



## **Stickstoffbelastungen durch Ammoniak-Emissionen von Ställen**

Tool zur Abschätzung und Beurteilung der von einzelnen Ställen verursachten Stickstoffbelastungen in naturnahen Ökosystemen

*Begleitbericht zum Excel-Tool "Abschätzung\_N-Belastung\_durch\_Ställe"*

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien  
3003 Bern

Bern, 06.03.2017, aktualisiert am 27.02.2019

# Impressum

## Autoren

Beat Rihm, Meteotest  
Simon Albrecht-Widler, Meteotest

## Projektleitung am BAFU

Beat Achermann / Reto Meier

Das Excel-Tool und der Begleitbericht wurden in der Cercl'Air Fachgruppe Landwirtschaft diskutiert.

## Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Aktualisierung des Begleitberichtes 2019 durch die Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien des BAFU.

# Inhalt

	<b>Zweck und Anwendung des Tools.....</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Problematik, Fragestellung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Berechnungstool für Emissionen und Immissionen .....</b>	<b>7</b>
	2.1 Inhalt des Excel-Tools.....	7
	2.2 Blatt "Emission".....	7
	2.3 Blätter "Immission in Ökosystem" .....	9
<b>3</b>	<b>Kritische Emissionen und Abstände zu Ökosystemen .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Häufigkeit übermässiger Immissionen als Folge der Emissionen von Einzelbetrieben .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Folgerungen für eine zielgerichtete Minderung der Emissionen zum Abbau übermässiger Immissionen.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Referenzen .....</b>	<b>18</b>

## Tabellen

Tabelle 1:	Critical Loads/Levels typischer Ökosysteme.....	14
Tabelle 2:	Minimale Abstände (m) für zwei Beispiele von landwirtschaftlichen Betrieben in Abhängigkeit von Emissionsfracht und Windrichtung, die bei typischen Ökosystemen nicht zu einer Überschreitung des Critical Level für Ammoniak führen. ....	15
Tabelle 3:	Minimale Abstände (m) für zwei Beispiele von landwirtschaftlichen Betrieben in Abhängigkeit von Emissionsfracht und Windrichtung, die bei typischen Ökosystemen nicht zu einer Überschreitung des Critical Load für Stickstoff (allein aufgrund der trockenen Stickstoffdeposition des von der Anlage erzeugten gasförmigen Ammoniaks) führen. ....	15

## Abbildungen

Abbildung 1:	Berechnung der Ammoniak-Emission der landwirtschaftlichen Anlage „Stall und Hofdüngerlager“ gemäss Option 2 mittels Eingabe der Tierzahlen pro Anlagentyp.....	8
Abbildung 2:	Berechnung der Ammoniak-Immissionen der Anlage (Konzentration und Deposition) und Überschreitungen der Critical Levels / Loads für verschiedene Abstände zum naturnahen Ökosystem. ....	10
Abbildung 3:	Die drei verwendeten Ausbreitungsprofile, welche die Abnahme der NH <sub>3</sub> -Konzentration mit zunehmender Distanz von der Emissionsquelle beschreiben. ....	11
Abbildung 4:	Links: rotationssymmetrische Ausbreitung gemäss Profil 1. Rechts: asymmetrische Ausbreitungsmatrix für das Mittelland mit dem Profil 2 (längs zur Hauptwindrichtung) und dem Profil 3 (quer zu Hauptwindrichtung).....	12

## Zweck und Anwendung des Tools

Das Tool erlaubt eine Abschätzung der Stickstoff-Immissionen in ein Ökosystem in Stallnähe, die allein aufgrund der gasförmigen Deposition der Ammoniak-Emissionen der Anlage entstehen. Zur Berechnung der Immissionen werden generalisierte Ausbreitungsbedingungen verwendet. Die im Tool verfügbare, vereinfachte Berechnung der Ammoniak-Emissionen stützt sich auf typische schweizerische Verhältnisse und berücksichtigt Emissionen des Stalles inklusive Laufhof und Hofdüngerlager.

Beim Vergleich mit den ökosystemspezifischen Critical Loads und Levels ist zu beachten, dass die real am Standort vorkommenden Immissionen höher sind, als die durch das Tool berechneten, da weder Ammoniak-Emissionen aus Weidegang und Hofdüngerausbringung noch Emissionen anderer in der Nähe gelegener landwirtschaftlicher Betriebe berücksichtigt werden. Zudem tragen weitere Stickstoffkomponenten zur Stickstoffdeposition bei, welche teilweise auch über grosse Distanzen transportiert werden (nasse Deposition von Ammonium und Nitrat, trockene Deposition von ammonium- und nitrathaltigen Aerosolen, gasförmige Deposition von Stickoxiden).

Das Hilfsmittel ist kein Ersatz für eine Immissionsprognose gemäss Artikel 28 der LRV. Für eine exakte Analyse des konkreten Einzelfalls sind die betriebsspezifischen Ammoniak-Emissionen zu berechnen (z.B. mittels Agrammon) und lokale Gegebenheiten für die Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen.

# 1 Problematik, Fragestellung

Die in Anhang I der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegten allgemeinen vorsorglichen Emissionsbegrenzungen für Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) gelten nicht für landwirtschaftliche Anlagen. Aus diesem Grund müssen emissionsmindernde Massnahmen im Einzelfall nach dem Stand der Technik geprüft und festgelegt werden (BAFU&BLW 2012).

Da immissionsseitig die Critical Loads für Stickstoff und die Critical Levels für Ammoniak an vielen Orten überschritten werden, wird die Emissions-Immissionsbeziehung um Ställe genauer betrachtet. Ausgehend von bestimmten Emissionsstärken soll die Ausbreitung von Ammoniak berechnet werden. Das Ziel ist, festzustellen, bis zu welchen Abständen der Anlage (Stall, inkl. Laufhof und Hofdüngerlager) von den sensiblen Ökosystemen die resultierenden Immissionen allein aufgrund der Emissionen der einzelnen Anlage kritisch werden könnten.

