

# Forschungsprojekt Ammoniak-Emissionen nach Gülle- ausbringung

## 1. Ausgangslage und Zielsetzung

Durch die landwirtschaftliche Nutztierhaltung und die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen werden grosse Mengen an stickstoffhaltigen Luftschadstoffen (Ammoniak und Stickoxide) in die Atmosphäre ausgestossen. Die Schadstoffe werden nach der Emission über die Luft verfrachtet und schliesslich nahe oder fernab der Emissionsquellen trocken oder nass in naturnahe Ökosysteme eingetragen. Die Folgen sind Überdüngung und Versauerung. Besonders empfindlich reagieren darauf Wälder, artenreiche Naturwiesen und Trockenrasen, Hoch- und Flachmoore, Heidelandschaften und nährstoffarme Stillgewässer<sup>1</sup>. Die Belastung der Luft durch stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz ist deutlich zu hoch. Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) fordert in ihrem Statusbericht eine Halbierung der Stickoxid- und Ammoniak-Emissionen gegenüber 2000 (EKL, 2005). Die langfristigen Umweltziele Landwirtschaft beinhalten denn auch eine Halbierung der Ammoniakemissionen. Die EKL verlangt, dass der neueste Stand der Technik zur Emissionsminderung flächendeckend konsequent angewendet wird. Die Hauptquelle der Stickoxid-Emissionen ist der Verkehr (58%). Bei Ammoniak ist die Landwirtschaft mit rund 95% Anteil bei weitem die wichtigste Quelle. Innerhalb der Landwirtschaft stammen die Ammoniakverluste zu 90 % aus der Tierproduktion (Kupper et al., 2010). Dabei ist das Ausbringen von Gülle die wichtigste landwirtschaftliche Verlustquelle (etwa 40% der Emissionen der Tierproduktion). Hier setzen auch die verschiedenen kantonalen Ressourcenprogramme an mit ihrer Förderung von emissionsmindernden Ausbringtechniken.

Die Optimierung von Vermeidungsstrategien, die Beurteilung und Erfolgskontrolle von eingeleiteten Massnahmen setzt Berechnungsmodelle und Emissionsinventare voraus, welche die tatsächlichen Emissionen zuverlässig abbilden. In der Schweiz wird dazu das Modell Agrammon verwendet. Es dient zur Berechnung der Ammoniakverluste von Einzelbetrieben für Beratung und Praxis. Das gesamtschweizerische Ammoniak-Emissionsinventar, welches im Rahmen von internationalen Vereinbarungen (LRTAP, UNECE) erstellt wird, und die Berechnung der Emissionen von Kantonen für die Ressourcenprogramme erfolgen ebenfalls mittels Agrammon ([www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch)). Die verwendeten Berechnungsgrundlagen wie Emissionsraten<sup>2</sup> und die Wirkung der weiteren Einflussgrössen beruhen soweit als möglich auf wissenschaftlichen Versuchen in der Schweiz. Wo solche fehlten, wurden Daten aus dem Ausland beigezogen. Für Daten aus dem Ausland erfolgte wo nötig eine Anpassung an die Bedingungen der Schweiz. Falls in der Fachliteratur keine detaillierten Angaben verfügbar waren, kamen Expertenschätzungen zur Anwendung.

Ammoniak-Emissionen nach Ausbringung von Gülle wurden in Europa eingehend untersucht (Sommer und Hutchings, 2001; Sogaard et al, 2002, Webb et al., 2010). Es bestand weitgehender Konsens, dass 40-70% des ausgebrachten löslichen Stickstoffs (TAN<sup>3</sup>) als Ammoniak emittiert

<sup>1</sup> Quelle: Medienmitteilung der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL) vom 08.07.2005  
(<http://www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/medienmitteilungen/stickoxid-und-ammoniak-ausstoss-halbieren/index.html>)

<sup>2</sup> Aktuelle Emissionsraten von Ammoniak bei der Ausbringung von Gülle gemäss Modell Agrammon: Ausbringung von Rindergülle mittels Prallteller: 50% des ausgebrachten TAN (Total Ammoniacal Nitrogen), Ausbringung von Schweinegülle mittels Prallteller: 35% des ausgebrachten TAN;

Aktuelle Korrekturfaktoren für die Emission von Ammoniak nach Ausbringung von Gülle: Schleppschlauchverteiler: -30%, Schleppschuh: -50%, Schlitzdrill: -70%, Tiefe Injektion: -80%.

