

Anleitung zur Messung mit Dräger Tube Methode und Passivsammlern

Gliederung

1. Allgemeines	1
2. Aufbau der Messsysteme	3
3. Vorbereitung für die Feldmessung:.....	5
4. Durchführung der Messungen.....	6
5. Berechnung der NH₃-Flüsse	8
6. Beispielaufnahmeblätter für Feldmessungen	10
7. Firmen- und Literaturliste	11

Dr. Andreas Pacholski
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Abteilung Acker- und Pflanzenbau
Hermann-Rodewald-Str. 9
24118 Kiel
0431-880 4399
pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

1. Allgemeines

Die Grundidee dieses methodischen Ansatzes besteht darin, eine einfache qualitativ messende Methode für die Messung auf vielen Parzellen mit einer quantitativen Methode mit parallelen Messungen auf wenigen Parzellen zu verknüpfen. Als qualitative Messmethode werden gegenüber der Originalpublikation modifizierte Passivsammler nach Vandr  und Kaupenjohann (1998) verwendet. Die zweite Methode dient dazu einen Transferquotienten zu gewinnen, der die qualitativen Verluste der Passivsammler in Absolutverluste (kg N ha^{-1})  berf hrt. Als quantitative Methode kommt hier die Drägerröhrchen-Methode zum Einsatz (Roelcke et al 2002, Pacholski et al. 2006). Wichtig ist, dass beide Methoden dieselbe Gesamtmesszeit haben und ihre Anwendung zum selben Zeitpunkt endet. Zur Ableitung des Transferquotienten muss auf einer kleinen Anzahl von Parzellen mit beiden Methoden gleichzeitig gemessen werden (Abb. 1).

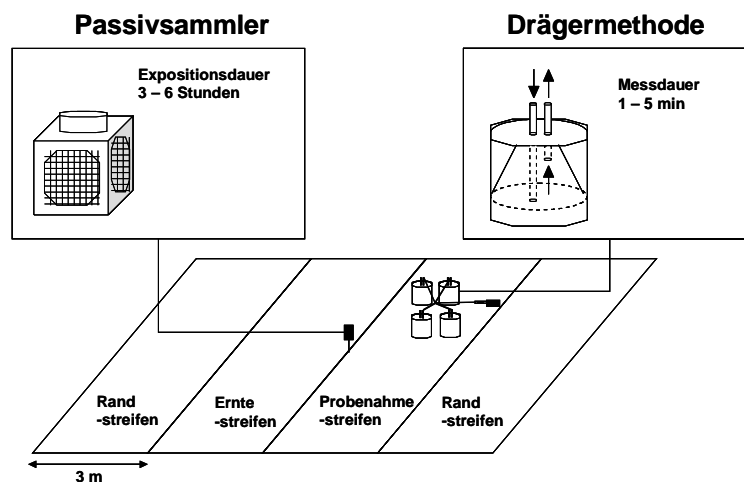


Abb. 1

a. Parzellenmessung

Während die mit verdünnter Schwefelsäure befüllten Passivsammler kontinuierlich NH_3 absorbieren werden mit der Dräger-Methode über den Tag verteilt verschiedene kurze Messungen gemacht, in denen nur die Intensität der NH_3 -Flüsse zu diesem Zeitpunkt bestimmt werden. Die Lösung in den Passivsammlern wird je nach Intensität der NH_3 -Verluste nach je 3-6 Stunden, bei geringen Raten täglich gewechselt. Ähnliches gilt für die Drägermethode: bei hohen NH_3 -Verlusten -6 sonst 1-2 Messungen.

b. Bestimmung der NH_3 -Konzentrationen

NH_4^+ -Konzentrationen in den Sammlerlösungen können direkt nach dem Auswechseln bestimmt werden oder die Proben können auch gut eingefroren und später durchgemessen werden. Gute Erfahrungen bei der Bestimmung der NH_4^+ -Konzentrationen in den Lösungen der Passivsammlern wurde mit Ammonium-Elektroden gemacht. Bei der Messung am Autoanalyzer können evtl. Probleme auftreten.