Folgende Fragen sind zu untersuchen:

1. Wie gross ist die  $\text{NH}_3$ -Konzentration in Abhängigkeit des Abstands von der Quelle und der Quellstärke bei verschiedenen Stallsystemen und Tierkategorien?
2. Wie gross sind die  $\text{NH}_3$ -Konzentration und die davon resultierende N-Deposition (Trockendeposition des gasförmigen  $\text{NH}_3$ ) in Abhängigkeit des Abstands von der Quelle und der Quellstärke?
3. In welchem Abstand bewirkt die  $\text{NH}_3$ -Quelle für sich allein übermässige Immissionen bezüglich verschiedener Ökosysteme (Überschreitungen von Critical Levels für Ammoniak und Critical Loads für Stickstoff)?
4. Wie häufig sind Fälle in der Schweiz, in denen eine  $\text{NH}_3$ -Quelle allein zu übermässigen Immissionen führt?

Für die Bearbeitung der Fragen 1 und 2 wurde ein Tool in Excel entwickelt, in welchem die wichtigsten Parameter der Emissionen und Immissionen erfasst und konfiguriert werden können (siehe Kapitel 2).

Zur Beantwortung von Frage 3 wird das Excel-Tool exemplarisch für verschiedene Fälle angewendet (siehe Kapitel 3).

Die Frage 4 wurde durch Analyse der Emissionsstärke und Distanzen der bestehenden Landwirtschaftsbetriebe zu sensiblen Ökosystemen angegangen. Diese Arbeiten wurden zur Bereitstellung von Grundlagen für den Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene betreffend Abklärungen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Übermässigkeit von Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträgen durchgeführt (EKL 2014). Eine kurze Zusammenfassung der Analyse befindet sich in Kapitel 4.

## 2 Berechnungstool für Emissionen und Immissionen

### 2.1 Inhalt des Excel-Tools

Das Excel-Tool "Abschätzung\_N-Belastung\_durch\_Ställe" besteht aus zwei Hauptteilen, dem Blatt "Emission" und den Blättern "Immission in Ökosystem".

Das Blatt "Emission" umfasst die Parametrisierung und Berechnung der Emissionsfracht der landwirtschaftlichen Anlage in  $\text{kg NH}_3\text{-N a}^{-1}$ . Die Emissionsfracht der Anlage kann detailliert mit dem Einzelbetriebsmodell „Agrammon“ ([www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch)) berechnet und als Wert eingegeben werden (Option 1). Die Verwendung dieser Option wird empfohlen. Für eine grobe Abschätzung kann die Emissionsfracht auch allein durch Eingabe der Tierzahlen der verschiedenen im Stall vorkommenden Tierkategorien berechnet werden (Option 2). Dieser Berechnungsart liegen typische schweizerische Verhältnisse zugrunde.

Der berechnete Emissionswert wird anschliessend in den Blättern "Immission in Ökosystem" verwendet. Dort werden daraus die  $\text{NH}_3$ -Konzentration und die davon resultierende  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Deposition für verschiedene Ökosysteme ermittelt (Hochmoor, Flachmoor, Trockenwiese, Laubwald und Nadelwald). Die Zellen, welche vom Nutzer verändert werden können, sind jeweils orange markiert. So können etwa Tierzahlen, der Critical Level für Ammoniak, etc. modifiziert werden.

Schliesslich sind bei einzelnen Eingabezellen und im Blatt "Info" Informationen zur Benutzung des Tools sowie Hintergrundinformationen zur Berechnungsmethode abgelegt.

Es ist zu beachten, dass Zellen und Blätter nicht schreibgeschützt sind. Es wird daher empfohlen, ein Backup des Excel-Files anzulegen.

### 2.2 Blatt "Emission"

Eine Anlage umfasst den Stall inkl. Laufhof sowie die Hofdüngerlager. Die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN), auf welcher die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Weidegang und Hofdüngerausbringung stattfinden, wird für die weitere Immissionsberechnung nicht berücksichtigt. Für die Berechnung der Emissionen gibt es zwei Optionen, von welchen eine gewählt werden muss:

Option 1: Falls die Struktur eines landwirtschaftlichen Betriebs gut bekannt ist, kann eine betriebsspezifische Emissionsberechnung mit Agrammon ([www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch)) durchgeführt werden. Das Resultat dieser Emissionsberechnung kann dann direkt auf dem Blatt "Emission" eingetragen werden, wobei die Emissionen, die beim Weidegang der Tiere und bei der

Hofdünger- und Mineraldüngerabbringung auf den LN entstehen, abzuziehen sind. Die Verwendung der Option 1 wird empfohlen.

Option 2. Der Benutzer des Tools trägt die Anzahl Tiere der verschiedenen in einem Stall vorkommenden Tierkategorien in die orangenen Felder ein, worauf die Emission der Anlage berechnet wird (Abbildung 1). Die dazu verwendeten typischen Emissionsfaktoren (Efakt) pro Anlagentyp wurden mit Agrammon nach Tierart und Stallsystem differenziert berechnet (Kupper 2017)<sup>1</sup>. Option 2 erlaubt also nur eine grobe Abschätzung der Emissionen der Anlage, weil ausser den Tierzahlen keine weiteren Betriebsparameter eingegeben werden können und es sich bei den im Tool zugrunde gelegten Emissionsfaktoren um typische Werte für Schweizer Landwirtschaftsbetriebe handelt.

Beschreibung	Info	Efakt Stall/Laufhof [kg N/Jahr Tier]	Efakt Lagerung [kg N/Jahr Tier]	Anzahl Tiere	NH <sub>3</sub> -Emissionen [kg N/Jahr]
Milchkuh, Laufstall, keine Weide, Güllelager ungedeckt		13.49	13.87	30	820.93
Milchkuh, Laufstall, keine Weide, Güllelager mit fester Abdeckung		13.49	1.39	0	0.00
Milchkuh, Anbindestall, keine Weide, Güllelager ungedeckt		6.38	13.87	0	0.00
Milchkuh, Anbindestall, keine Weide, Güllelager mit fester Abdeckung		6.38	1.39	0	0.00
Mastschwein, konventioneller Stall, NPr Futter, Güllelager ungedeckt		1.98	1.29	0	0.00
Mastschwein, konventioneller Stall, NPr Futter, Güllelager mit fester Abdeckung		1.98	0.13	0	0.00
Mastschwein, Labelstall, NPr Futter, Güllelager ungedeckt		3.96	1.29	0	0.00
Mastschwein, Labelstall, NPr Futter, Güllelager mit fester Abdeckung		3.96	0.13	0	0.00
Säugende Sauen, eine Zuchteinheit (inkl. Ferkel bis 8kg + 4 Galtsauen + 13 Absetzferkel), konventioneller Stall, NPr Futter, Güllelager ungedeckt	Info	28.52	25.63	0	0.00
Säugende Sauen, eine Zuchteinheit (inkl. Ferkel bis 8kg + 4 Galtsauen + 13 Absetzferkel), konventioneller Stall, NPr Futter, Güllelager mit fester Abdeckung	Info	28.52	2.56	0	0.00
Säugende Sauen, eine Zuchteinheit (inkl. Ferkel bis 8kg + 4 Galtsauen + 13 Absetzferkel), Labelstall, NPr Futter, Güllelager ungedeckt	Info	57.03	25.63	0	0.00
Säugende Sauen, eine Zuchteinheit (inkl. Ferkel bis 8kg + 4 Galtsauen + 13 Absetzferkel), Labelstall, NPr Futter, Güllelager mit fester Abdeckung	Info	57.03	2.56	0	0.00
Legehennen, Bodenhaltung, keine Weide		0.24	0.06	0	0.00
Legehennen, Kotband ohne Trocknung, keine Weide		0.10	0.10	0	0.00
Legehennen, Kotband mit Trocknung, keine Weide		0.04	0.11	0	0.00
Mastpoulet, Legehennen, Bodenhaltung, keine Weide		0.05	0.02	0	0.00
<b>Total</b>				<b>30</b>	<b>820.93</b>