<sup>3</sup> Engl.: Total Ammoniacal Nitrogen

werden, wobei Schweinegülle tiefere Werte aufweist. Die Variabilität der Versuchsergebnisse ist relativ hoch (Huijsmans et al. 2003). International anerkannte Werte zur Reduktion der Emissionen nach Ausbringung von Gülle (UNECE, 2007) sind wie folgt: Schleppschlauchverteiler: 30%, Schleppschuh: 60%, Schlitzdrill: 70%, sofortige Einarbeitung mittels Pflug auf Ackerland 80-90%.

Die Kenntnisse von 800 Versuchen aus mehreren europäischen Ländern mit ca. 6000 Emissionswerten inklusive Daten zu den Versuchsbedingungen (Gehalte der Gülle, Bodenbedeckung, Eigenschaften des Bodens, meteorologische Bedingungen etc.) wurden zur Erstellung des Modells ALFAM verwendet (Sogaard et al., 2002), welches die Ammoniakemissionen in Abhängigkeit wichtiger Einflussfaktoren bei der Ausbringung berechnet: Wassergehalt des Bodens, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Gülleart (Rindvieh, Schweine), Gehalt an Trockensubstanz und löslichem Stickstoff der Gülle sowie Ausbringmethode. Basierend auf den Versuchen der Schweiz (Katz, 1996) wurde schon zuvor ein analoges Modell erstellt (Menzi et al., 1998), welches die Emissionen unter schweizerischen Bedingungen berechnet.

Insgesamt wurde der Kenntnisstand im Bereich der Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Gülle als sehr gut abgestützt beurteilt. Deshalb waren in den letzten Jahren die Forschungsarbeiten in diesem Bereich gering. Neue Versuche von Agroscope ART mit modernster Messtechnik auf praxisnaher Feldgrösse, die mit verschiedenen Messverfahren und unter Beteiligung mehrerer führender europäischer Forschungsgruppen überprüft und validiert wurden, ergaben aber systematisch tiefere Emissionen nach der Ausbringung von Gülle im Vergleich zum bisherigen Stand des Wissens (Sintermann et al., 2011a, 2011b; Spirig et al., 2010). Die früheren Untersuchungen beruhen auf einer allgemein als sicher und zuverlässig angesehenen Methode, der Integralen Horizontalen Flussmethode (IHF) (Denmead et al., 1977) und davon abgeleiteten vereinfachten Ansätzen wie Zinst (Wilson et al., 1982), welche meist auf Kreisflächen mit einem Durchmesser von rund 40 Metern angewendet wurden. Die Diskrepanz lässt sich zurzeit nicht schlüssig erklären (Neftel et al., 2010). Es gibt allerdings Hypothesen, wonach Untersuchungen auf Flächen von mittlerer Grösse (Durchmesser von rund 40 Metern) im Vergleich zu Flächen im Feldmassstab (Größenordnung eine bis mehrere Hektaren) zu systematischer Überschätzung der Emissionen führen. Zur Klärung dieser Fragen schlagen wir ein Forschungsprojekt mit folgenden Zielsetzungen vor:

1. Klärung der Ursachen von Differenzen zwischen den Emissionen nach Ausbringung von Gülle gemäss bisherigem Stand des Wissens und neuesten Messungen
2. Erarbeitung aktualisierter Emissionsraten nach Ausbringung von Gülle und deren Modellierung in Abhängigkeit von den wichtigsten Einflussgrössen

Diese Zielsetzungen sind wie folgt zu begründen:

Laufende Programme zur Umsetzung von Massnahmen hinsichtlich Emissionsminderung können nur dann in der Praxis etabliert werden, wenn die Wirksamkeit eindeutig geklärt ist. Die vorhandene Diskrepanz zwischen aktuell als gesichert geltenden Emissionswerten und den neuen Resultaten führt zu Verunsicherung bei den Betroffenen. Dies kann sich kontraproduktiv auf die Umsetzung von Reduktionsmassnahmen bei der Ausbringung von Gülle auswirken.

