

# Ammoniakbelastung OSTLUFT 2000 bis 2006



Dezember 2007

## Impressum

Kurztitel:	Ammoniakbelastung OSTLUFT 2000 bis 2006, Dezember 2007
Berichterstattung und Analysen:	 <p>Lotti Thöni, Eva Seitler FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung Untere Bahnhofstrasse 30, Postfach 1645 CH – 8640 Rapperswil E-Mail: <a href="mailto:fub@fub-ag.ch">fub@fub-ag.ch</a>, <a href="http://www.fub-ag.ch">www.fub-ag.ch</a></p>
Projektleitung	OSTLUFT Arbeitsgruppe Stickstoff-Depositionen Fritz Zürcher, AfU AR (Vorsitz); Markus Meier, AWEL ZH; Jürg Hertz, AfU TG
Titelbild	Station Bachtel (Foto FUB)
Verdankung	Der Dank richtet sich an Personen, welche für den sorgfältigen Probewechsel besorgt waren sowie Fachleute die ergänzende Daten zur Verfügung gestellt haben
Copyright:	Verwendung mit Quellenangabe erlaubt
Bezugsquelle:	Download unter <a href="http://www.ostluft.ch">www.ostluft.ch</a> OSTLUFT, Geschäftsleitung, Stampfenbachstr. 12, Postfach, 8090 Zürich Tel. 043 259 30 18, Fax. 043 259 51 78, E-Mail: <a href="mailto:bestellungen@ostluft.ch">bestellungen@ostluft.ch</a>

# Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Einleitung.....	7
3	Methodisches .....	9
3.1	Messsystem .....	9
3.2	Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionstypen.....	9
3.3	Messstandorte im Überblick.....	10
4	Resultate in der Übersicht .....	11
4.1	Ammoniak .....	11
4.1.1	Jahres- und saisonale Mittelwerte.....	11
4.1.2	Stationenvergleich und Veränderung über die Jahre.....	12
4.1.3	Wirkung von emissionsärmerer Gülleausbringtechnik .....	16
4.1.4	Vergleich zwischen Vegetationsperiode und Winterruhe.....	17
4.1.5	Vergleich mit modellierten Emissionen und Immissionen .....	18
4.2	Stickstoffdioxid .....	19
4.2.1	Jahres-Mittelwerte .....	19
5	Stationsbeschreibung und Einzelresultate .....	20
5.1	APS - Ap.-Steinegg.....	22
5.2	HÄG - Häggenschwil.....	24
5.3	ESCH - Eschlikon.....	26
5.4	MAU - Mauren .....	28
5.5	TAE - Tänikon .....	30
5.6	BA - Bachtel .....	32
5.7	HUD - Hudelmoos.....	34
5.8	SCH - Schänis .....	36
5.9	NO <sub>2</sub> -Resultate nach Standorten.....	38
6	Grundlagen.....	40
6.1	Bestimmung des Ammoniaks in der Aussenluft .....	40
6.2	Passivsammler für Ammoniakmessung.....	40
6.2.1	Zürcher Passivsammler .....	40
6.2.2	Radiello Passivsammler .....	41
	Beide Sammler im Vergleich.....	43
6.2.4	Qualitätssicherung.....	44
6.2.5	Kalibrierung der Zürcher Sammler auf Radiello Sammler.....	46
6.2.6	Grund für den Systemwechsel von Zürcher- zu Radiello-Passivsammler.....	48
6.3	Passivsammler für NO <sub>2</sub> -Messung.....	49
6.4	Berechnung der Jahres- und Saisonmittelwerte.....	50
6.4.1	Berechnung der Jahresmittelwerte .....	50
6.4.2	Berechnung der Saisonmittelwerte .....	50
7	Literatur.....	52
8	Anhang .....	54
8.1	Ammoniak-Messwerte 2006.....	54
8.2	NO <sub>2</sub> -Messwerte 2006 .....	56
8.3	Modellierte Ammoniakkonzentrationen und Emissionen.....	57
8.4	Angaben zu den Messstandorten .....	57



# 1 Zusammenfassung

Zwischen 2000 und 2006 verfolgt OSTLUFT den Verlauf der Ammoniakkonzentrationen an acht unterschiedlich belasteten Standorten in der Ostschweiz: von intensiver Nutztierhaltung bis hin zu abgeschirmten Naturschutzgebieten. Die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen werden an vier Stationen erfasst.

Die gemessenen Ammoniakkonzentrationen wurden durch landwirtschaftliche Ammoniakquellen stark beeinflusst. Die höchsten Konzentrationen wurden in Gebieten mit intensiver Nutztierhaltung gemessen. Die Jahresmittel erreichten dort Werte von 8 - 10  $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ .

Die landwirtschaftlichen Aktivitäten spiegeln sich auch darin, dass in Gebieten mit Viehwirtschaft die Ammoniak-Konzentrationen durch Gülleausbringung saisonal sprunghaft zugenommen haben. In Gebieten mit vorwiegend Ackerbau waren die jahreszeitlichen Schwankungen deutlich weniger ausgeprägt.

Die nach dem BAFU-Modell 2000 aus berechneten Emissionen und ihrer räumlichen Ausbreitung abgeleiteten, örtlichen Ammoniak-Konzentrationen stimmen gut mit den gemessenen Werten überein, nur an Standorten mit intensiver Nutztierhaltung unterschätzt das Modell die tatsächlich gemessene Belastung.

Die Erfassung der Ammoniak-Immissionen bietet eine gute Basis für die Beurteilung von standorttypischen Jahresbelastungen, saisonalen Variationen und längerfristigen Belastungstrends, sowie für die Erfolgskontrolle von Massnahmen zur Emissionsminderung. Die Messungen wurden im Auftrag von OSTLUFT von der FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung vorgenommen.

Aus den bisherigen Untersuchungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Der Ammoniakgehalt der Luft ist ein wichtiger Indikator zur Abschätzung der N-Überlastung (Überdüngung und Versauerung) und der sekundären Aerosolbildung. Er ist zugleich Referenz für die Überprüfung der Wirkung von Entlastungsmassnahmen.
- Die Critical Levels für Langzeitexpositionen mit Ammoniak sind in grossen Teilen des OSTLUFT-Gebietes überschritten.
- Während der Vegetationsperiode sind die Ammoniak-Konzentrationen in der Regel deutlich höher als im Winter.
- Im Einflussbereich intensiver Viehwirtschaft sind die saisonalen Spitzenwerte sehr ausgeprägt und es werden im Jahresmittel drei bis vier Mal höhere Ammoniakkonzentrationen gemessen als im Umfeld von extensiv bewirtschafteten Flächen oder Ackerbau.
- Der konsequente Einsatz einer emissionsarmen Ausbringtechnik (Schleppschlauchverteiler) zum Güllen führte zu einer deutlichen Absenkung der mittleren jährlichen  $\text{NH}_3$ -Konzentration und einem Rückgang saisonaler Spitzenwerte.
- Ammoniakmessungen können stark von lokalen Quellen oder Senken am Messort beeinflusst werden. Die Wahl der Sammlerstandorte ist darum wichtig für eine verlässliche Messung.
- An den ländlichen, siedlungsfernen Standorten wird die Belastung mit gasförmigen Stickstoffverbindungen durch Ammoniak dominiert, der oxidierte Stickstoffanteil in Form von  $\text{NO}_2$  ist untergeordnet.

- Punktuelle Ammoniakmessungen mit Passivsammlern eignen sich gut für die raumübergreifende Beurteilung der Ammoniakbelastung und den Wirkungsnachweis von Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste
- Die Kombination von Konzentrationsmessungen mit emissionsbasierten Hochrechnungen bietet eine raumübergreifende Darstellung der Belastungssituation.