Die Bestimmung der NH_3 -Konzentrationen bei der Drägermethode erfolgt direkt mit Drägerröhrchen. Die gemessenen Konzentrationen sollten dann unmittelbar nach der Messung im Feld schriftlich aufgezeichnet werden.

c. Bestimmung der Flüsse und Integration der Flüsse zu kumulierten NH_3 -Verlusten

Die Passivsammler integrieren die NH_3 -Flüsse durch kontinuierliche Absorption. Die Aufsummierung der aufgefangenen NH_3 -Mengen bzw. der Konzentrationen ergibt so eine

qualitative Flussrate je Sammelintervall (mg/h bzw. ppm/h). Durch Anwendung des mit der Kammermethode gewonnenen Transferkoeffizienten werden diese in absolute Flüsse überführt. Dabei wird der kumulierte Endverlust der Kammermethode (kg N ha^{-1}) mit der aufsummierten Konzentration in den Sammlern in Beziehung gesetzt z.B. $10 \text{ kg N ha}^{-1} \cong 20 \text{ ppm} \rightarrow 1 \text{ ppm} \cong 0.5 \text{ kg N ha}^{-1}$. Diese Aufsummierung der Konzentrationen ist möglich, da mit immer identischen Volumina der Sammlerlösungen gerechnet wird.

Bei der Drägermethode werden mit den Drägerröhrchen zunächst nur NH_3 -Konzentrationen gemessen. Da von den Kammern aber eine definierte Bodenfläche abgedeckt und mit der Drägerpumpe ein definierter Volumenumsatz in einem definierten Zeitintervall erzeugt wird, können daraus Flüsse berechnet werden. Je Hub werden 0.1 l durch das System gesaugt. Wenn kein Pumpautomat benutzt wird, bei dem die Dauer eines Hubes relativ konstant ist, muss die Dauer der Messung mit einer Stoppuhr gemessen werden. Dies beginnt mit dem Start der Zeitmessung, wenn die Pumpe das erste Mal zusammengepresst wird, und endet mit der vollständigen Öffnung der Pumpe nach dem letzten Hub (weisser Punkt erscheint). Die so ermittelten Rohflüsse werden mit einer Eichgleichung (siehe Abschnitt 5) in kalibrierte Absolutverluste überführt.

Zur Integration der NH_3 -Flüsse der Drägermethode werden die Flüsse zwischen zwei Messterminen gemittelt, und dieser mittlere Fluss wird mit der Dauer des jeweiligen Intervalls zwischen den Messungen multipliziert.

Zur Berechnung korrigierter NH_3 -Verlusten der Drägermethode, d.h. Anwendung der Kalibrationsgleichung, und zur Fehlereliminierung in den Parzellenmessungen sind Werte weiterer Umweltvariablen erforderlich:

1. Lufttemperatur (1 m)
2. Luftdruck
3. Windgeschwindigkeit 2 m Höhe, bei hohen Beständen auch in 0.2 m Höhe
4. Windrichtung

Im Folgenden soll möglichst genau und vollständig geschildert werden, wie dieser Ansatz für die erfolgreiche Messung anzuwenden ist.

2. Aufbau der Messsysteme

a. Komponenten des Drägersystems:

- 4 Messkammern Edelstahl (Abb. 2-3)
- verbunden mit Teflonschlauch (bei starkem Verknicken unbedingt austauschen)
- Ggf. Bodenringe aus Edelstahl (vor allem zu empfehlen für Messungen auf Grünland)
- Drägerhandpumpe
- Ggf. Drägerpumpautomat
- falls ohne Pumpautomat: Stoppuhr
- Drägerröhrchen

3 Messbereiche für Drägerröhrchen

Röhrchen	Messbereich	Default Hubzahl	Bemerkung
0.25a	0.25-3 ppm	10	Messbereich kann durch höhere Hubzahl (max. 50) auf ca. 0.05 ppm verringert werden
2a	2 – 30 ppm	5	
5a	5 – 70 ppm	10	