Abbildung 1: Berechnung der Ammoniak-Emission der landwirtschaftlichen Anlage „Stall und Hofdüngerlager“ gemäss Option 2 mittels Eingabe der Tierzahlen pro Anlagentyp.

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, gibt es pro Tierart verschiedene Anlagentypen (Kombinationen von Stallsystem, Güllelagerabdeckung und Fütterung). Bei den Milchkuhen, Mastschweinen, Legehennen und Mastpoulets kann man jeweils die Anzahl Tiere eintragen. Bei den "Säugenden Sauen" ist zu beachten, dass es sich dabei um eine sogenannte Zuchteinheit handelt; in dieser Einheit sind pro säugende Sau bereits jeweils die Ferkel (bis 8 kg), vier Galtsauen und 13 Absetzferkel inbegriffen. Bei der Eingabe der "Anzahl Tiere" ist in diesem Fall also nur die Anzahl solcher Zuchteinheiten, d.h. die Anzahl säugender Sauen des Betriebs, einzutragen.

<sup>1</sup> Die Aktualisierung der Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen (GRUD 2017) hat zu einer Anpassung der Emissionsfaktoren für Nutztiere geführt. Diese Anpassung hat nur einen unwesentlichen Einfluss auf die unter Option 2 verfügbare Abschätzung der Ammoniak-Emissionen. Aus diesem Grund wurden die Emissionsfaktoren im Tool nicht geändert.

Die Modellparameter, auf welchen die typischen Emissionsfaktoren in Option 2 basieren, sind in den Tabellen im Anhang beschrieben. Weitere Informationen zu den Parametern, welche die Emissionsfaktoren beeinflussen, sind in der technischen Dokumentation von Agrammon zu finden:

<http://agrammon.ch/dokumentation-zum-modell/technische-modellbeschreibung>

### 2.3 Blätter "Immission in Ökosystem"

Die Blätter "Immission in Ökosystem" umfassen die Berechnung der durch die Ammoniak-Emission erzeugten Immissionen (Konzentration und Deposition) und die Überschreitungen der Critical Levels für Ammoniak und der Critical Loads für Stickstoff für Distanzen zwischen 50 und 1'000 m Abstand von der Quelle (Abbildung 2).

Für folgende Ökosysteme existiert je ein separates Immissions-Blatt: Hochmoor, Flachmoor, Trockenwiese, Nadelwald und Laubwald. Der Benutzer kann die Eigenschaften für diese Ökosysteme anpassen (orange Felder) oder durch Kopieren neue Blätter für weitere Ökosysteme erzeugen. Insbesondere kann man die Depositionsgeschwindigkeit für die Deposition des gasförmigen Ammoniaks ( $V_{dep NH_3}$ ), den Critical Level für Ammoniak und den Critical Load für Stickstoff anpassen.

Aufgrund der ausgewählten Parameter werden die N-Deposition und die Überschreitungen der Critical Levels/Loads berechnet. Dargestellt wird **nur die durch die trockene Deposition des gasförmigen Ammoniaks erzeugte Überschreitung des Critical Load für Stickstoff**. Die real am Standort vorkommende Überschreitung wäre deutlich höher, weil weitere N-Komponenten dazu beitragen (nasse Deposition von Ammonium und Nitrat, trockene Deposition von ammonium- und nitrathaltigen Aerosolen, trockene Deposition von gasförmigen Stickoxiden).

<b>Hochmoor</b>		
Vdep NH3	20	[mm/s]
Critical Load N	7	[kg N /ha/a]
Critical Level NH3	1	[µg NH3 /m3]

Verwendete Emission: 621.04 kg N/a

**Konzentrationen, die durch die untersuchte Anlage allein erzeugt werden**

Abstand [m]	NH3-Konzentration [µg NH3/m3]			Überschreitung Critical Level [µg/m3]		
	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 1	Profil 2	Profil 3
50	3.75	5.81	2.81	2.75	4.81	1.81
60	2.99	4.63	2.24	1.99	3.63	1.24
70	2.44	3.78	1.83	1.44	2.78	0.83
80	2.02	3.13	1.52	1.02	2.13	0.52
90	1.70	2.63	1.27	0.70	1.63	0.27
100	1.45	2.25	1.09	0.45	1.25	0.09
120	1.09	1.59	0.75	0.09	0.59	-0.25
140	0.84	1.18	0.54	-0.16	0.18	-0.46
160	0.67	0.91	0.41	-0.33	-0.09	-0.59
180	0.55	0.73	0.32	-0.45	-0.27	-0.68
200	0.45	0.59	0.26	-0.55	-0.41	-0.74
250	0.30	0.39	0.16	-0.70	-0.61	-0.84
300	0.22	0.27	0.11	-0.78	-0.73	-0.89
400	0.13	0.16	0.06	-0.87	-0.84	-0.94
600	0.06	0.07	0.03	-0.94	-0.93	-0.97
800	0.03	0.04	0.01	-0.97	-0.96	-0.99
1000	0.02	0.03	0.01	-0.98	-0.97	-0.99