### Ausblick

Die Messungen werden im Jahr 2007 weitergeführt. Das Messnetz soll zur besseren Abdeckung mit wichtigen Standorttypen noch durch einen verkehrsreichen, städtischen Standort ergänzt werden.

## 2 Einleitung

Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) aus Verbrennungsprozessen und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aus der Landwirtschaft verursachen bedeutende Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme wie Wälder, Moore und oligotrophe Stillgewässer. Sie verursachen langfristig eine beschleunigte Bodenversauerung und zum Teil massive und irreversible Verschiebung der Artenzusammensetzung. Die Critical Loads für Stickstoff werden weiträumig — selbst an quellenfernen Standorten — überschritten (UNECE 2003). Die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegen Stürme und Schädlinge nimmt ab. In der Schweiz sind mehr als 90 % der Waldstandorte und rund 55 % der Flächen von weiteren naturnahen Ökosystemen betroffen. (EKL 2005)

Die Ammoniak-Emissionen betragen im Jahr 2000 in der Schweiz 44 kt N. Die Landwirtschaft verursacht 93 % dieser Ammoniakemissionen und ist damit auch die wichtigste Quelle des Stickstoffs überhaupt. Der Verkehr trägt 3 % und Haushalte und Gewerbe 4 % zu den Ammoniakemissionen bei. (EKL 2005)

Ammoniak wird meist quellennah deponiert. Ammoniak ist aber auch als weit-aus wichtigstes Kation an der Bildung von Feinstaub beteiligt. Es bildet mit Säuren – vor allem Salpetersäure aus den Verbrennungsprozessen – Aerosole, die über weite Strecken transportiert werden können. (EKL 2005) Während winterlicher Inversionen konnte gezeigt werden, dass in etwa zwei Drittel des  $\text{PM}_{10}$  aus Ammoniumnitrat und -sulfat bestehen (PSI/uwe 2007).

Für Ammoniak gibt es keinen Immissionsgrenzwert im Anhang 7 der Luftreinhalteverordnung (LRV). Es ist weniger die direkte Belastung mit Ammoniak die schädlich ist, als vielmehr die durch Ammoniak und Ammoniumsalze verursachte Stickstofffracht, wobei Ammonium staubförmig und im Niederschlag gelöst auftritt. Die aus den gemessenen Ammoniakkonzentrationen ableitbaren Stickstofffrachten liegen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten weit über den von der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) festgelegten Critical Loads für Ökosysteme. Damit sind die Behörden durch die LRV verbindlich aufgefordert Massnahmen zur Minderung der durch Ammoniak verursachten übermässigen Stickstofffrachten zu treffen.

Im Rahmen des UNECE Workshops on Atmospheric Ammonia vom Dezember 2006 wurden – auch für die Schweiz verbindliche – Critical Levels für Ammoniak festgelegt, die den Langzeitwirkungen erhöhter Ammoniak-Konzentrationen Rechnung tragen (UNECE 2007):

- $1 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für empfindliche Moose und Flechten und Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen ein wichtiger Teil der Unversehrtheit des Ökosystems sind.
- $3 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $2 - 4 \mu\text{g m}^{-3}$ )  $\text{NH}_3$  für höhere Pflanzen

Zurzeit werden verschiedene Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft geprüft und durchgesetzt: Änderung der Stallsysteme und Tierhaltungsformen, optimierte Güllelagerung, Gülleaufbereitung und Gülleausbringung, Stickstoff optimierte Fütterung und bedarfsgerechte Düngung (Cerc'l'Air 2002, KOLAS 2006, KVU 2006).

Im Hinblick auf einen besseren Schutz empfindlicher Ökosysteme muss mehr über die Belastungssituation und deren Herkunft bekannt sein. Um die regionalen Verhältnisse besser beurteilen zu können, hat sich in den letzten Jahren eine von OSTLUFT eingesetzte Arbeitsgruppe im Rahmen des Projektes N-Depositionen um bessere Grundlagen gekümmert. OSTLUFT sichert die gemeinsame Überwachung der Luftqualität für acht Ostschweizer Kantone und das Fürstentum Liechtenstein.

Auf dem Gebiet der OSTLUFT wird von der FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung die gasförmigen Stickstoffverbindungen Ammoniak an acht und  $\text{NO}_2$  an vier unterschiedlich landwirtschaftlich belasteten Standorten gemessen.

Diese Messungen ermöglichen eine Übersicht über die Ammoniak-Immissionen und leisten einen Beitrag zur Erfolgskontrolle der bereits ergriffenen und noch geplanten Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft (BUWAL 2002, Cercl'Air 2002, KOLAS 2006).

Karten, Bilder und Beschreibungen der Standorte, die gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen sowie die modellierten Emissionen werden in Stationsbeschreibungen (Kap. 5) dargestellt.

Die Ammoniakmessungen aus dem OSTLUFT-Gebiet werden auch im Rahmen der gesamtschweizerischen Überwachung durch das BAFU genutzt (Thöni & Seitler 2007).

## 3 Methodisches

### 3.1 Messsystem

Bis 2003 erfolgte die Probenahme mit dem Zürcher Passivsammler. Anfang 2004 wurde auf Radiello-Passivsammler umgestellt, die eine grössere Austauschfläche aufweisen und damit empfindlichere Messungen erlauben. Die Vergleichbarkeit der beiden Messmethoden wurden durch Parallelmessungen an verschiedenen Standorten nachgewiesen und die Ergebnisse der älteren Messungen mit Zürcher Passivsammler rückwirkend mit einem konstanten Umrechnungsfaktor auf die neue Messmethode umgerechnet. Damit ist die Kontinuität der langen Messreihe gewährleistet.

Die Richtigkeit der Passivsammlermessungen wurde zudem durch den Vergleich mit einer unabhängigen aktiven Messmethode (Denuder) bestätigt. Weitere methodische Absicherungen wurden im Rahmen von internationalen Vergleichsuntersuchungen gewonnen.

### 3.2 Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionstypen

Die Standorte werden auf Grund ihrer unterschiedlichen Bewirtschaftungsart in Belastungstypen eingeteilt (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Einteilung in Belastungstypen für Ammoniak

**Ländlich**, sehr intensiv bewirtschaftet  
**Ländlich**, intensiv bewirtschaftet  
**Ländlich**, extensiv bewirtschaftet

Angelehnt an die Critical Levels für Ammoniak (UNECE 2007) lassen sich die Standorte auch anhand der mittleren Jährlichen Belastung (Jahresmittelwerte für Ammoniak der Jahre 2004 bis 2006) in Immissionstypen einteilen (Tab. 3.2).