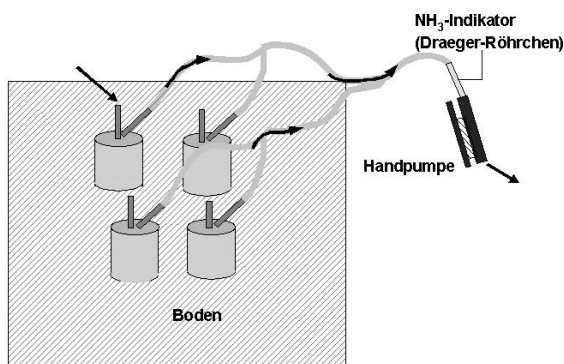


Abb. 2

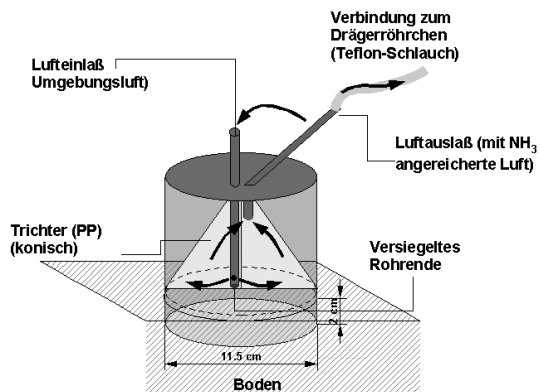


Abb. 3

b. Komponenten Passivsammler (Abb. 4):

- Stahlstange mit Befestigungsmöglichkeit für Kunststoffdach (Länge mindestens 50 cm)
- Kunststoffdach
- Säurebeständiger Passivsammler
- Kleingefäße zur Entnahme und Nachfüllen von Sammlerlösung (mit 20 ml 0.05 M H_2SO_4 -Lösung gefüllt)
- Großgefäß mit Sammlerlösung (0.05 M H_2SO_4 -Lösung)
- evtl. Autopipette zum Befüllen der Kleingefäße mit Sammlerlösung (20 ml)

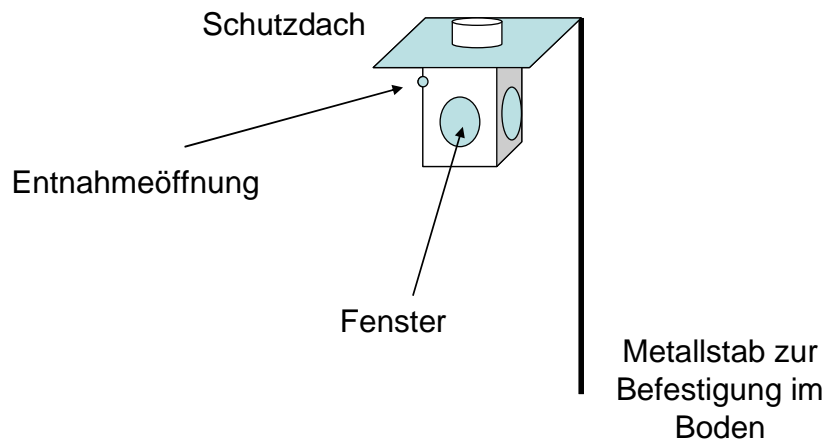


Abb. 4

3. Vorbereitung für die Feldmessung:

Drägermethode:

- Zusammenstellen des Systems: (Kammern + Teflonschläuche + Pumpe(automat) (Abb.2) + Bodenringe, wichtig: Teflonschlauch wird auf das in der Kammer kürzere Kupferrohr gesteckt (Abb. 3)
- Batterie für Drägerpumpautomaten aufladen (bei entladenen Batterien kann der Pumpvorgang deutlich verlangsamt werden → zwischenzeitliche Überprüfung der Messzeiten per Stoppuhr zu empfehlen!)
- farbliche Markierung (z.B. Edding-Strich) der Dräger Röhrchenpackungen mit unterschiedlichen Konzentrationsbereichen für bessere Unterscheidbarkeit im Feld: (z.B. 0.25a ‚schwarz‘, 2a ‚blau‘, 5a ‚grün‘)
- Klemmbrett mit Arbeitsblatt für Drägermessung (Zeit, Röhrchen, Hubzahl Konzentration (Messdauer falls ohne Pumpautomaten).
- wenn Dünger gezielt in Bodenringe appliziert werden sollen: Einbringen der Bodenringe in die Versuchspartelle, evtl Abdecken der Ringe bei Parzellendüngung, danach wird der Dünger genau in die Bodenringe appliziert.
- bei Güllendüngung: erst Applikation der Dünger (z.B. Schleppschlauch), dann werden die Ringe eingesetzt (guter Erfahrungswert für Schleppschlauchdüngung: 2 Kammern auf gedüngte Spur, 2 dazwischen).