Basierend auf den Resultaten der Versuche sind die bestehenden Emissionsraten und Korrekturfaktoren, welche die wichtigsten Einflussgrössen abbilden, zu überprüfen und revidieren. Aktualisierte Emissionsraten und Korrekturfaktoren müssen in die Modellrechnungen einfließen, welche zur Erstellung des gesamtschweizerischen Ammoniak-Emissionsinventars im Rahmen von internationalen Vereinbarungen sowie in kantonalen Ressourcenprogrammen verwendet werden. Sie sind zu diesem Zweck aber erst verwendbar, wenn sie auf internationaler Ebene konsolidiert und allgemein zur Berechnung der Länderinventare verwendet werden. Andernfalls ist die Vergleichbarkeit Emissionsrechnungen und der Emissionsinventare zwischen den Ländern nicht gegeben.



## 2. Vorgehen

### 2.1 Einleitung

Zur Bearbeitung der oben aufgeführten Aufgaben erfolgen die Versuchsarbeiten in zwei Modulen. Modul 1 überprüft die Übertragbarkeit der Resultate aus Versuchen mit Versuchsflächen mittlerer Grösse ( $\varnothing$  40 m) auf Versuche auf Feldskala. Ursachen für systematische Unterschiede sollen erklärt werden, insbesondere die Gründe für die scheinbar systematischen Unterschiede der älteren Resultate zu den in den letzten Jahren erhaltenen Ergebnissen. Modul 2 erarbeitet aktualisierte Emissionsraten zur Verwendung im Modell Agrammon und somit für die Inventarrechnungen und praktischen Anwendungen des Modells auf Stufe Einzelbetrieb oder Region. Dies erfordert die Abbildung der Emissionen unter unterschiedlichen Bedingungen (insbesondere bezüglich Wetter, Gülleart, Gehalt der Gülle) mittels Modellierung bzw. Revision des bisher verwendeten Modells, welches die Emissionen nach Ausbringung von Gülle unter schweizerischen Bedingungen berechnet (Menzi et al., 1998). Als Grundlage dazu ist eine grössere Anzahl von Versuchen erforderlich. Dies zu erreichen ist nur möglich, wenn mehrere Verfahren während eines Versuchs durchgeführt werden können, was die Verwendung von Versuchsflächen mittlerer Grösse (ca. 40 m) voraussetzt. Die Verknüpfung mit den Kenntnissen aus Modul 1 erlaubt die Extrapolation der resultierenden Emissionen von Modul 2 auf Feldskala.

### 2.2 Rahmenbedingungen der Versuche

Bei der Standortauswahl der Versuche wird sichergestellt, dass übliche Rahmenbedingungen bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion der Schweiz abgebildet werden hinsichtlich Beschaffenheit der Gülle (TS-Gehalt, TAN Gehalt), Ausbringung (Ausbringmenge, Zeitpunkt der Ausbringung), Standort und Lage der Versuchsparzellen, Kultur sowie Bodeneigenschaften. Dabei ist den Erfordernissen der Versuchsanlage und der Messtechnik (Gelände, meteorologische Bedingungen, andere Emissionsquellen von Ammoniak wie z.B. Ställe, Güllelager) Rechnung zu tragen. Dazu werden die Standorte vorgängig eingehend evaluiert in Bezug auf das Gelände, die Produktionstechnik der Standortbetriebe bzw. Güllielieferanten und die Zusammenarbeit mit den Bewirtschaftern der Flächen.

### 2.3 Modul 1: Überprüfung der Übertragbarkeit der Resultate aus Versuchen mit Versuchsflächen mittlerer Grösse ( $\varnothing$ 40 m) auf Versuche auf Feldskala

#### 2.3.1 Versuchsanordnung

Zur Überprüfung der Übertragbarkeit der Resultate aus Versuchen mit Versuchsflächen mittlerer Grösse ( $\varnothing$  40 m) auf Versuche auf Feldskala (ein bis mehrere Hektaren) werden 4 Versuche an einem oder mehreren Standorten mit Kreisflächen ( $\varnothing$  40 m) und einer praxisüblichen Parzelle von ca. 1 ha bis mehrere ha Grösse durchgeführt. Die Durchführung der Versuche erfolgt im Frühling/Herbst und im Sommer. Bei den Versuchen 1 bis 3 wird die Ausbringung mit dem Prallteller durchgeführt, wovon für Versuch 1 und 2 die Ausbringung von Rindergülle und für Versuch 3 der Einsatz von Schweinegülle vorgesehen sind. Für Versuch 4 werden voraussichtlich Schleppschlauch und Rindergülle eingesetzt. Für die Versuche 1 und 2 sind Standorte in der Region Tänikon und Bern vorgesehen. Die Versuche 3 und 4 werden auf Grund der erhaltenen Resultate der Versuche 1 und 2 definiert. Ein Versuch soll auf einem hoch belasteten Standort wie Kanton Luzern stattfinden, ein weiterer könnte in einer internationalen Zusammenarbeit ausserhalb der Schweiz durchgeführt werden.