Tab. 3.2 Einteilung in Immissionstypen

< 1  $\mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$   
1 – 3  $\mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$   
3 – 5  $\mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$   
5 – 8  $\mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$   
> 8  $\mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$

### 3.3 Messstandorte im Überblick

Seit 2004 verfolgt OSTLUFT die Konzentration von Ammoniak  $\text{NH}_3$  an acht (Appenzell, Häggenschwil, Eschlikon, Mauren, Tänikon, Bachtel, Schänis und Hudelmoos) und von Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  an vier (Appenzell, Häggenschwil, Bachtel und Schänis) unterschiedlich belasteten Standorten in der Ostschweiz. Die genutzten Standorte decken den OSTLUFT-Raum relativ gut ab (Abb. 3.1) und ermöglichen zudem eine gute Differenzierung nach Belastungstyp (Tab. 3.3)

Tab. 3.3 Charakterisierung der Standorte zur Erfassung von gasförmigen Stickstoff-Komponenten

Belastungstyp	Standort	Abk.	Gas	gemessen
Ländlich	<b>Ap.-Steinegg</b>	<b>APS</b>	$\text{NH}_3$	2003 - 2006
Sehr intensiv bewirtschaftet	820 m ü M		$\text{NO}_2$	2003, 2005 - 2006
	<b>Häggenschwil</b>	<b>HÄG</b>	$\text{NH}_3$	2003 - 2006
	555 m ü M		$\text{NO}_2$	2003 - 2006
Ländlich	<b>Eschlikon</b>	<b>ESCH</b>	$\text{NH}_3$	2002 - 2006
Intensiv bewirtschaftet	575m ü M			
	<b>Mauren</b> (Kant. Messstation)	<b>MAU</b>	$\text{NH}_3$	2000 - 2006
	439 m ü M			
	<b>Tänikon</b> (NABEL-Messstation)	<b>TAE</b>	$\text{NH}_3$	2000 - 2006
	540 m ü M			
Ländlich	<b>Bachtel</b> Hinterer Sennenberg	<b>BA</b>	$\text{NH}_3$	1994-98, 2000-06
Extensiv bewirtschaftet	930 m ü M		$\text{NO}_2$	2004-2006
	<b>Hudelmoos</b>	<b>HUD</b>	$\text{NH}_3$	2001 - 2006
	520 m ü M	<b>3</b>		
	<b>Schänis</b> (WSL-Messstation)	<b>SCH</b>	$\text{NH}_3$	2000, 2002 - 2006
	630 m ü M		$\text{NO}_2$	2000, 2002 - 2006

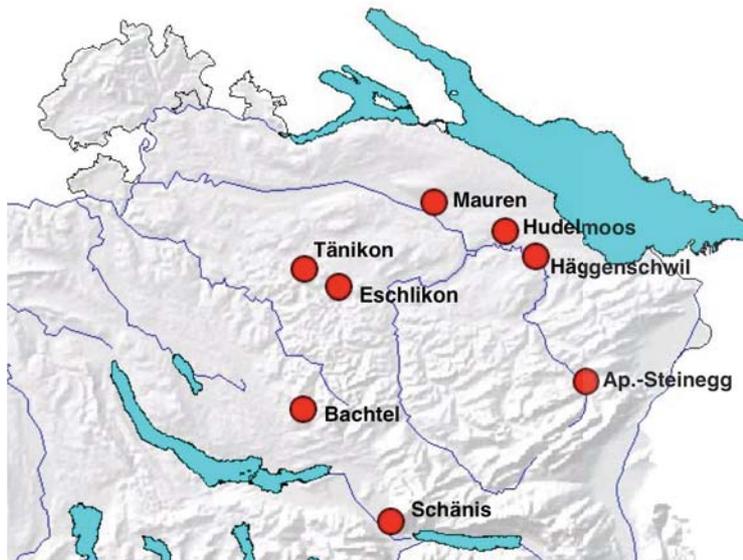


Abb. 3.1 Die Messstandorte

## 4 Resultate in der Übersicht

### 4.1 Ammoniak

#### 4.1.1 Jahres- und saisonale Mittelwerte

In Tabelle 4.1 sind die Jahres- und Saison-Mittelwerte sowie die Mittelwerte der Vegetationsperiode der Ammoniakkonzentrationen aufgelistet.

Grundlagen zu den Berechnungen der Jahres- und Saisonmittelwerte in Kap. 6.4.

Code	Jahresmittel							Wintermittel Dezember des Vorjahres, Januar, Februar							Mittelwert der Vegetationsperiode März - November								
	$\mu\text{g m}^{-3}$							$\mu\text{g m}^{-3}$							$\mu\text{g m}^{-3}$								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
Ap.-Steinegg	APS			11.9	8.8	9.6	<b>10.9</b>					6.0	5.2	<b>6.2</b>					13.8	10.1	10.9	<b>12.3</b>	
Häggenschwil	HÄG				9.5	8.1	7.5	<b>8.6</b>						4.7	6.2	<b>2.6</b>				11.1	8.4	8.9	<b>10.3</b>
Eschlikon	ESCH			4.0	5.5	5.9	5.5	<b>5.2</b>				1.9	2.9	3.3	<b>2.6</b>				4.3	6.5	6.7	6.2	<b>6.0</b>
Mauren	MAU	4.0	4.3	3.4	5.0	5.4	5.5	<b>6.4</b>	2.7		2.9	2.8	4.3	3.2	<b>3.2</b>	4.5	4.4	3.4	5.7	5.7	6.2	<b>7.5</b>	
Tänikon	TAE	3.9	4.4	4.1	6.5	5.7	5.7	<b>5.3</b>	2.6		3.1	3.9	4.2	4.1	<b>3.0</b>	4.3	4.5	4.2	7.4	6.1	6.4	<b>5.9</b>	
Bachtel	BA	2.2	2.5	2.3	2.5	1.7	1.7	<b>2.5</b>	0.5	1.4	1.2	0.4	0.5	0.8	<b>0.5</b>	2.4	3.1	2.7	3.1	2.0	2.1	<b>3.2</b>	
Hudelmoos	HUD 3		3.4	2.4	2.5	2.0	2.2	<b>2.6</b>			1.5	1.2	0.8	1.3	<b>1.3</b>		4.0	2.7	3.0	2.3	2.5	<b>2.9</b>	
Schänis	SCH	1.7		2.1	3.3	2.2	1.8	<b>1.9</b>	0.7			1.1	1.0	1.0	<b>0.7</b>	2.0		2.2	4.0	2.5	2.2	<b>2.2</b>	

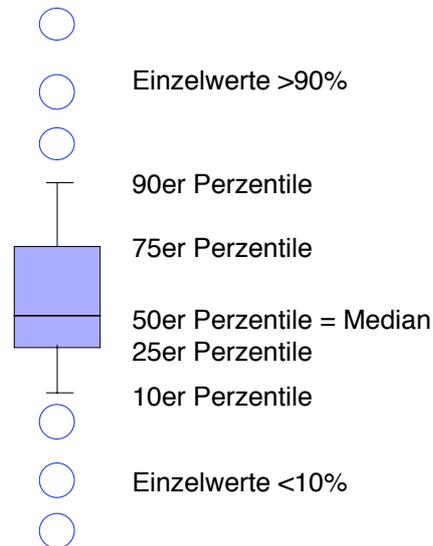
  

Code	Frühlingsmittel März, April, Mai							Sommermittel Juni, Juli, August							Herbstmittel September, Oktober, November									
	$\mu\text{g m}^{-3}$							$\mu\text{g m}^{-3}$							$\mu\text{g m}^{-3}$									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
Ap.-Steinegg	APS			15.6	8.9	10.5	<b>9.1</b>					13.0	10.9	9.9	<b>15.0</b>				12.7	10.4	12.2	<b>12.6</b>		
Häggenschwil	HÄG				10.7	7.6	8.2	<b>7.7</b>					14.0	10.7	11.3	<b>13.8</b>				8.6	6.8	7.3	<b>9.3</b>	
Eschlikon	ESCH			4.8	7.8	6.7	5.7	<b>4.2</b>				5.2	7.4	7.1	7.0	<b>7.2</b>				2.9	4.3	6.2	5.8	<b>6.5</b>
Mauren	MAU	5.2	4.9	3.9	7.1	6.0	6.7	<b>6.9</b>	4.4	5.0	3.7	6.1	5.6	6.1	<b>8.7</b>	3.9	3.5	2.5	3.8	5.4	5.6	<b>6.8</b>		
Tänikon	TAE	4.5	5.4	5.6	7.6	6.9	6.5	<b>4.7</b>	3.7	4.1	4.2	7.9	5.6	6.4	<b>6.5</b>	4.7	4.1	2.8	6.7	5.9	6.4	<b>6.4</b>		
Bachtel	BA	2.8	2.2	2.9	3.9	1.7	2.4	<b>2.6</b>	2.7	4.4	4.0	4.0	2.5	2.1	<b>4.6</b>	1.8	2.6	1.0	1.5	1.7	1.8	<b>2.3</b>		
Hudelmoos	HUD 3		2.6	3.6	3.6	2.4	3.4	<b>2.8</b>			6.6	3.3	3.6	2.7	2.5	<b>3.4</b>		2.9	1.2	1.7	1.7	<b>2.7</b>		
Schänis	SCH	2.4		2.6	3.3	2.7	2.4	<b>1.9</b>	2.0		2.4	5.6	2.8	2.0	<b>2.9</b>	1.5		1.6	3.2	1.9	2.1	<b>1.8</b>		