Passivsammler:

- Ansetzen der Sammlerlösung
- Befüllen von allen Kleingefäßen je Passivsammler für eine Messkampagne (ca. 12 Kleingefäße pro Parzelle bei Messung nach Güllerausbringung, d.h. die Lösung wird 11 mal ausgetauscht), beschriften jedes Kleingefäßes: Hier empfiehlt sich einfach nur die Parzellenummer und die Reihenfolge der Sammlerlösungen auf den Deckel zu schreiben: z.B. P1T2 (Parzell1, 2. Lösung: die Lösung, die nach dem Ausleeren der Lösung des ersten Messintervalls eingefüllt wird), P23T1 (Parzelle 23, 1. Lösung).
- nach Ablauf eines Messintervalls wird die Lösung aus dem Sammler in das jeweilige Kleingefäß zurückgefüllt.
- Kleingefäße für jeden Messtermin einer Messkampagne in einem beschrifteten Plastikbeutel mit Versuchsnummer, Jahr etc. sortieren. Bei größeren Parzellenzahlen ist hierzu evtl. auch eine Schale, Kartondeckel etc. vorzuziehen.
- Ein Gesamtversuch kann auch in einem Gesamtbeutel eingefroren werden.

4. Durchführung der Messungen

- vor Beginn der Untersuchung muss eine Wetterstation am Standort verfügbar sein.
- auf möglichst zeitgleiche Drägermessung und Wechseln der Passivsammlerlösungen ist vor allem zu Beginn einer Messkampagne bzw. bei hohen zu erwartenden initialen NH_3 -Verlusten zu achten.

a. Drägermessung:

Zur Messung können die Drägerkammern direkt in den Boden gedrückt oder in Bodenringe eingebracht werden. Letztere verhindern eine zu starke Störung des Bodens und ermöglichen das luftdichte Einbringen der Kammern auch auf geschlossenen Grasnarben oder verfestigtem Boden. Außerdem kann in den Bodenringen zielgenau die zu prüfende Düngermenge ausgebracht werden. Es kann aber auch bei Verschmutzung der Bodenringe zum Klemmen zwischen Kammer und Bodenring kommen. Bodenringe können einfach eingebracht werden, indem ein Brett auf die beiden verbundenen Ringe gelegt wird, womit der Druck gleichmäßig verteilt wird. Es bestehen noch keine Erfahrungen dazu, inwiefern Bodenringe sich bei längeren Messungen (z.B. nach Harnstoffdüngung) lockern können. Bei kurzen Messungen (- 3 Tage) sind bisher keine Probleme aufgetreten. Wenn die Bodenverhältnisse es zulassen, besteht aber kein Problem darin, die Kammern direkt in den Boden einzudrücken. Dann muss aber auf eine sehr gleichmäßige Düngerverteilung geachtet werden. Die Kammern werden etwa 1.5 cm in den Boden gedrückt.

Mehrere Messungen an unterschiedlichen Stellen innerhalb einer Parzelle erhöhen die Messvariabilität.

Hintergrundmessung (bei jedem Messtermin)

Zur Ermittlung der NH_3 -Emissionen von einer Behandlungsparzelle muss die NH_3 -Verflüchtigung von Kontrollparzellen gemessen werden. Die dort bestimmten Flüsse werden von den Flüssen der Behandlungsparzelle subtrahiert.

Hubzahl und Ablesen eines Dräger Röhrchens:

- eine Messung ist erst dann gültig, wenn zumindest der erste Eichstrich eines Dräger Röhrchens erreicht wird.
- Bei sehr geringen Konzentrationen kann die Hubzahl bis auf 50 Hübe erhöht werden.
- Der oberste Wert auf der Skala darf nicht überschritten werden. Wenn sich dies während einer Messung abzeichnet, Messung vor dieser Überschreitung abbrechen.
- Wert nach Drehen des Röhrchens (Färbungsgrenze häufig etwas schräg) ablesen.