### 2.3.2 Messsysteme

Das neu entwickelte Impingersystem wird als Referenzsystem bei allen Messungen eingesetzt. Impingerkonzentrationen werden mit einem Picarro Cavity Ring-down Analysator überprüft. Die Berechnung der Emissionen aus den gemessenen Konzentrationen und meteorologischen Bedingungen erfolgt mittels einem backward Lagrangian Stochastic (bLS) Dispersion Model (Flesch et al., 2004) und alternativ mit einem inverse dispersion Model (FIDES 3D) (Loubet et al., 2010). Zusätzlich wird der  $\text{NH}_3$  Fluss mit einer Eddy Kovarianzmethode bestimmt (Sintermann et al., 2011a). Die früher verwendete Methode mit der parallelen Messung von Konzentration und Windgeschwindigkeit auf der  $Z_{\text{inst}}$  Höhe (Wilson et al., 1982) wird auf den Kreisflächen wiederholt.

### 2.3.3 Auswirkungen der Resultate auf Immissionsmodelle

In Zusammenarbeit mit der Firma Meteotest, welche die schweizerischen Immissionsdaten modelliert, werden die Auswirkungen der gewonnenen Resultate auf die Immissionsmodelle untersucht.

## 2.4 Modul 2: Erarbeitung aktualisierter Emissionsraten

### 2.4.1 Versuchsanordnung

Zur Erarbeitung aktualisierter Emissionsraten bzw. der Aktualisierung des bisher verwendeten Modells, welches die Emissionen nach Ausbringung von Gülle unter schweizerischen Bedingungen berechnet (Menzi et al., 1998), wird Modul 2 mit folgender Versuchsanordnung durchgeführt:

- Insgesamt: 10-12 Versuche auf Versuchsflächen auf Grasland mittlerer Grösse (Kreise mit  $\varnothing$  40 m); Verteilung der Versuche auf mindestens eine vollständige Vegetationsperiode
- Je 3 Flächen pro Versuch (3 Kreise mit  $\varnothing$  40 m)
- 1-2 Versuche: alle 3 Flächen: Standardverfahren mit ‚Standardgülle‘ (Rindergülle, Ausbringung mittels Prallteller)
- Weitere Versuche: 1-2 Flächen: Standardverfahren; 1-2 Flächen: Vergleichsverfahren mit andern Güllearten (v.a. Schweinegülle) und Ausbringverfahren (z.B. Schleppschlauch)
- Versuchsstandort im Raum Bern

Die oben aufgeführte Versuchsanordnung wird je nach Resultaten aus Modul 1 angepasst. Denkbar ist beispielsweise eine Reduktion der Anzahl Versuche von Modul 2 zugunsten zusätzlicher Versuche von Modul 1 oder Versuche auf Feldskala anstelle von Versuchsflächen mittlerer Grösse. Die Versuchsanordnung von Modul 2 wird anlässlich der 1. Standortbestimmung definitiv festgelegt (Arbeitsschritt Nr. 7 im Diagramm unter Kap. 2.5).

### 2.4.2 Messsysteme

Die SHL verwendet die Impinger von Agroscope ART (3 Systeme) für die Versuche von Modul 2, d.h. parallele Messungen bei drei Flächen. Dieses Messsystem ist kostengünstig und hat sich in den Vergleichsversuchen von Agroscope ART bewährt (Neftel et al., 2010).

Die Einarbeitung in die Messmethodik für die Mitarbeiter der SHL erfolgt im Rahmen eines zusätzlichen Feldversuchs vor Beginn von Modul 1 im Sinne einer Vorleistung bzw. im Rahmen der Versuche 1 und 2 von Modul 1. Versuch 2 von Modul 1 wird von Agroscope ART und der SHL gemeinsam durchgeführt. Versuchsstandort ist nach Möglichkeit der für die 1. und 2. Versuchsserie von Modul 2 gewählte Standort.



## 2.5 Zeitlicher Ablauf

Die Projektdauer beträgt 2 Jahre und 2 Monate vom 01.07.2011 – 30.08.2013.