**Depositionen, die durch die untersuchte Anlage allein erzeugt werden**

Abstand [m]	NH3-Deposition [kg N /ha/a]			Überschreitung Critical Load [kg N /ha/a]		
	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 1	Profil 2	Profil 3
50	19.47	30.17	14.60	12.47	23.17	7.60
60	15.51	24.04	11.63	8.51	17.04	4.63
70	12.65	19.61	9.49	5.65	12.61	2.49
80	10.50	16.27	7.87	3.50	9.27	0.87
90	8.81	13.66	6.61	1.81	6.66	-0.39
100	7.52	11.69	5.65	0.52	4.69	-1.35
120	5.64	8.23	3.87	-1.36	1.23	-3.13
140	4.39	6.12	2.82	-2.61	-0.88	-4.18
160	3.48	4.74	2.14	-3.52	-2.26	-4.86
180	2.84	3.78	1.67	-4.16	-3.22	-5.33
200	2.36	3.08	1.35	-4.64	-3.92	-5.65
250	1.58	2.01	0.85	-5.42	-4.99	-6.15
300	1.13	1.41	0.58	-5.87	-5.59	-6.42
400	0.65	0.81	0.32	-6.35	-6.19	-6.68
600	0.30	0.37	0.14	-6.70	-6.63	-6.86
800	0.17	0.21	0.08	-6.83	-6.79	-6.92
1000	0.11	0.14	0.05	-6.89	-6.86	-6.95

Abbildung 2: Berechnung der Ammoniak-Immissionen der Anlage (Konzentration und Deposition) und Überschreitungen der Critical Levels / Loads für verschiedene Abstände zum naturnahen Ökosystem.

Die Konzentration von NH<sub>3</sub> in der Luft (C, Jahresmittelwert in µg NH<sub>3</sub> m<sup>-3</sup>) wird unter Annahme eines Ausbreitungsprofils als Funktion der Distanz zur Quelle (D, in m) und der Emissionsfracht der Quelle (E, in kg NH<sub>3</sub>) bestimmt. Die Stützwerte für das Ausbreitungsprofil "NH<sub>3</sub>-Profil 1 mittel" (siehe Abbildung 3) entsprechen der Originaltabelle von Asman & Jaarsveld (1990). Diese "Normkurve" beruht auf einer Punktquelle auf 3 m Höhe über Boden, einer Emission von 1 kg NH<sub>3</sub> pro Jahr und einem Rezeptor auf 1.5 m Höhe über Boden. Weitere Anwendungen dieses Ausbreitungsprofils sind in Thöni et al. (2004) und Rihm et al. (2009) zu finden.

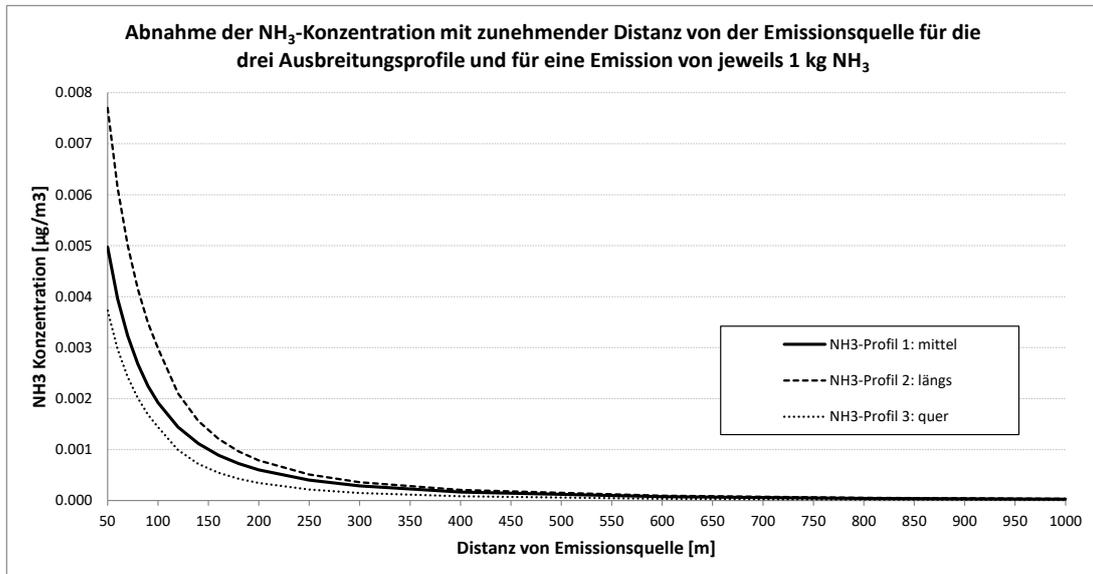


Abbildung 3: Die drei verwendeten Ausbreitungsprofile, welche die Abnahme der NH<sub>3</sub>-Konzentration mit zunehmender Distanz von der Emissionsquelle beschreiben.

Ausgehend vom mittleren, rotationssymmetrischen Ausbreitungsprofil (Profil 1, Abbildung 4 links) wurde in Anlehnung an die NO<sub>x</sub>-Modellierung (FOEN 2011) eine zusätzliche Ausbreitungsmatrix erstellt, welche die Hauptwindrichtungen in der Nordschweiz (v.a. im Mittelland und im Jura) berücksichtigt (Abbildung 4 rechts). Die entsprechenden Ausbreitungsprofile Profil 2 (längs zur Hauptwindrichtung) und Profil 3 (quer zur Hauptwindrichtung) sind ebenfalls im Excel-Tool vorhanden (Abbildung 2 und Abbildung 3). Bei der Konzentrationsberechnung werden immer alle 3 Profile verwendet und die Ergebnisse werden für jedes Profil gezeigt. Falls für den Standort keine meteorologischen Informationen bekannt sind, ergibt sich auf diese Weise eine grobe Schätzung für den Wertebereich, in welchem die Belastungen zu erwarten sind.