Ablauf einer Einzelmessung

1. System muss zwischen zwei Messungen mit nicht NH_3 -befrachteter Luft gespült werden: System vom Boden heben und mit Drägerpumpe ohne Dräger Röhrchen häufig (20-30 mal) durchspülen.
2. bei jeder Messung Drägerkammern aufsetzen und zunächst mit 10 Hüben und gebrauchtem Dräger Röhrchen vorpumpen. Dadurch sollen quasi steady-state Bedingungen eingestellt werden. Anhand der Verfärbung eines alten Röhrchens kann häufig abgelesen werden, welches der drei möglichen Dräger Röhrchen (Konzentrationsbereiche) am besten eingesetzt wird. Nach diesen 10 Hüben wird rasch ein neues Dräger Röhrchen eingesetzt. Die Pause zwischen Vorpumpen und Messbeginn sollte möglichst kurz sein.
3. a. bei Nutzung von Pumpautomat: Einstellen der Standardhubzahl (in der Regel 10 Hübe, bei Röhrchen 2a 5 Hübe) und Messung beginnen. Wird nach dieser Hubzahl der

erste Eichstrich noch nicht erreicht, Hubzahl erhöhen, wird z.B. nach 2 Hügen fast die gesamte Skala ausgeschöpft, Messung abbrechen und Wert ablesen.

b. bei alleiniger Nutzung der Handpumpe: mit erstem Hub Zeitmessung starten und nach vollständigem Öffnen der Pumpe nach letztem Hub Zeit stoppen. Sonst wie a.

4. Werte aufschreiben: Parzelle, Beginn der Messung, Ende, Hubzahl. (Zeit in s), Messwert in ppm (Beispiel Feldaufnahmeblatt siehe Abschnitt 6)
5. Drägersystem vom Boden heben und gut durchspülen/waschen (siehe 1.)

b. Passivsammler

Zur erfolgreichen Messung mit Passivsammlern wurden mit relativ großen Parzellen (12 m x 12 m) gute Erfahrungen gemacht. Optimales Parzellenformat wäre kreisförmig, als Annäherung sollten quadratische Parzellen genutzt werden. Liegen die Parzellen sehr dicht beieinander kann starke Querverdriftung von NH_3 ein Problem sein. Bei bekannter Windrichtung können solche Parzellen einfach identifiziert und aus dem Datensatz entfernt werden. Meist weichen die Werte derartiger Parzellen deutlich positiv von den anderen Wiederholungen ab. Das Hintergrundrauschen der Querverdriftung wird durch die Messung auf Kontrollparzellen erfasst.

1. Unmittelbar nach der Düngung werden die an den Stativstangen befestigten Passivsammler in der Mitte der Versuchsparzelle auf 15 cm Höhe (Fenster des Sammlers) über Bodenoberfläche bzw. Bestandeshöhe aufgestellt. Am besten mit dem Düngerstreuer/Güllefass ‚mitlaufen‘ und gleich den Sammler aufstellen und Sammlerlösung einfüllen.
2. Einfüllen der Lösung: Sammlerflaschen können abgeschraubt werden und Lösung kann durch die Flaschenöffnung eingefüllt werden.
3. Ausleeren der Passivsammler: An einer oberen Ecke des Sammlers ist ein kleines Entnahmeloch gebohrt (siehe Abb. 4). Passivsammler vorsichtig abschrauben und ebenso vorsichtig Lösung zwischen ‚Fenstern‘ durch die Öffnung in Kleingefäße gießen.
4. Zu Beginn der Messung den 1. Beutel mit Kleingefäßen mitnehmen und Sammlerlösung in Sammler einfüllen. Parzellennummer und Einfüllzeitpunkt aufschreiben (Beispielfelddatenblatt beigelegt).
5. bei allen weiteren Tauschterminen je zwei Beutel mitnehmen: Beutel der Kleingefäße der aktuellen Lösungen in den Passivsammlern und Beutel mit den Kleingefäßen der darauf folgenden neuen Lösungen. Lösung aus den Sammlern in leere Kleingefäße (z.B. P1T1) entleeren, neue Lösung (P1T2) einfüllen. Parzellennummer, Entleerungs- und Befüllzeit aufschreiben.
6. letzter Messtermin, Passivsammler entleeren, Parzellennummer und Entleerungsuhrzeit aufschreiben.