Tab. 4.1 Jahres- und Saison-Mittelwerte (gewichtet) von 2000 bis 2006 in  $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ ,

#### 4.1.2 Stationenvergleich und Veränderung über die Jahre

In einigen Grafiken werden die Resultate als Boxplots dargestellt, darin sind die 10er, 25er, 50er (Median), 75er und 90er Perzentilen angegeben. Der Interquartilsbereich, zwischen den 25er und 75er Perzentilen gibt Auskunft über die Länge der Box. Werte oberhalb der 90er Perzentile resp. unterhalb der 10er Perzentile sind als Einzelpunkte eingezeichnet (siehe unten).



Die Abbildungen sollen einerseits den Vergleich unter den Stationen besser sichtbar zu machen, andererseits die Entwicklung über mehrere Jahre aufzeigen. Berücksichtigt wurden die Stationen an denen im Jahr 2006 gemessen wurde. Die Sammelintervalle lagen in der Regel bei zwei oder vier Wochen. Für die Auswertung wurden innerhalb eines Standortes soweit möglich für alle Jahre die gleich langen Intervalle verwendet. Die Dauer der Sammelintervalle beeinflusst das Bild der Extremwerte, bei Bezug auf längere Intervalle, wie Vierwochenperioden werden Spitzenwerte stärker ausgemittelt.

Die Konzentrationsskala wurde bei allen Boxplotgrafiken gleich dimensioniert, um einen Vergleich unter den Stationen zu erleichtern, d.h. bei den drei Standorten mit vielen Werten höher als  $15 \mu\text{g m}^{-3}$  wurde die Skala erweitert, aber auch die Grafik um diesen Anteil vergrößert.

Belastungstyp: **Ländlich**, sehr intensiv bewirtschaftet;  
 Immissionstyp:  $> 8 \mu\text{g m}^{-3}$

An stark landwirtschaftlich beeinflussten Stationen unterhalb 900 m ü. M wurden Jahresmittelwerte von mehr als  $8 \mu\text{g m}^{-3}$  erfasst. An diesen Standorten – Häggenschwil und Ap.-Steinegg umfasst der Innerquartilbereich ca  $8 \mu\text{g m}^{-3}$  (Abbildung 4.1)

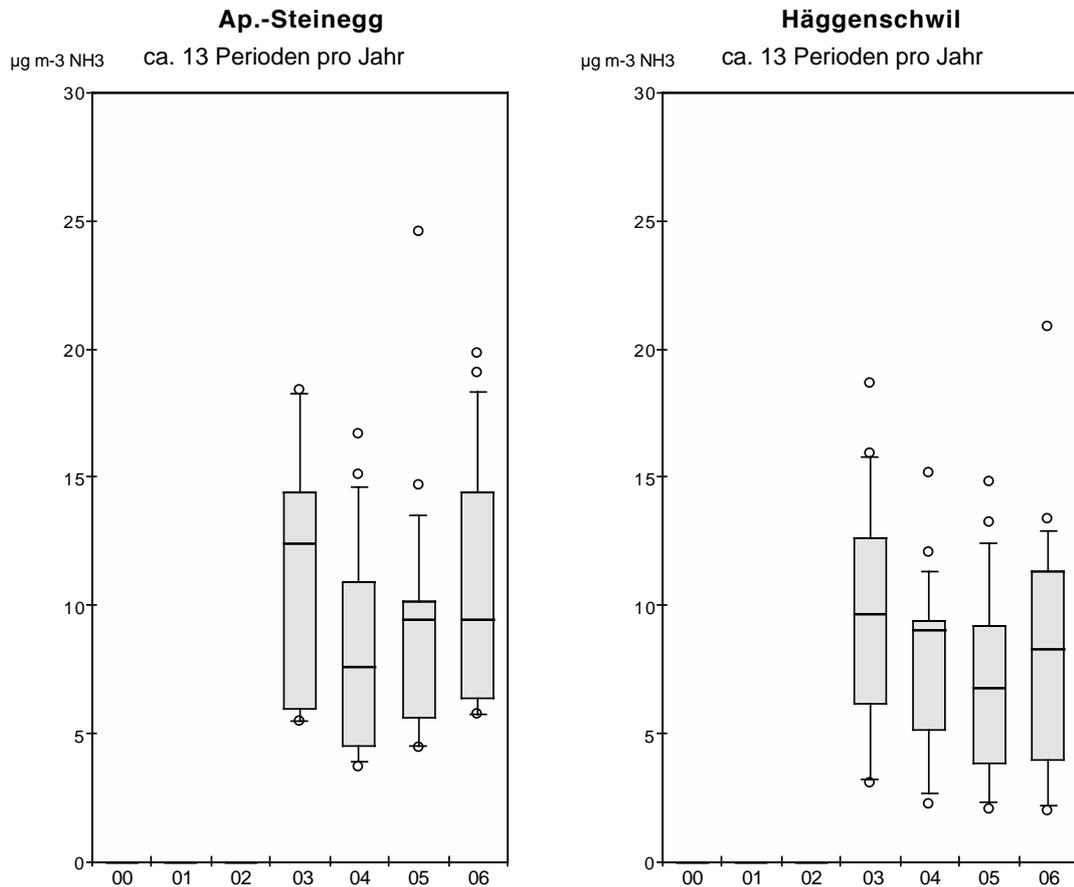


Abb. 4.1 Einzelwerte der vier Messjahre von Ap.-Steinegg und Häggenschwil als Boxplots (je ca. 13 Perioden pro Jahr)

Belastungstyp: **Ländlich**, intensiv bewirtschaftet;  
 Immissionstyp:  $5 - 8 \mu\text{g m}^{-3}$

An Standorten mit intensiver Landwirtschaft, Eschlikon, Tänikon und Mauren, wurden Jahresmittelwerte von 4 bis  $6 \mu\text{g m}^{-3}$  gemessen. Der Interquartilsbereich umfasst 3 bis  $5 \mu\text{g m}^{-3}$ . Die seit 2003 beobachtete Zunahme der Median-Werte gegen  $5 \mu\text{g m}^{-3}$  und darüber ist mit der zunehmenden Intensivierung und dem erweiterten Angebot von Bewegungsflächen erklärbar.