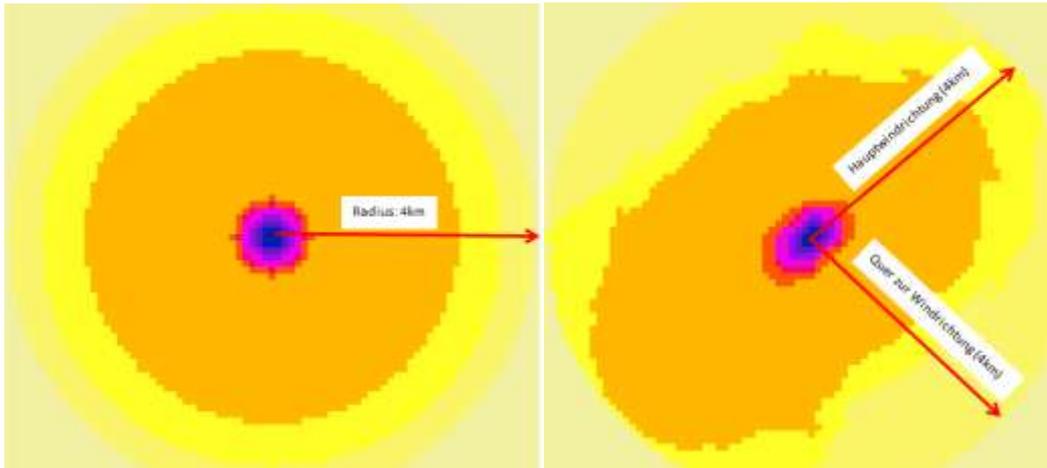


Abbildung 4: Links: rotationssymmetrische Ausbreitung gemäss Profil 1. Rechts: asymmetrische Ausbreitungsmatrix für das Mittelland mit dem Profil 2 (längs zur Hauptwindrichtung) und dem Profil 3 (quer zu Hauptwindrichtung).

Die asymmetrische Ausbreitungsmatrix wurde ursprünglich auf einem Hektar-Raster erstellt. Bei Abständen kleiner als 100 m wurden daher die Profile 2 und 3 auf vereinfachte Weise durch Extrapolation ermittelt (konstantes Verhältnis zu Profil 1), was eine grobe Näherung darstellt. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

Lokale Einflussfaktoren (z.B. Kaltluftabflüsse) werden bei den Ausbreitungsrechnungen nicht berücksichtigt. Diese können die Ausbreitungsrichtung und Verteilung des emittierten Ammoniaks beeinflussen und je nach Fall zu höheren oder tieferen Konzentrationen im Vergleich zu den modellierten Werten führen. Werden solche Einflussfaktoren im Einzelfall als dominant beurteilt, sind allenfalls Abklärungen vorzunehmen, die über das hier bereitgestellte einfache Abschätzungstool hinausgehen.

Die Immission wird einerseits als Ammoniak-Konzentration in der Luft ausgedrückt und es wird gezeigt, bis zu welcher Entfernung durch die Emissionen der Anlage mit Überschreitungen des ökosystemspezifischen Critical Level für Ammoniak gerechnet werden muss. Dabei muss sich der Benutzer bewusst sein, dass die modellierte Ammoniak-Konzentration nur jene Konzentration darstellt, die durch die Emissionen der betrachteten einzelnen Anlage erzeugt wird. Die am Ökosystemstandort vorkommende Ammoniak-Konzentration wird aber immer höher sein als diese durch die Einzelanlage erzeugte Konzentration, weil nicht nur die Einzelanlage, sondern sämtliche Anlagen in der näheren und weiteren Umgebung des Standorts und zusätzlich auch das Weiden von Tieren sowie die Hofdünger- und Mineraldüngerausbringung zur real vorkommenden Ammoniak-Konzentration beitragen.

Andererseits wird aus der modellierten Ammoniak-Konzentration mittels Depositionsgeschwindigkeiten, die der Benutzer verändern kann, eine Stickstoff-

Deposition berechnet. Bei dieser Stickstoff-Deposition handelt es sich ausschliesslich um die trockene Deposition des gasförmigen Ammoniaks, das durch die Einzelanlage erzeugt wird. Weitere am Ökosystem-Standort vorkommende Komponenten der Gesamtdeposition wie die nassen Depositionen von Ammonium und Nitrat mit dem Niederschlag, die trockene Deposition von ammonium- und nitrathaltigen Aerosolen sowie die trockene Deposition der gasförmigen Stickoxide sind also nicht berücksichtigt. Im Excel-Tool wird die berechnete trockene Deposition des gasförmigen Ammoniaks schliesslich dem Critical Load für Stickstoff, den der Benutzer für das ausgewählte Ökosystem festlegt, gegenübergestellt, um festzustellen, ob allein schon die trockene Deposition des gasförmigen Ammoniaks zu Überschreitungen des Critical Load für Stickstoff führt.

Diese Überschreitungen des Critical Load werden durch die "Bedingte Formatierung" der Excel-Zellen automatisch in roter Farbe hervorgehoben (Abbildung 2). So kann der Benutzer durch Ausprobieren verschiedener Emissions- und Immissionsvarianten mögliche kritische Situationen identifizieren. Er muss sich dabei aber bewusst sein, dass insbesondere zur Beurteilung der real vorkommenden Überschreitungen des Critical Load für Stickstoff die gesamte N-Deposition am Ökosystemstandort berücksichtigt werden muss, d.h. neben der trockenen N-Deposition des gasförmigen Ammoniaks alle weiteren Komponenten, die zur Gesamtdeposition beitragen.

### **3 Kritische Emissionen und Abstände zu Ökosystemen**

Ob die Emission einer einzelnen Anlage kritisch ist für sensible Ökosysteme in der Umgebung, hängt u.a. von folgenden Faktoren ab:

- Jahresfracht der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Stall/Laufhof und Lager (ESL). Weide und Ausbringung werden hier nicht berücksichtigt; diese machen jedoch im Durchschnitt gut 40% der Gesamtemissionen aus.
- Abstand zum Ökosystem.
- Hauptwindrichtung (andere Klimaeinflüsse und topographische Einflüsse auf die Ausbreitungsbedingungen werden nicht betrachtet).
- Critical Level für Ammoniak (UNECE 2015), der für das Ökosystem festgelegt wird.
- Depositionsgeschwindigkeit von  $\text{NH}_3$ -Gas ( $V_{\text{dep}}$ ) für das Ökosystem.
- Critical Load für Stickstoff (UNECE 2015), der für das Ökosystem festgelegt wird.

Man kann dieses Geflecht von Einflussfaktoren von verschiedenen Seiten anschauen. Eine Möglichkeit ist, eine begrenzte Anzahl Muster-Betriebe und typische Ökosysteme zu definieren. Wir schlagen zur Illustration zwei Beispielbetriebe mit folgenden Emissionen der Anlagen vor:

- Anlage A: ESL = 1'000 kg N a<sup>-1</sup>.
- Anlage B: ESL = 2'000 kg N a<sup>-1</sup>.

