phillips, V.R., Bishop, S.J., Price, J.S., You, S. 1998. Summer emissions of ammonia from a slurry-based, UK, dairy cow house. *Bioresource Technol.* 65(3): 213-219.
- Rav (2010) 2010. Regeling Ammoniak en veehouderij. Staatscourant nr 9996, 29 juni 2010, Den Haag, NL, p. 16.
- Reidy, B., Menzi, H. 2006. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neues Emissionsinventar 1990 bis 2000 mit Hochrechnungen bis 2003 Technischer Schlussbericht. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Zollikofen Bern.
- Reidy, B., Webb, J., Misselbrook, T.H., Menzi, H., Luesink, H.H., Hutchings, N.J., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Dammggen, U. 2009. Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Litter-based manure systems. *Atmos. Environ.* 43(9): 1632-1640.
- 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.
- Rigolot, C., Espagnol, S., Robin, P., Hassouna, M., Beline, F., Paillat, J.M., Dourmad, J.Y. 2010. Modelling of manure production by pigs and NH₃, N₂O and CH₄ emissions. Part II: effect of animal housing, manure storage and treatment practices. *Animal* 4(8): 1413-1424.
- Rösemann, C., Haenel, H.D., Dammggen, 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.
- Sagoo, E., Williams, J.R., Chambers, B.J., Chadwick, D.R. 2006. Defra Project WA0716, Management Techniques to Minimise Ammonia Emissions from Solid Manures. Final Report to Defra, London. Mansfield, Notts. NG20 9PF ADAS Gleadthorpe Research Centre.
- Sagoo, E., Williams, J.R., Chambers, B.J., Boyles, L.O., Matthews, R., Chadwick, D.R. 2007. Integrated management practices to minimise losses and maximise the crop nitrogen value of broiler litter. *Biosyst. Eng.* 97(4): 512-519.
- Schrade, S., Zeyer, K., Gyax, L., Emmenegger, L., Hartung, E., Keck, M. 2012a. Ammonia emissions and emission factors of naturally ventilated dairy housing with solid floors and an outdoor exercise area in Switzerland. *Atmos. Environ.* 47: 183-194.

- Sogaard, H.T., Sommer, S.G., Hutchings, N.J., Huijsmans, J.F.M., Bussink, D.W., Nicholson, F. 2002. Ammonia volatilization from field-applied animal slurry - the Alfam Model. *Atmos. Environ.* 36(20): 3309-3319.
- Sommer, S.G., Sogaard, H.T., Moller, H.B., Morsing, S. 2001. Ammonia volatilization from sows on grassland. *Atmos. Environ.* 35(11): 2023-2032.
- Sommer, S.G., Christensen, B.T., Nielsen, N.E., Schjorring, J.K. 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry - effect of surface cover. *J. Agric. Sci.* 121(1): 63-71.
- 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.
- Stehfest, E., Bouwman, L. 2006. N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 74(3): 207-228.
- 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).
- 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.
- Webb, J., Sommer, S.G., Kupper, T., Groenestein, C.M., Hutchings, N., Eurich-Menden, B., Rodhe, L., Misselbrook, T., Amon, B., 2012. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during the management of solid manures. A review, in: Lichtfouse, E. (Ed.), *Agroecology and Strategies for Climate Change*. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany, pp. 67-108.
- 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.
- Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C., Ammann, C. 2018. Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture. *Biogeosciences* 15(14): 4593-4608.