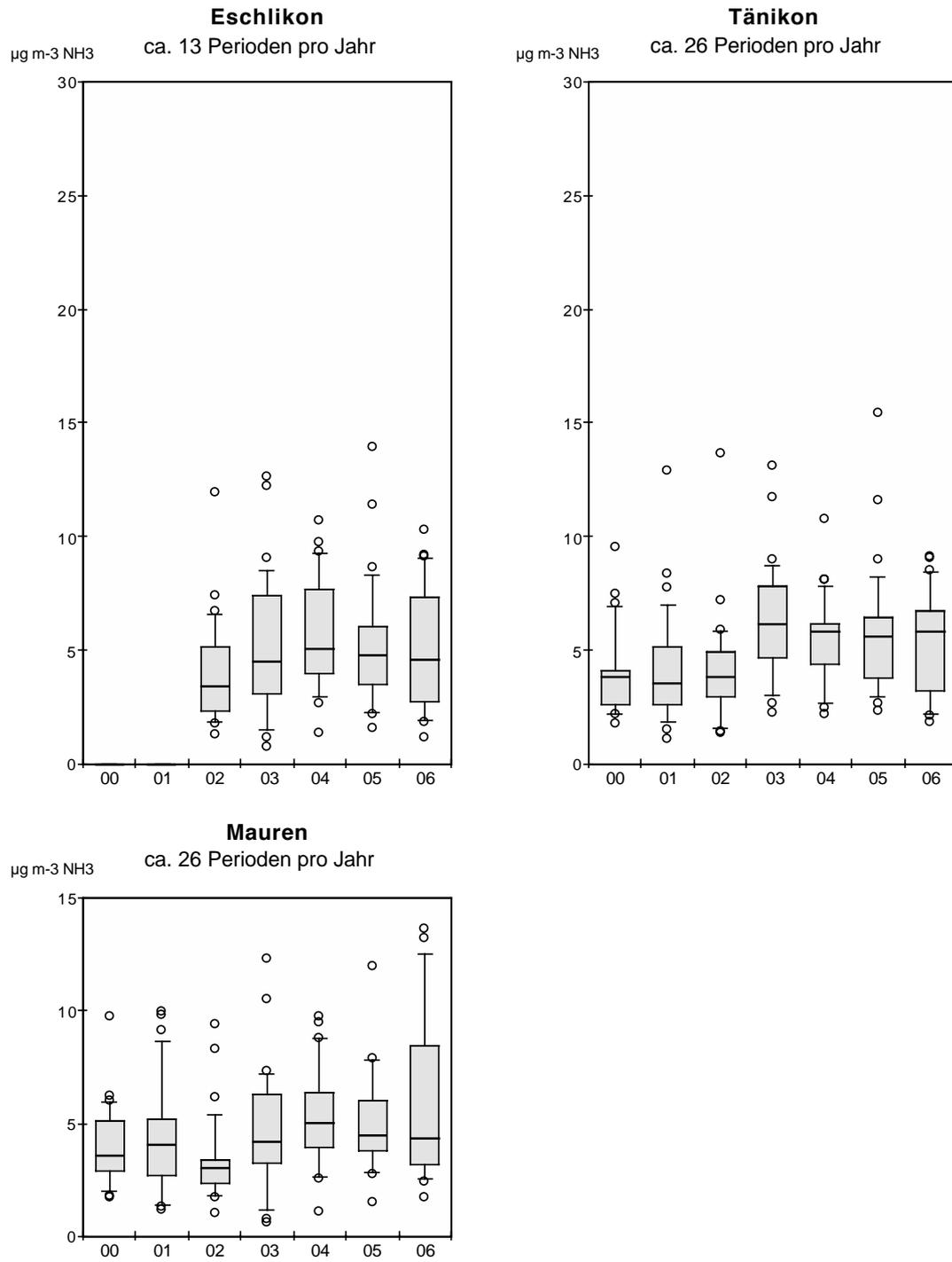


Abb. 4.2 Einzelwerte der fünf Messjahre von Eschlikon (13 Perioden pro Jahr) und der sieben Messjahre von Tänikon und Mauren (26 Perioden pro Jahr) Hudelmoos als Boxplots

Belastungstyp: **Ländlich**, extensiv bewirtschaftet;  
 Immissionstyp: **1 – 3  $\mu\text{g m}^{-3}$**

An extensiv bewirtschafteten Stationen – Bachtel, Schänis und Hudelmoos – wurden Jahresmittelwerten von 1 bis 3  $\mu\text{g m}^{-3}$  gemessen (Abbildung 4.3). Im Umfeld der Messstation Bachtel wurde die Technik der Gülleausbringung verändert, zwischen April 2003 bis Mai 2006 wurde mit Schleppschlauch gegüllt, vorher und nachher mit Breitverteiler (Kap. 4.1.3).

Aufgrund ihrer besonderen Lage sind die Stationen Schänis und Hudelmoos von direkten Emissionen aus der Landwirtschaft abgeschirmt, Spitzenwerte fehlen (Verlauf in Kap. 5).

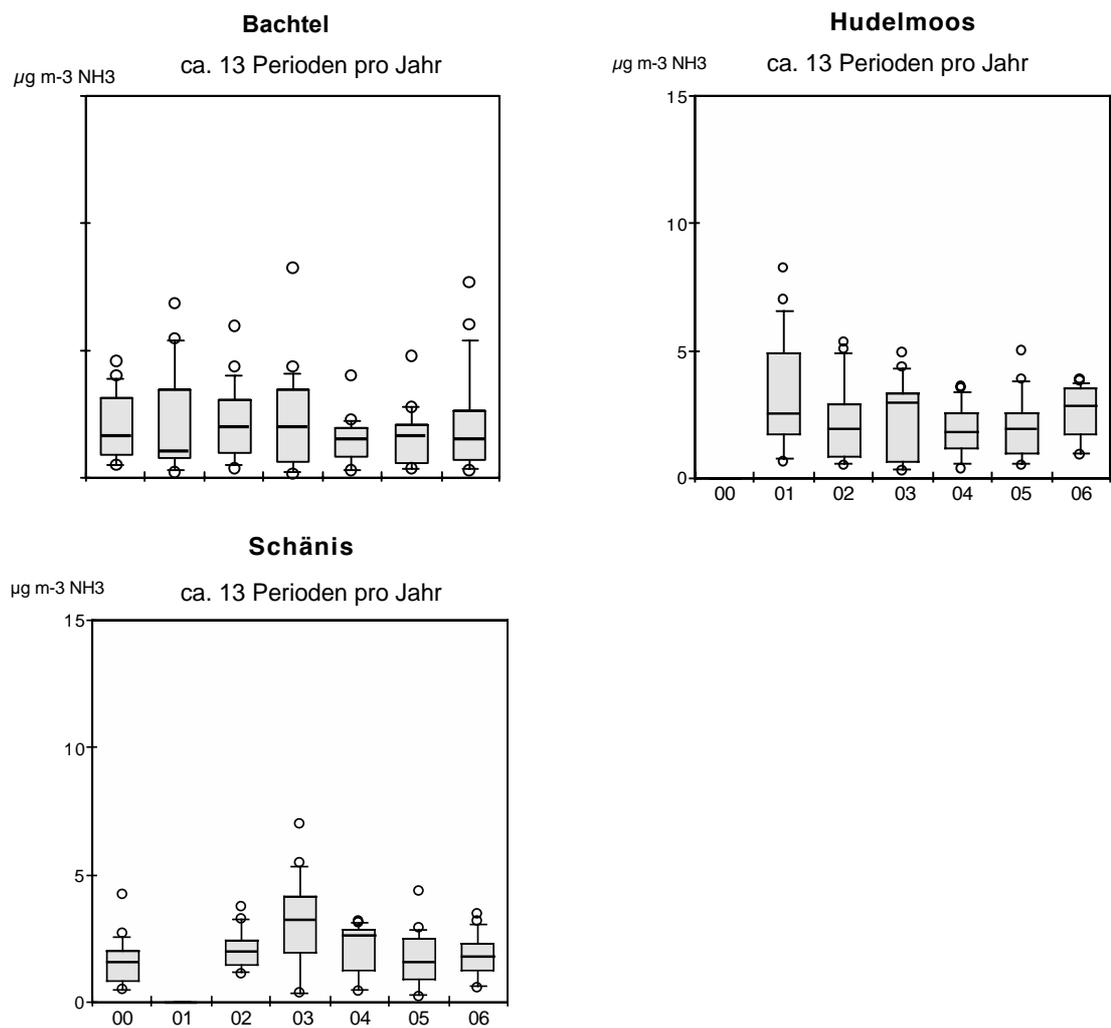


Abb. 4.3 Einzelwerte der sechs Messjahre von Schänis und Hudelmoos und der sieben Messjahre von Bachtel als Boxplots (je ca. 13 Perioden pro Jahr)