Die typischen Ökosysteme Hochmoor, Flachmoor (rich fen), Trockenwiese (mountain hay meadow) und Laubwald werden gemäss Tabelle 1 definiert. Bei den Critical Loads (CLN) handelt es sich um mittlere Werte aus dem Wertebereich, der für empirische Critical Loads für Stickstoff für empfindliche Ökosysteme festgelegt und von der Working Group on Effects der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung verabschiedet wurde (UNECE 2010, Bobbink & Hettelingh 2011). Die Critical Levels (CLe) für Ammoniak sind Werte aus dem Mapping Manual (UNECE 2015), wobei der Wert von 1 µg NH<sub>3</sub> m<sup>-3</sup> für das Hochmoor dem Critical Level für diejenigen Ökosysteme, in welchen Moose einen wichtigen Bestandteil bilden, entspricht. Für die anderen Ökosysteme wird die Mitte des Unsicherheitsranges des Critical Level für höhere Pflanzen von 2–4 µg NH<sub>3</sub> m<sup>-3</sup> genommen.

Tabelle 1: Critical Loads/Levels typischer Ökosysteme.

Parameter	Einheiten	Hochmoor	Flachmoor	Trockenwiese	Laubwald
Critical Load	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	7	20	15	15
V <sub>dep</sub> NH <sub>3</sub>	mm s <sup>-1</sup>	20	20	12	22
Critical Level	µg NH <sub>3</sub> m <sup>-3</sup>	1.0	3.0	3.0	3.0

Somit ergeben sich bei Wahl der Vorgabe, dass die Critical Loads und Levels nicht allein aufgrund der Ammoniak-Emissionen der erwähnten zwei Beispielbetriebe überschritten werden dürfen, die minimalen Abstände für diese Beispielbetriebe gemäss Tabelle 2 bzw. Tabelle 3.

Tabelle 2: Minimale Abstände (m) für zwei Beispiele von landwirtschaftlichen Anlagen in Abhängigkeit von Emissionsfracht und Windrichtung, die bei typischen Ökosystemen nicht zu einer Überschreitung des Critical Level für Ammoniak führen.

Emission kg N a <sup>-1</sup>	Lage zur Haupt- Windrichtung	Hochmoor	Flachmoor	Trockenwiese	Laubwald
1'000	quer	130	70	70	70
	längs	200	110	110	110
2'000	quer	200	110	110	110
	längs	300	160	160	160

Tabelle 3: Minimale Abstände (m) für zwei Beispiele von landwirtschaftlichen Anlagen in Abhängigkeit von Emissionsfracht und Windrichtung, die bei typischen Ökosystemen nicht zu einer Überschreitung des Critical Load für Stickstoff (allein aufgrund der trockenen Stickstoffdeposition des von der Anlage erzeugten gasförmigen Ammoniaks) führen.

Emission kg N a <sup>-1</sup>	Lage zur Haupt- Windrichtung	Hochmoor	Flachmoor	Trockenwiese	Laubwald
1'000	quer	120	60	50	80
	längs	160	100	90	120
2'000	quer	160	100	80	120
	längs	250	140	120	160

Zu beachten ist, dass eine allein aufgrund der Emissionen einer nahe beim Ökosystem gelegenen Einzelanlage berechnete Nicht-Überschreitung von Critical Levels für Ammoniak bzw. Critical Loads für Stickstoff nicht bedeutet, dass am Ökosystem-Standort die Critical Levels für Ammoniak und Critical Loads für Stickstoff in Realität nicht überschritten sind, weil zur gesamten Stickstoffbelastung am Standort immer eine Vielzahl von Quellen in der näheren und weiteren Umgebung beitragen (EKL 2014). Mit dem Excel-Tool wird nur der Beitrag der betrachteten Einzelquelle zur Gesamtbelastung ermittelt.

## 4 Häufigkeit übermässiger Immissionen als Folge der Emissionen von Einzelbetrieben

Die Frage, wie häufig die Fälle sind, in denen eine landwirtschaftliche Anlage allein zu übermässigen Immissionen führt, wurde im Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene betreffend Abklärungen im Zusammenhang mit der Beurteilung der Übermässigkeit von Ammoniak-Konzentrationen und

Stickstoffeinträgen untersucht (EKL 2014). Hier wird nur eine Zusammenfassung gegeben.

Für die Untersuchung (EKL 2014) wurde das Ammoniak-Emissionskataster für das Jahr 2007 (Kupper et al. 2010) herangezogen. Das Kataster enthält die Standorte der Landwirtschaftsbetriebe in Hektarkoordinaten (BFS 2010) mit den zugehörigen Ammoniak-Emissionen, welche aufgrund der Tierzahlen 2007 berechnet wurden. Für die Analyse der Distanzen von den Betrieben zu sensiblen Ökosystemen wurden die folgenden Datensätze verwendet: Hochmoor-Inventar (HM), Flachmoor-Inventar (FM), Inventar der Trockenwiesen und -weiden (TWW), Waldstandorte und Waldränder (Arealstatistik BFS, Vektor25 swisstopo).

Methodisch wurde wie folgt vorgegangen:

1. Auswahl der Betriebe, die eine Emission aus Stall oder Lager aufweisen.
2. Suche des nächstgelegenen Ökosystems für jeden Betrieb, je separat für HM, FM, TWW und Wald. Der maximale Suchradius war 300 m.
3. Berechnung der  $\text{NH}_3$ -Konzentration am Ort des Ökosystems aufgrund der Stall- und Lager-Emissionen des Betriebes.

Die landwirtschaftliche Betriebszählung 2007 enthält insgesamt 61'764 Betriebe. Davon weisen 53'134 Betriebe Emissionen aus der Tierhaltung aus und davon wiederum befinden sich 42'197 Betriebe näher als 300 m bei einem der betrachteten Ökosystem-Typen Hochmoor, Flachmoor, Trockenwiese oder Wald.

Für diese Betriebe wurde aufgrund des Abstandes sowie der Ammoniak-Emissionen aus Stall und Hofdüngerlagerung unter Verwendung des mittleren Ausbreitungsprofiles (Asman & van Jaarsveld 1990) die Immission (Ammoniak-Konzentration) auf dem am nächsten gelegenen Teil der Ökosystemfläche berechnet. Da der Standort der Quellen in der Betriebszählung nicht genau erfasst wird, besteht eine recht grosse Unsicherheit bezüglich der Abstände.