5. Berechnung der NH₃-Flüsse

a. Berechnung der Drägerflüsse:

Die folgenden Rechenschritte werden am besten auf einem Excel-Datenblatt automatisiert.

Aufgrund der geringen Luftaustauschraten in den Drägerkammern unterschätzt dieses ohne Kalibration die tatsächlichen Flüsse um etwa eine Größenordnung. Zur Berechnung der absoluten Verluste müssen zunächst Rohdatenflüsse berechnet werden, die dann nach Anwendung der Kalibrationsgleichung in Absolutflüsse hochskaliert werden.

„Rohdatenflüsse“:

Umrechnung abgelesener Drägerwert [ppm] → F_{Ng} [mg N m⁻² h⁻¹]

Wert ppm - Hintergrundwert ppm

$$F_{Ng} = \text{Luftvolumen} * \text{conc} * \frac{1013hPa}{hPa} * \left(\frac{696.11[mg/l] * 298.15}{(273.15 + Takt(^{\circ}C))} \right) * 10^{-6} * \frac{14}{17} * \frac{10000[cm^2]}{415[cm^2]} * \frac{3600[s]}{\text{Messzeit}[s]}$$

0.1 l * Hubzahl (Luftvolumen)
 Druckkorrektur (1013hPa/hPa)
 Dichtekorrektur (Temp) (696.11[mg/l]*298.15 / (273.15 + Takt(°C)))
 Umrechnung NH₃ → N (14/17)
 Umrechnung m² (10000[cm²]/415[cm²])
 Umrechnung h (3600[s]/Messzeit[s])

Gleichung 1:

Wichtig: es wird immer nur mit ppm Werten der Standardhubzahl gerechnet, also 5 oder 10 Hüben bzw. 0.5 L oder 1 L.

Sollte die Hubzahl abweichen muss der ppm Messwert und die Zeitdauer entsprechend der Hubzahl korrigiert werden:

$$\text{ppm} = \text{Messwert ppm} * \text{Soll-Hubzahl [5;10]} / \text{Hubzahl-Messung}$$

$$\text{Zeit} = \text{Messerwert Zeit(s)} * \text{Soll-Hubzahl [5;10]} / \text{Hubzahl-Messung}$$

Diese Werte werden zur Anwendung von Gleichung verwendet.

Absolutflüsse:

Zunächst werden die Rohdatenflüsse in **kg N ha⁻¹ h⁻¹** umgerechnet

Es existieren zwei Kalibrationsgleichungen:

a. Niedrige Bestände (Winterweizen, unbedeckter Boden)

$$\ln(\text{Absolutfluss}) = 0,444 \ln(\text{NH}_3\text{-Fluss}_{\text{Drägermethode}}) + 0,590 \ln(V_{\text{Wind 2m}})$$

b. Hohe Bestände (z.B. Mais > 0.8 m) (n = 46)

$$\ln(\text{Absolutfluss}) = 0,456 \ln(\text{NH}_3\text{-Fluss}_{\text{Drägermethode}}) + 0,745 \ln(V_{\text{Wind } 2\text{m}}) - 0,280 \ln(V_{\text{Wind } 0,2\text{m}})$$

V = Windgeschwindigkeit in [m s⁻¹] zum Zeitpunkt der Drägermessung

NH₃-Fluss = Drägerfluss [kg N ha⁻¹ h⁻¹]

Absolutfluss = kalibrierter NH₃-Fluss [kg N ha⁻¹ h⁻¹]

Da organische Dünger in der Regel in niedrige Bestände ausgebracht werden, kommt zumeist Kalibrationsgleichung a. zum Einsatz. Bei mineralischer Düngung ist manchmal die Verwendung von b. erforderlich.