### 4.1.3 Wirkung von emissionsärmerer Gülleausbringtechnik

Bei der Station Bachtel wurde mit Ausnahme des Jahres 1999 seit 1993 Ammoniak gemessen. Die Immissionsmessungen zeigten zwischen 1993 und 2006 keine signifikante Tendenz zu einer Ab- oder Zunahme. Die Schwankungen der Jahresmittelwerte lagen im Bereich von  $1.6 - 2.6 \mu\text{g m}^{-3}$  (Abb. 4.4).

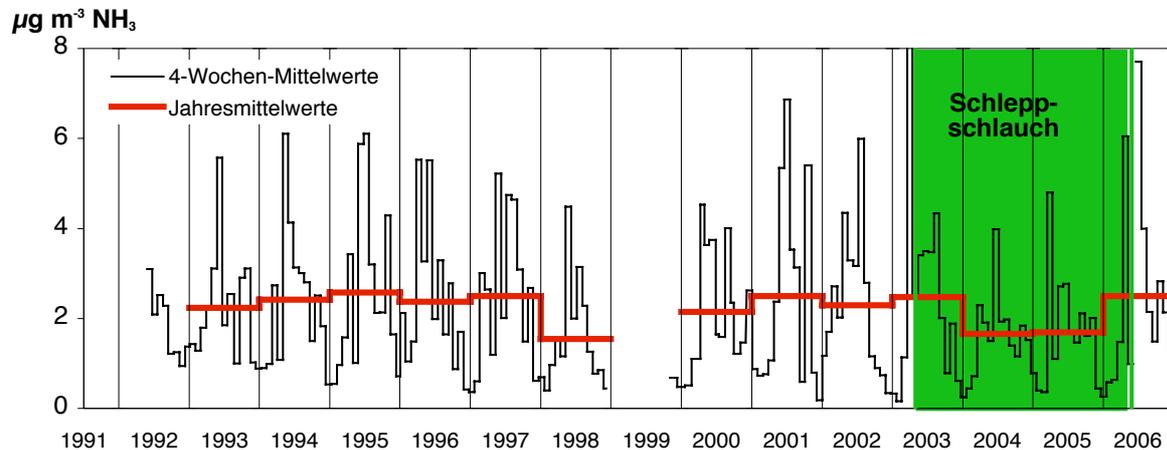


Abb. 4.4 Ammoniak gemessen bei der Station Bachtel. Grüne Fläche: von April 2003 bis Mai 2006 wurde mit Schleppschlauch-System gegüllt, vorher und nachher mit Breitverteiler-System.

Nach Auskunft von Christian Knecht, Bauer bei der Station Bachtel, sind Menge und Häufigkeit der Gülleausbringung und Anzahl Vieheinheiten seit Messbeginn ungefähr gleich geblieben. Das Verfahren zur Gülleausbringung wurde jedoch gewechselt. Von April 2003 bis Mai 2006 wurde mit dem Schleppschlauchverfahren gegüllt, vorher und nachher (wegen Defekt am Schleppschlauch) mit Breitverteiler. Während der Düngung mit Schleppschlauch waren die gemessenen Maximal- und die Jahresmittelwerte deutlich tiefer als während der Düngung mit Breitverteiler.

In Abbildung 4.5 werden die saisonalen Ammoniakkonzentrationen der Stationen Bachtel mit den entsprechenden Werten des ähnlich belasteten Standortes Muri verglichen. In den Jahren mit konventioneller Gülleausbringung waren die Sommermittelwerte auf dem Bachtel zwischen 2 und 40 % höher als in Muri, in den Jahren mit Schleppschlauchaustrag waren die Sommermittelwerte auf dem Bachtel hingegen 25 bis 40 % tiefer als in Muri. Dieser Befund zeigt, dass sich die Ammoniak-Emissionen mit dem Schleppschlauchverfahren deutlich mindern lassen.

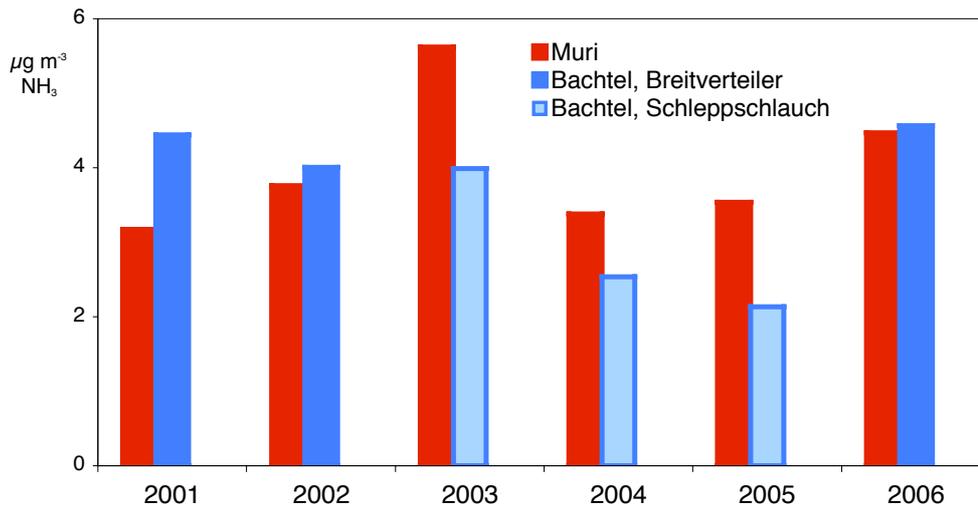


Abb. 4.5 Vergleich der Sommer-Mittelwerte (Juni - August) bei der Station Muri und bei der Station Bachtel  
 Gülleausbringung auf dem Bachtel mit Breitverteiler: 2001, 2002 und 2006;  
 mit Schleppschauch: 2003 bis 2005

#### 4.1.4 Vergleich zwischen Vegetationsperiode und Winterruhe

Die Ammoniakkonzentrationen der Vegetationsperiode (März bis November eines Jahres) wurden mit derjenigen der Winterruhe (Dezember vom Vorjahr, Januar, Februar) verglichen.

In der Regel sind die Ammoniakkonzentrationen während der Vegetationsperiode höher als während der Winterruhe. Besonders deutlich zu sehen im Jahr 2003, wo die Temperaturen während der Vegetationsperiode aussergewöhnlich hoch waren (Abb. 4.6). Standorte in Gebieten mit intensiver Nutztierhaltung weisen meist auch während der Winterruhe hohe Ammoniakimmissionen auf (Abb. 4.6).