Das folgende Diagramm zeigt den zeitlichen Ablauf der Arbeiten:

Nr	Aufgabenname	Anfang	Abschluss	Dauer	Q3 11			Q4 11			Q1 12			Q2 12			Q3 12			Q4 12			Q1 13			Q2 13			Q3 13												
					Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug											
1	Evaluation Versuchsstandorte Modul 1	01.07.2011	30.08.2011	8.6w																																					
2	Entscheid Auswahl der Standorte 1 und 2 von Modul 1	01.08.2011	01.08.2011	0w																																					
3	Versuch 1 (Modul 1)	01.08.2011	30.09.2011	9w																																					
4	Evaluation Versuchsstandorte Modul 2	01.09.2011	30.11.2011	13w																																					
5	Versuch 2 (Modul 1)	03.10.2011	30.11.2011	8.6w																																					
6	Auswertung von Versuch 1 und 2 (Modul 1) und Vorbereitung der weiteren Versuche	03.10.2011	28.02.2012	21.4w																																					
7	1. Standortbestimmung: Auswirkung der Resultate von Modul 1 auf Modul 2	30.11.2011	30.11.2011	0w																																					
8	Entscheid Auswahl der Standorte von Modul 2	30.11.2011	30.11.2011	0w																																					
9	Vorbereitung des Versuchsstandorts (Modul 2)	01.12.2011	28.02.2012	12.8w																																					
10	1. Workshop mit Auftraggebern: Diskussion Resultate Versuch 1,2 (Modul 1) Entscheid Auswahl der Standorte 3 und 4 von Modul 1	28.02.2012	28.02.2012	0w																																					
11	Versuch 3 (Modul 1)	01.03.2012	29.06.2012	17.4w																																					
12	1. Versuchsserie (Modul 2) Schwerpunkt: Standardverfahren	01.03.2012	29.06.2012	17.4w																																					
13	Besichtigung laufender Versuche Modul 1, 2	17.05.2012	17.05.2012	0w																																					
14	Auswertung der 1. Versuchsserie und Planung 2. Serie (Modul 2)	01.05.2012	01.08.2012	13.4w																																					
15	Versuch 4 (Modul1)	02.07.2012	31.10.2012	17.6w																																					
16	Abgabe Zwischenbericht 1. Versuchsjahr	30.08.2012	30.08.2012	0w																																					
17	2. Standortbestimmung: Auswirkung der Resultate von Modul 1 auf Modul 2 Orientierung über Versuchsergebnisse	01.11.2012	01.11.2012	0w																																					
18	2. Versuchsserie von Modul 2: Schwerpunkt: Standardverfahren und Vergleichsverfahren	02.08.2012	31.05.2013	43.4w																																					
19	Untersuchung der Auswirkungen der Resultate auf Immissionsmodelle (ART, Meteotest)	01.11.2012	25.04.2013	25.2w																																					
20	Auswertung und Berichterstattung	03.12.2012	30.08.2013	39w																																					
21	2. Workshop mit Auftraggebern: Orientierung zu Auswertungen, Entwurf Schlussbericht, weiteres Vorgehen betr. Schlussbericht, Kommunikation	01.07.2013	01.07.2013	0w																																					
22	Abgabe Schlussbericht	30.08.2013	30.08.2013	0w																																					

Legende:

■ Dauer der Arbeitsschritte

◆ Meilensteine (Konsultation der Auftraggeber oder Aufgaben zur Information der Auftraggeber bzw. Berichterstattung)

## 3. Projektorganisation

### 3.1 Beauftragte Institutionen

Die Gruppe Lufthygiene / Klima von Agroscope ART ist eine weltweit führende Institution im Bereich der Messung von reaktiven Spurengasen wie Ammoniak und von klimawirksamen Gasen landwirtschaftlicher Herkunft auf Feldskala. Die SHL führt Forschungsprojekte weitgehend in der Praxis der Land-, Forst- und Lebensmittelwirtschaft durch («on-site-research»). Dies erlaubt es, das Umfeld und die komplexen gesamtbetrieblichen Zusammenhänge mit zu analysieren. Die Berechnung und Modellierung von Ammoniakemissionen auf einzelbetrieblicher und regionaler Ebene und die Erstellung von Emissionsinventaren ist ein Schwerpunkt im Bereich der angewandten Forschung der SHL. Um die vorhandene komplementäre Expertise der beiden Institutionen in der Schweiz bestmöglich zu nutzen, ist das vorliegende Forschungsprojekt als eine enge Zusammenarbeit zwischen Agroscope ART und SHL konzipiert.