Berechnung der Flüsse Passivsammler:

Die Sammlerlösung hat ein starkes NH₃-Absorptionsvermögen. Verlust von Wasser aus den Sammlern durch z.B. Verdunstung beeinträchtigt das Aufnahmevermögen nicht. Allerdings weisen solche Sammlerlösungen dann natürlich hohe Konzentration auf, die zur Auswertung korrigiert werden. Lösungsverlust durch z.B. ‚Ausblasen‘ bei starken Winden wurde selbst in der Marsch Schleswig-Holsteins nicht beobachtet. Solche Sammler – und jeglicher Verlust von Sammlerlösung - würden dann aber falsche Werte liefern, die nicht korrigiert werden können.

1. Bestimmung des Lösungsvolumens
2. Messung der NH₄⁺ Konzentration
3. bei abweichendem Sammlervolumen Konzentration auf Standardvolumen korrigieren:
ppm = Messwert ppm * Volumen-Messung [x ml]/Soll-Volumen[20 ml]
4. Aufsummierung der ppm-Werte der Messintervall zur Gesamtkonzentration:
z.B. 7 ppm + 5 ppm + 3 ppm etc.
5. Berechnung der absoluten Verluste durch Bezug der Summe zum Dräger-Endverlust:
z.B. 10 kg N ha⁻¹ ≅ 20 ppm → 1 ppm ≅ 0.5 kg N ha⁻¹
6. Ableitung von Flüssen für ein Messintervall:
12 ppm/6 h → 0.5 kg N ha⁻¹ ppm⁻¹ * 12 ppm 6 h⁻¹ = 1 kg N ha⁻¹ h⁻¹
für diesen Messzeitraum (durchgestrichene Einheiten kürzen sich raus)

6. Beispielaufnahmeblätter für Feldmessungen

a. Drägermessung

4 Parzellen mit 2 Messungen pro Parzelle. Liste würde entsprechend fortgeführt werden.

Düngetermin: T1

Datum: 25.03.2011

Frucht: Gras

Datum	Plot	Uhrzeit	Rohr	Hub	ppm	Zeit	Datum	Plot	Uhrzeit	Rohr	Hub	ppm	Zeit
25. Mrz.	1.1	09:30	5a	10	35	84s	25. Mrz.	1.1	13:30	2a	5	20	54s
25. Mrz.	1.2	09:40	5a	10	40	84s	25. Mrz.	1.2	13:40	2a	5	17	54s
25. Mrz.	2.1	09:50	2a	5	20	54s	25. Mrz.	2.1	13:50	2a	5	8	54s
25. Mrz.	2.2	10:00	2a	5	22	54s	25. Mrz.	2.2	14:00	2a	5	12	54s
25. Mrz.	3.1	10:09	5a	10	30	84s	25. Mrz.	3.1	14:09	2a	5	15	54s
25. Mrz.	3.2	10:18	5a	10	33	84s	25. Mrz.	3.2	14:18	2a	5	17	54s
25. Mrz.	4.1	10:27	0.25a	10	0.5	84s	25. Mrz.	4.1	14:27	0.25a	10	0.3	84s
25. Mrz.	4.2	10:37	0.25a	10	0.3	84s	25. Mrz.	4.2	14:37	0.25a	10	0.25	84s
		:			.				:			.	
25. Mrz.	1.1	17:30	2a	5	8	54s	26. Mrz.	1.1	07:30	0.25a	10	2.8	84s
25. Mrz.	1.2	17:40	2a	5	7	54s	26. Mrz.	1.2	07:40	0.25a	10	2.4	84s
25. Mrz.	2.1	17:50	2a	5	3	54s	26. Mrz.	2.1	07:50	0.25a	10	1.5	84s
25. Mrz.	2.2	18:00	2a	5	4	54s	26. Mrz.	2.2	08:00	0.25a	10	1.6	84s
25. Mrz.	3.1	18:09	2a	5	5	54s	26. Mrz.	3.1	08:09	0.25a	10	2	84s
25. Mrz.	3.2	18:18	2a	5	6	54s	26. Mrz.	3.2	08:18	0.25a	10	1.9	84s
25. Mrz.	4.1	18:27	0.25a	20	0.3	160s	26. Mrz.	4.1	08:27	0.25a	20	0.3	160s
25. Mrz.	4.2	18:37	0.25a	20	0.25	160s	26. Mrz.	4.2	08:37	0.25a	20	0.25	160s