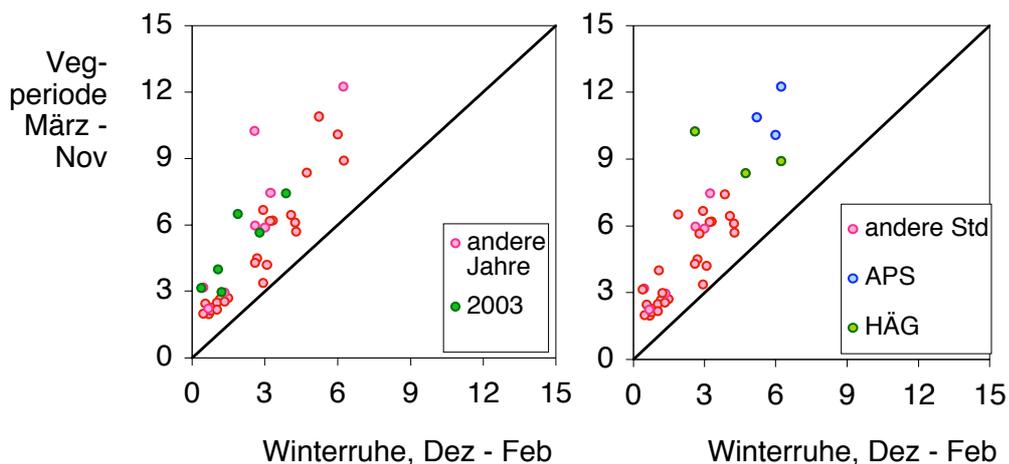


Abb. 4.6 Vergleich der Ammoniakkonzentrationen während der Winterruhe (Dezember bis Februar) mit der Vegetationsperiode (März bis November) eines Jahres an allen gemessenen Standorten in  $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ . Hervorgehoben sind links die Messwerte von 2003, rechts die Standorte mit den höchsten Ammoniakimmissionen

#### 4.1.5 Vergleich mit modellierten Emissionen und Immissionen

Die gemessenen Ammoniak-Konzentrationen der Jahre 2000 bis 2006 wurden mit Ammoniak-Emissionen im Umfeld der Messtationen verglichen. Dazu wurden Daten aus Emissionskarten verwendet, die sich auf folgende Basis abstützen (genauer bei Thöni et al. 2004):

- Tierbestand für jeden Betrieb (Betriebszählung 2000, Bundesamt für Statistik)
- aktivitätsspezifische Emissionsfaktoren (Reidy et al. 2007)
- Übrige Quellenbeiträge gemäss Bodennutzung (Arealstatistik 1992/97, Bundesamt für Statistik)

In Abbildung 4.7a) werden die gemessenen Jahresmittelwerte mit den Emissionsbeiträgen aus dem unmittelbaren Umfeld verglichen (Summe der Emissionen im Radius von 0.5 km um die Station). Ein ausgeprägter Einfluss der lokalen Quellen ist an den Stationen Tänikon (TAE), Eschlikon (ESCH) und Bachtel (BA) anzunehmen. Kaum durch Emissionen aus bekannten beeinflusst sind dagegen die Standorte Schänis (SCH) und Hudelmoos (HUD 3).

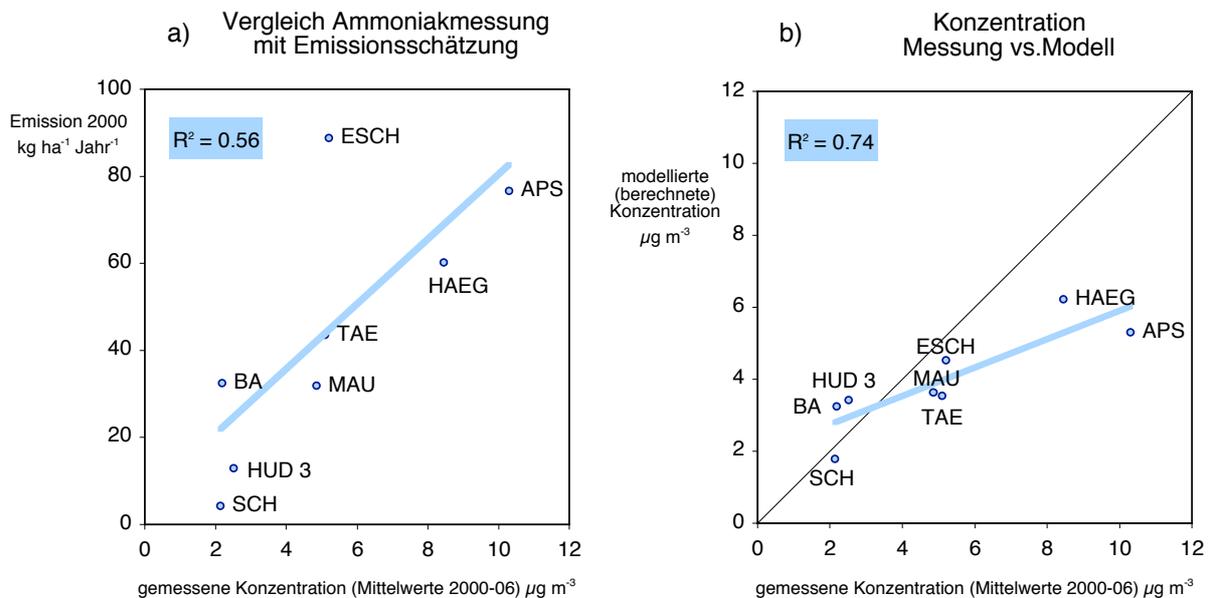


Abb 4.7 a) Vergleich der mittleren Ammoniak-Konzentration (Jahre 2000 - 2006, wenn vorhanden) mit den Emissionen am jeweiligen Standort (Grundlage Jahr 2000). Berücksichtigt sind die Emissionen im Radius von 0.5 km um die Station.  
b) Vergleich der gemessenen mit den modellierten Konzentrationen (Emissionsdatengrundlage 2000)

Mit einem Modell, in dem neben der Emissionsdichte auch die Ausbreitung, Deposition und Umwandlung in andere Komponenten berücksichtigt wird, wurde die Konzentration am jeweiligen Standort rechnerisch abgeschätzt (Abb. 4.7b Thöni et al. 2004).

In Steinegg-Appenzell (APS) erreichten die modellierten Konzentrationen nur rund die Hälfte der gemessenen Konzentrationen. Diese Station liegt teilweise nahe bei Punktquellen (Nutztierhaltungsbetriebe in 200 m Abstand), was vom gesamtschweizerischen Modell kaum nachgebildet werden kann. Die Emissionsmodellierung bezieht sich auf das Jahr 2000.

Hohe Konzentrationen mit klaren Quelleneinflüssen werden mit dem Modell eher unterschätzt. Die Konzentrationsvariationen der verschiedenen Bezugsjahre sind in der Regel gering.

## 4.2 Stickstoffdioxid

### 4.2.1 Jahres-Mittelwerte

Die Jahresmittel der Stickstoffdioxidkonzentrationen sind in Tabelle 4.2 aufgelistet. Die vier Standorte Ap.-Steinegg, Häggenschwil, Bachtel und Schänis sind strassenfern und weisen niedrige NO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Tänikon sind wegen der Nähe zu einer Landstrasse höher als an den anderen untersuchten Standorten, aber immer noch deutlich unter dem LRV-Grenzwert.