Je nachdem, welche Annahmen bei der Festlegung der Abstände getroffen werden, sind es bei den Hochmooren, Flachmooren und Trockenwiesen einige wenige bis über hundert Betriebe, die allein eine zu hohe Ammoniak-Konzentration verursachen, d.h. eine Überschreitung des Critical Level für Ammoniak. Beim Wald sind es ein paar hundert bis ein paar tausend Betriebe<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Das Ammoniak-Emissionskataster wurde für das Jahr 2015 aktualisiert (Kupper et al. 2018). Die beschriebenen Abklärungen der EKL 2014 wurden allerdings nicht wiederholt. Aufgrund der gleichbleibend hohen Ammoniak-Emissionen kann aber davon ausgegangen werden, dass die Schlussfolgerungen der EKL 2014 nach wie vor aktuell sind.

## **5 Folgerungen für eine zielgerichtete Minderung der Emissionen zum Abbau übermässiger Immissionen**

Zu beachten ist, dass die durch eine Einzelanlage an einem nahe gelegenen Ökosystem-Standort erzeugte Immissionsbelastung (Ammoniak-Konzentration und davon abgeleitete N-Deposition) immer nur einem Anteil an der gesamten Ammoniak-Konzentration und der gesamten Stickstoff-Deposition an diesem Standort entspricht. Die Gesamtbelastung ist auf jeden Fall höher als der Beitrag einer Einzelquelle und wird durch die Beiträge aller Quellen in der näheren und weiteren Umgebung des Ökosystem-Standorts bestimmt. Abklärungen der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL 2014) haben ergeben, dass im gesamtschweizerischen Mittel die Ammoniak-Emissionsquellen, die sich im Abstand bis zu einem Kilometer zu den untersuchten Ökosystemen befinden, knapp einen Viertel zur gesamten Ammoniak-Konzentration an Ökosystem-Standorten beitragen. Die Emissionsquellen im Abstand 1-4 km tragen einen weiteren Viertel bei, und den Quellen im Abstand von über 4 km muss somit etwa die Hälfte der an den Ökosystem-Standorten auftretenden Immissionen angelastet werden. Es kann also nicht nur aufgrund des berechneten Beitrags der nahe an einem Ökosystem-Standort gelegenen Einzelquelle auf die Gesamtbelastung geschlossen werden. Für eine zielgerichtete und LRV-konforme Minderung von übermässigen Immissionen sind demzufolge immer alle beitragenden Quellen in der näheren und weiteren Umgebung des Ökosystem-Standorts in die Beurteilung einzubeziehen.

## 6 Referenzen

- Asman, W. A. H. and Van Jaarsveld, H. A., 1990: A Variable-resolution Statistical Transport Model Applied for Ammonia and Ammonium, National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- BAFU&BLW 2012: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Stand Mai 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1101.
- BFS. 2008: Arealstatistik Schweiz 1992/97 - 74 Grundkategorien nach Nomenklatur 1992 (NOAS92), Hektarraster. Bundesamt für Statistik (BFS) GEOSTAT, Neuchâtel.
- BFS, 2010: Datenauszug der Landwirtschaftlichen Betriebszählung 2007. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel.
- Bobbink R., Hettelingh JP (eds.), 2011: Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment, [www.rivm.nl/cce](http://www.rivm.nl/cce)
- EDI, 1991: Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung. (Federal Inventory of Raised and Transitional Bogs of National Importance). Appendix to the Federal Ordinance on the Protection of Raised Bogs. Eidgenössisches Departement des Innern (EDI), Bern
- EKL, 2014: Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträge. Abklärungen der EKL zur Beurteilung der Übermässigkeit. Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL). 62 pp.  
<http://www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/> .
- FOEN 2011: NO<sub>2</sub> ambient concentrations in Switzerland, Modelling results for 2005, 2010, 2015. UW-1123-E, 72 p.  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/publications-studies/publications/no2-ambient-concentrations-in-switzerland.html>
- GRUD 2017: Richner W. & Sinaj S., 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. Agrarforschung Schweiz 8 (6), Spezialpublikation, 276 S.
- Kupper T., 2017: Berechnung NH<sub>3</sub> Emissionen für Meteotest 20170301.xls. Datenlieferung per Mail vom 01. März 2017. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL). Zollikofen.
- Kupper T., Bonjour C., Achermann B., Zaucker F., Rihm B., Nyfeler-Brunner A., Leuenberger C., Menzi H., 2010: Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2007. Prognose bis 2020.

- Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F., 2018:  
Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen. Verfügbar auf <http://www.agrammon.ch>
- Rihm B., Urech M., Peter K., 2009: Mapping Ammonia Emissions and Concentrations for Switzerland – Effects on Lichen Vegetation. In: Sutton M., Reis S., Baker S. (Eds.): Atmospheric Ammonia – Detecting emission changes and environmental impacts. Results of an Expert Workshop under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Springer, ISBN: 978-1-4020-9120-9. p. 87-92.
- Thöni L., Brang P., Braun S., Seitler E., Rihm B., 2004: Ammonia Monitoring in Switzerland with Passive Samplers: Patterns, Determinants and Comparison with modelled Concentrations. Environmental Monitoring and Assessment, 98, 95-107.
- UNECE, 2010: Empirical critical loads and dose-response relationships. Prepared by the Coordination Centre for Effects of the International Cooperative Programme on Modelling and Mapping Critical Levels and Loads and Air Pollution Effects, Risks and Trends. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects. ECE/EB.AIR/WG.1/2010/14
- UNECE, 2015: Manual on methodologies and criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Distributed and updated in the internet at [http://www.icpmapping.org/Latest update Mapping Manual](http://www.icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual) (06.03.2017)

# Anhang

## Modellparameter auf welchen die typischen Emissionsfaktoren in Option 2 basieren

Werte für die in den folgenden Tabellen aufgeführten Modellparameter basieren auf ungewichteten Schweizerischen Mittelwerten gemäss Kupper et al. 2013.