b. Passivsammler

4 Parzellen mit einem Sammler pro Parzelle. Liste würde entsprechend fortgeführt werden.

Düngetermin: T1

Datum: 25.03.2011

Frucht: Gras

Plot	Datum	ID	Uhrzeit	Datum	ID	Uhrzeit	Datum	ID	Uhrzeit	Datum	ID	Uhrzeit
1	25. Mrz.	0	09:30	25. Mrz.	1	13:30	25. Mrz.	2	17:30	26. Mrz.	3	07:30
2	25. Mrz.	0	09:50	25. Mrz.	1	13:50	25. Mrz.	2	17:50	26. Mrz.	3	07:50
3	25. Mrz.	0	10:10	25. Mrz.	1	14:10	25. Mrz.	2	18:10	26. Mrz.	3	08:10
4	25. Mrz.	0	10:30	25. Mrz.	1	14:30	25. Mrz.	2	18:30	26. Mrz.	3	08:30
1		4	:		5	:		6	:		7	:
2		4	:		5	:		6	:		7	:
3		4	:		5	:		6	:		7	:
4		4	:		5	:		6	:		7	:

7. Firmen- und Literaturliste

Firmenliste

Bau Drägerkammern: ca. 400 € (Kammern + Bodenringe)	Fa. Hofmann GmbH Metallindustriewerk Seekoppelweg 6 D-24113 Kiel Telefon +49 (0)431 683906 Fax +49 (0)431 683011 E-mail: metall.hofmann@arcor.de
Ammonium-Elektrode (Orion Ionplus Ammonia Elektrode, BNC, 1m Kabel und Zubehör) ca 1500 €	Webers GmbH Im Erlengrund 28 46149 Oberhausen Fon 0208 / 305 505 0 Fax 0208 / 305 505 55 www.webers.de
Dräger-Röhrchen + Pumpen: Pumpautomat + Pumpe 1200 €, Handpumpe allein deutlich günstiger, 10 Röhrchen 40-50 €	Dräger Safety AG & Co. KGaA Niederlassung Hamburg Albert-Schweitzer-Ring 22 22045 Hamburg, Germany Tel +49 40 66867 118 Fax +49 40 66867 150 janina.loehn@draeger.com
Passiv-Sammler Flaschen (säurebeständig), 100 Stk. 120 €	Dunn Labortechnik GmbH Thelenberg 6 53567 Asbach Tel.: 2683/43094 Fax: 2683/42776 Katalog-Nr.: BGE230P, Azlon Flasche, 250 ml, HDPE, viereckig. (VE = 10 Stk.)
Weiteres Kleingefäß (Scintillationsgefäß PE 60x27 mm) Teflonschlauch: 7 x 1 mm WDG Reduzierverbinder PP 3-5/6-10 Verbinder PP Y-Form 6-7 mm	

Publikationsliste

- Gericke, D., Pacholski A., Kage H.: Measurement of ammonia emissions in multi-plot field experiments, *Biosystems Engineering* (2010), doi:10.1016/j.biosystemseng.2010.11.00
- Kang Ni, Andreas Pacholski, Dirk Gericke, Henning Kage (201x): Analysis of ammonia losses after field application of biogas slurries by an empirical model, *JPNSS* (under review)
- Roelcke, M., Li, S. X., Tian, X. H., Gao, Y. J., & Richter, J. (2002). In situ comparisons of ammonia volatilization from N fertilizers in Chinese loess soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62(1), 73-88.
- Pacholski, A., Cai, G., Nieder, R., Richter, J., Fan, X., Zhu, Z., Roelcke, M. 2006. Calibration of a simple method for determining ammonia volatilization in the field – comparative measurements in Henan Province, China. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 74, 259-273.
- Vandré, R., Kaupenjohann, M., 1998. In Situ Measurements of Ammonia Emissions from Organic Fertilizers in Plot Experiments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 467-473.