### 3.2 Projektleitung und Leitung der Module

Die Gesamtprojektleitung liegt bei der SHL. Die Leitung und Durchführung von Modul 1 übernimmt Agroscope ART und von Modul 2 die SHL. Agroscope ART betreut für beide Module die Messtechnik und führt die Messung der Hintergrundkonzentrationen sowie die Auswertung der Messdaten mittels Windtrax Software durch. Die SHL stellt die adäquate Einbettung der Versuche in die Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Praxis der Schweiz sicher.

### 3.3 Personal

Für die Versuchsdurchführung von Modul 1 steht voraussichtlich Jörg Sintermann zur Verfügung. Er beendet im Sommer 2011 seine Dissertation, welche sich auf Feldmessungen von  $\text{NH}_3$  Flüsse mit der EC Messtechnik fokussierte. Er ist die ideale Person, um die vorgeschlagenen Versuche zu planen, auszuführen und auch zu interpretieren. Wir schlagen deshalb vor, Jörg Sintermann für 2 Jahre als Post Doc anzustellen. Die Leitung von Modul 1 liegt bei Albrecht Neftel. Die Arbeiten werden durch M. Jocher und C. Ammann (wissenschaftliche Mitarbeiter) unterstützt.

Für die Versuchsdurchführung von Modul 2 stellt die SHL einen wissenschaftlichen Mitarbeiter ein. Die Gesamtprojektleitung und die Leitung von Modul 2 liegen bei Thomas Kupper. Die Arbeiten werden durch Harald Menzi unterstützt.

#### 3.3.1 Internationale Vernetzung

Es wird angestrebt, in einer Kooperation ähnliche Versuche in andern europäischen Ländern, vor allem Holland und/oder Deutschland durchzuführen. Dazu sowie für die Versuchsdurchführung in der Schweiz sollen die bestehenden Beziehungen und Kooperationen benützt werden:

- Dr. Hester Volten RIVM (Entwicklung Mini DOAS, Feldmessungen),
- Dr. Andrea Gärtner Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW D-45659 Recklinghausen (Feldmessungen)
- Dr. Benjamin Loubet, INRA Grignon (Modellierung)
- Arjan Hensen, ECN Petten (Messtechnische Aspekte)

Mit dem bewilligten Projekt FP 7 Projekt ECLAIR sollen Synergien genutzt werden. Weiter wird die Einbettung der Arbeiten in den internationalen Kontext via das European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network (EAGER) sichergestellt.

### 3.4 Finanzierung

#### 3.4.1 Agroscope ART

	2011	2012	2013
Personal: PostDoc inkl Eigenleistungen ART	SFr. 75'000	SFr. 157'000	SFr. 83'000
Amortisation analyt. Geräte	SFr. 10'000	SFr. 15'000	SFr. 5'000
Verbrauchsmaterial	SFr. 10'000	SFr. 15'000	SFr. 5'000
Laboranalysen	SFr. 10'000	SFr. 15'000	SFr. 5'000
Fahrtspesen, Entschädigungen	SFr. 5'000	SFr. 8'000	SFr. 3'000
Subtotal	SFr. 110'000	SFr. 210'000	SFr. 101'000
<b>Total</b>	<b>SFr. 421'000</b>		
Eigenleistungen			
Analytische Geräte, Verbrauchsmaterial	SFr. 91'000		
Personal	SFr. 105'000		
<b>Notwendige Fremdmittel</b>	<b>SFr. 225'000</b>		

#### 3.4.2 SHL

	2011	2012	2013
Personal	SFr. 106'000	SFr. 212'000	SFr. 106'000
Verbrauchsmaterial, Analytik	SFr. 5'000	SFr. 10'000	SFr. 5'000
Fahrtspesen, Entschädigungen	SFr. 1'500	SFr. 2'500	SFr. 1'000
Geräte	SFr. 6'000		
Subtotal	SFr. 118'500	SFr. 224'500	SFr. 112'000
<b>Total</b>	<b>SFr. 455'000</b>		
Eigenleistungen (25% Personalkosten)	SFr. 106'000		
<b>Notwendige Fremdmittel</b>	<b>SFr. 349'000</b>		

### 3.5 Konsultation und Berichterstattung zuhanden der Auftraggeber

Zur Festlegung wichtiger Arbeitsschritte werden die Auftraggeber konsultiert:

- Auswahl der Versuchsstandorte (Arbeitsschritte Nr. 2, 8, 10<sup>4</sup>)
- Standortbestimmung zur Festlegung der Versuchsanordnung von Modul 2 in Abhängigkeit der Resultate von Modul 1 (Arbeitsschritte Nr. 7, 17<sup>4</sup>)

<sup>4</sup> Diagramm unter Kap. 2.5

- Workshops zur Diskussion der Versuchsergebnisse und des weiteren Vorgehens (Arbeitsschritte Nr. 10, 21<sup>4</sup>)

Die Auftraggeber werden periodisch über den Stand der Arbeiten informiert mittels Versuchsbeurteilung Mai 2012 (Arbeitsschritt Nr. 13<sup>4</sup>), Zwischenbericht per Ende August 2012 und Schlussbericht per Projektende (Arbeitsschritt Nr. 16, 22<sup>4</sup>).

## 4. Verwendung und Kommunikation der Resultate

Die Resultate werden nach Absprache mit den Auftraggebern auf nationaler und internationaler Ebene auf der Stufe Wissenschaft und Behörden diskutiert und veröffentlicht sowie zuhanden der Praxis (Landwirte, Behörden, Beratung) in geeigneter Form kommuniziert (z.B. Fachtagung, Publikation in der landwirtschaftlichen Fachpresse). Publikationen werden von ART und SHL gemeinsam verfasst. Die Resultate werden weiter zur Revision der Emissionsraten und Korrekturfaktoren des Modells Agrammon gemäss den neuen Erkenntnissen verwendet. Zudem erfolgt die Weitergabe der gewonnenen Erkenntnisse an die für die Erstellung der Emissionsinventare zuständigen Gremien.

## 5. Referenzen

- Denmead, O.T., Simpson, J.R., Freney, J.R. 1977. Direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41(5): 1001-1004.
- EKL, 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Ed.), Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern. Pp 168.
- Flesch, T.K., Wilson, J.D., Harper, L.A., Crenna, B.P., Sharpe, R.R. 2004. Deducing ground-to-air emissions from observed trace gas concentrations: A field trial. *J. Appl. Meteorol.* 43(3): 487-502.
- Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G., Vermeulen, G.D. 2003. Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmos. Environ.* 37(26): 3669-3680.
- Katz, P.E. 1996. Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Diss. ETH Nr. 11382. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. pp. 71.
- 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. pp 79.
- Loubet, B., Genermont, S., Ferrara, R., Bedos, G., Decuq, G., Personne, E., Fanucci, O., Durand, B., Rana, G., Cellier, P. 2010. An inverse model to estimate ammonia emissions from fields. *Eur. J. Soil Sci.* 61(5): 793-805.
- 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.
- Neftel, A., Ammann, C., Kuhn, U., Jocher, M., Sintermann, J., Gärtner, A., Hirschberger, R., Thöni, L., Seitler, E., Zeyer, K. 2010. Validierung von Ammoniakverlust-Messungen nach Ausbringung von Gülle auf Feldebene. Agroscope Reckenholz Tänikon. CH – 8046 Zürich. pp 57. (Interner Bericht, nicht veröffentlicht)





- 
- 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., Hutchings, N.J. 2001. Ammonia emission from field applied manure and its reduction - invited paper. *Eur. J. Agron.* 15(1): 1-15.
- Sintermann, J., Spirig, C., Jordan, A., Kuhn, U., Ammann, C., Neftel, A. 2011a. Eddy covariance flux measurements of ammonia by high temperature chemical ionisation mass spectrometry, *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 599-616.
- Sintermann, J., Ammann, C., Kuhn, U., Spirig, C., Hirschberger, R., Gärtner, A., Neftel, A. 2011b. Determination of field scale ammonia emissions for common slurry spreading practice with two independent methods, *Atmos. Meas. Tech.* Submitted for publication.
- Spirig, C., Flechard, C.R., Ammann, C., Neftel, A. 2010. The annual ammonia budget of fertilised cut grassland - Part 1: Micrometeorological flux measurements and emissions after slurry application. *Biogeosciences* 7(2): 521-536.
- UNECE. 2007. Guidance document on control techniques for preventing and abating emissions of ammonia. Geneva, Switzerland: United nations Economic and Social Council.
- Webb, J., Pain, B., Bittman, S., Morgan, J. 2010. The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response-A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 137(1-2): 39-46.
- 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.