### Milchkühe

Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh		7156 kg/Jahr
Anteil der Tiere, die im Sommer Heu erhalten		59 %
Anteil der Tiere, die im Sommer Maissilage erhalten		28 %
Anteil der Tiere, die im Sommer Maiswürfel erhalten		17 %
Anteil der Tiere, die im Winter Maissilage erhalten		42 %
Anteil der Tiere, die im Winter Grassilage erhalten		54 %
Anteil der Tiere, die im Winter Maiswürfel erhalten		15 %
Anteil der Tiere, die im Winter Kartoffeln erhalten		0 %
Anteil der Tiere, die im Winter Futterrüben erhalten		0 %
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Sommer		1.7 kg/Tag
Durchschnittliche Kraftfuttermenge pro Kuh und Tag im Winter		2.43 kg/Tag
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Laufstall - Anbindestall mit Produktion von Vollgülle	
Emissionsmindernde Massnahme Boden Laufstall	keine	
Jährliche Zutrittsdauer zum Laufhof		184 Tage/Jahr
Laufhof	vorhanden: keine Verabreichung von Grundfutter im Laufhof	
Laufhoftyp	Boden planbefestigt	
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Laufhof		0 %
Jährliche Weidetage		0 Tage/Jahr
Tägliche Weidestunden		0 Stunden/Tag
<b>Hofdüngerlager: Mist</b>		
Anteil von direkt ohne Lagerung ausgebrachtem Rindermist		0 %
Anteil von gedeckt gelagertem Rindermist		0 %
<b>Hofdüngerlager: Gülle</b>		
Volumen des Güllelagers		19 m3
Tiefe des Güllelagers		3 m
Häufigkeit Aufrühren des Güllelagers	7 bis 12 mal pro Jahr	
Abdeckung des Güllelagers (gemäss Auswahl)	- ungedeckt - feste Abdeckung (Beton, Holz)	
Zusätzliche emissionsmindernde Massnahme Güllelager		0 %

### Mastschweine (NPr-Fütterung)

Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 1		158.04 g RP/kg
Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 2		158.04 g RP/kg
Rohproteingehalt der Ration in Mastphase 3		158.04 g RP/kg
Energiegehalt der Ration		13.72 MJ VES/kg
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Konventioneller Stall ohne Auslauf - Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	
Abluftreinigung	keine	
Emissionsmindernde Massnahmen Güllekanal Stall	keine	
<b>Hofdüngerlager: Mist</b>		
Anteil von direkt ohne Lagerung ausgebrachtem Schweinemist		0 %
Anteil von gedeckt gelagertem Schweinemist		0 %
<b>Hofdüngerlager: Gülle</b>		
Volumen des Güllelagers		1.33 m3
Tiefe des Güllelagers		3 m
Häufigkeit Aufrühren des Güllelagers	7 bis 12 mal pro Jahr	
Abdeckung des Güllelagers (gemäss Auswahl)	- ungedeckt - feste Abdeckung (Beton, Holz)	

## Zuchtschweine (NPr-Fütterung)

Zuchtbetrieb der Säugende Sauen inkl. Saugferkel, Galtsauen, Ferkel abgesetzt bis 25 kg hält

<b>Ferkel abgesetzt bis 25 kg</b>		
Tierkategorie	Ferkel abgesetzt bis 25 kg	
Anzahl Tierplätze		150
Rohproteingehalt der Ration		169.07 g RP/kg
Energiegehalt der Ration		13.84 MJ VES/kg
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Konventioneller Stall ohne Auslauf - Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	
Abluftreinigung	keine	
Emissionsmindernde Massnahme Güllekanal Stall	keine	
<b>Galtsauen</b>		
Tierkategorie	Galtsauen	
Anzahl Tierplätze		48
Rohproteingehalt der Ration		139.12 g RP/kg
Energiegehalt der Ration		12.26 MJ VES/kg
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Konventioneller Stall ohne Auslauf - Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	
Abluftreinigung	keine	
Emissionsmindernde Massnahme Güllekanal Stall	keine	
<b>Säugende Sauen</b>		
Tierkategorie	Säugende Sauen	
Anzahl Tierplätze		12
Rohproteingehalt der Ration		164.81 g RP/kg
Energiegehalt der Ration		13.73 MJ VES/kg
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Konventioneller Stall ohne Auslauf - Labelstall mit Mehrflächenbucht und Auslauf	
Abluftreinigung	keine	
Emissionsmindernde Massnahme Güllekanal Stall	keine	
<b>Hofdüngerlager: Mist</b>		
Anteil von direkt ohne Lagerung ausgebrachtem Schweinemist		0 %
Anteil von gedeckt gelagertem Schweinemist		0 %
<b>Hofdüngerlager: Gülle</b>		
Volumen des Güllelagers		26.3 m3
Tiefe des Güllelagers		3 m
Häufigkeit Aufrühren des Güllelagers	7 bis 12 mal pro Jahr	
Abdeckung des Güllelagers (gemäss Auswahl)	- ungedeckt - feste Abdeckung (Beton, Holz)	

## Geflügel

Tierkategorie (gemäss Auswahl)	- Legehennen - Mastpoulets
Haben die Tiere Zugang zu einer Weide?	Nein
Aufstallung (gemäss Auswahl)	- Bodenhaltung - Kotbandentmistung ohne Kotbandtrocknung - Kotbandentmistung mit Kotbandtrocknung
Entmistungintervall bei Kotbandentmistung	- keine Kotbandentmistung - 3 bis 4 mal pro Monat
Tränkesystem	Tränkenippel
Abluftreinigung	keine

## Hofdüngerausbringung

Die Emissionen durch die Hofdüngerausbringung werden für die weitere Immissionsberechnung nicht berücksichtigt.

Anteil Gülleausbringung mit Prallteller/Werfer	79	%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschauch	21	%
Anteil Gülleausbringung mit Schleppschuh	0	%
Anteil Gülleausbringung mit Gülledrill	0	%
Anteil Gülleausbringung mittels tiefer Injektion	0	%
Güllerverdünnung (Liter Wasser pro Liter unverdünnter Gülle)	1.17	1:x
Mittlere Ausbringungsmenge pro Gabe	25.9	m3/ha
Anteil Gülleausbringung am Abend nach 18:00 Uhr	15.7	%
Bringen Sie Gülle an für die Jahreszeit besonders warmen Tagen aus?	manchmal	-
Ausbringung von Gülle im Sommer (Juni, Juli, August): Anteil in Prozent	45	%
Ausbringung von Gülle von September bis und mit Mai: Anteil in Prozent	55	%
Anteil Gärgülle	0	%