Tab. 4.2 Jahres-Mittelwerte (gewichtet) von 2000 bis 2006 in  $\mu\text{g m}^{-3}$  NO<sub>2</sub>

	Code	Jahresmittel						
		NO <sub>2</sub> -Konzentrationen in $\mu\text{g m}^{-3}$						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	<b>2006</b>
Ap.-Steinegg	APS				7.3		7.6	<b>7.7</b>
Häggenschwil	HÄG				10.6	9.6	10.0	<b>11.3</b>
Tänikon*	TAE	15	13	14	16	15	15	<b>16</b>
Bachtel	BA					5.2	5.8	<b>5.5</b>
Schänis	SCH	6.6		6.4	7.0	6.5	6.3	<b>7.4</b>

Quelle: Daten der Station Tänikon stammen aus kontinuierlichen Messungen des NABEL (BAFU 2007)

## 5 Stationsbeschreibung und Einzelresultate

In diesem Kapitel werden für jede Station ein Stationsblatt mit Kartenausschnitt, Fotos, Kurzbeschreibung, geschätzten Emissionen in der Umgebung, gemessenen Ammoniakkonzentrationen als Jahresmittelwerte und Saisonmittelwerte und Einzelwerten in einer Verlaufskurve dargestellt.

Abkürzungen und Definitionen:

Immissionstypen:	Ammoniak-Jahresmittelwerte der Jahre 2004 bis 2006, Unterteilung in: $< 1 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ $1 - 3 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ $3 - 5 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ $5 - 8 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ $> 8 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$
Belastungstypen:	Standorteinteilung auf Grund der unterschiedlichen Bewirtschaftungsart: <b>Ländlich</b> , sehr intensiv bewirtschaftet <b>Ländlich</b> , intensiv bewirtschaftet <b>Ländlich</b> , extensiv bewirtschaftet
GVE	Tiere als Anzahl Grossvieheinheiten auf Bauernhöfen im Umkreis von 500 m der Station, wo vorhanden gemäss Angaben des Betreibers (fett), sonst gemäss Standorten und Tierzahlen der landw. Betriebszählung 2000 des BFS.
Strassenabstand:	Strassen im Umkreis von 200 m mit mehr als 2000 Fahrzeugen pro Tag
Verkehr DTV (%LKW):	Durchschnittlicher täglicher Verkehr mit Lastwagenanteil in Prozent
Siedlungsgrösse:	Siedlungen, die in die Zone von 500 m um die Station hineinreichen, Unterteilung in: — keine Einwohner Einzelgebäude, Einzelhöfe Weiler $< 1'000$ Einwohner kleines Dorf $1'000 - 3'000$ Einwohner grosses Dorf $3'000 - 10'000$ Einwohner Kleinstadt $10'000 - 50'000$ Einwohner Stadt $> 50'000$ Einwohner

Ammoniakemissionen:

Für die ganze Schweiz wurde die räumliche Verteilung der Ammoniak-Emissionen unter Verwendung folgender Informationen im Hektarraster modelliert (genauerer bei Thöni et al. 2004):

- Lage der Emittenten, (Landwirtschaftsbetriebe, Bodennutzung, Strassen)
- Koordinaten, Flächen und Tierbestand für jeden Bauernbetrieb (Betriebszählung 2000, Bundesamt für Statistik)
- Aktivitätsspezifische Emissionsfaktoren (Reidy et al. 2007)
- Hektarraster der Bodennutzung (Arealstatistik 1992/97, Bundesamt für Statistik)

Aus diesen Emissionskarten wurden um jede Station die Ammoniak-Quellen im Radius von 0.5 km und 2.5 km ermittelt, aufgeschlüsselt nach Beiträgen durch Landwirtschaft, Haushalt und Industrie/Gewerbe sowie Verkehr.

Die Emissionen haben das Bezugsjahr 2000.

Kalendergerechte Bezugskonzentrationen:

Die Jahresmittelwerte beziehen sich auf das Kalenderjahr, dazu wurden die Messperioden über den Jahreswechsel jeweils entsprechend aufgeteilt. Dasselbe Vorgehen wurde für die Saisonwerte benutzt:

- Winter: Dezember des Vorjahrs, Januar, Februar
- Frühling: März, April, Mai
- Sommer: Juni, Juli, August
- Herbst: September, Oktober, November

Mittelwerte (Jahres- und Saisonmittelwerte) wurden dann berechnet, wenn die zugehörige mindestens 80 % des notwendigen Zeitfensters abdeckt. Berechnungsgrundlagen der Jahres- und Saisonmittelwerte sind in Kap. 6.4. enthalten.

## 5.1 APS - Ap.-Steinegg

## Ap.-Steinegg (Appenzell AI)

### APS

Betreiber: OSTLUFT

Immissionstyp  
**> 8**  
 $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$

Belastungstyp

**Ländlich,**  
sehr intensiv  
bewirtschaftet

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

**750.83 / 243.70**

**820 m ü. M.**

265 GVE

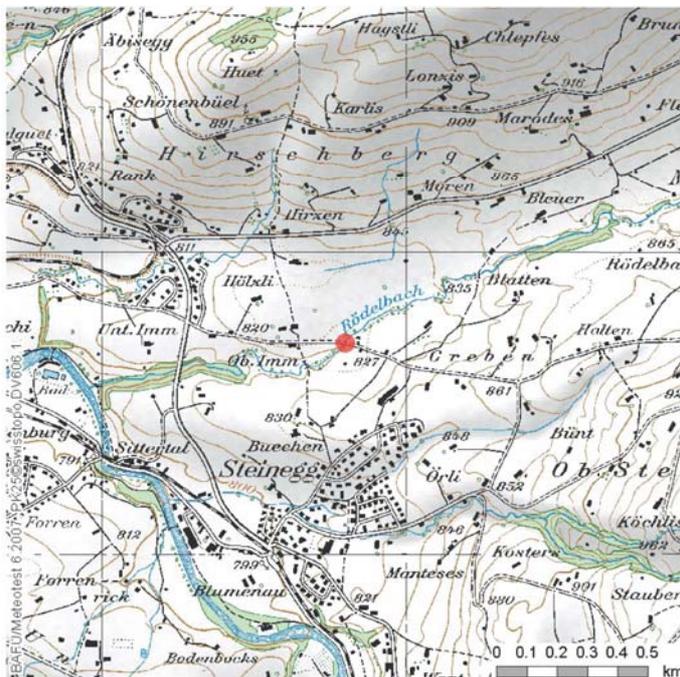
—

—

Weiler

1.7 m

intensive Tier-  
haltung, Wiesen



Lage zwischen Hauptquellen



Messtelle N-Deposition



Schweinegestall ESE



Messtelle und Geflügelstall  
auf Anhöhe W

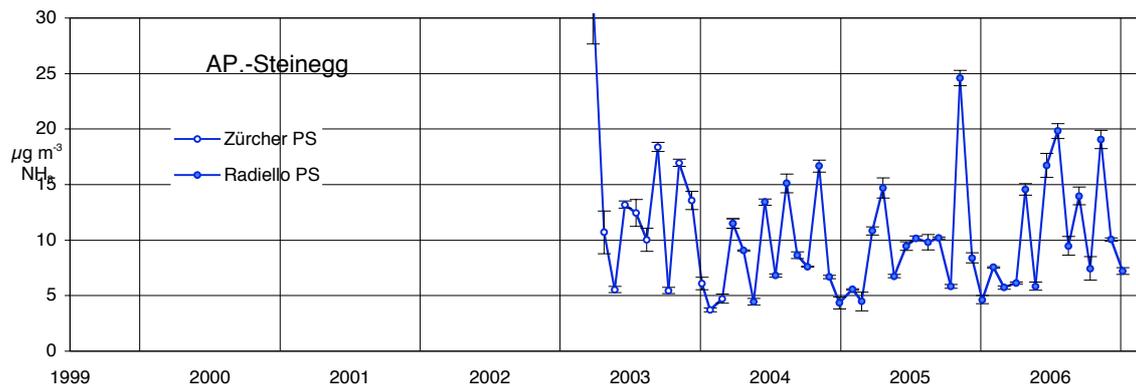
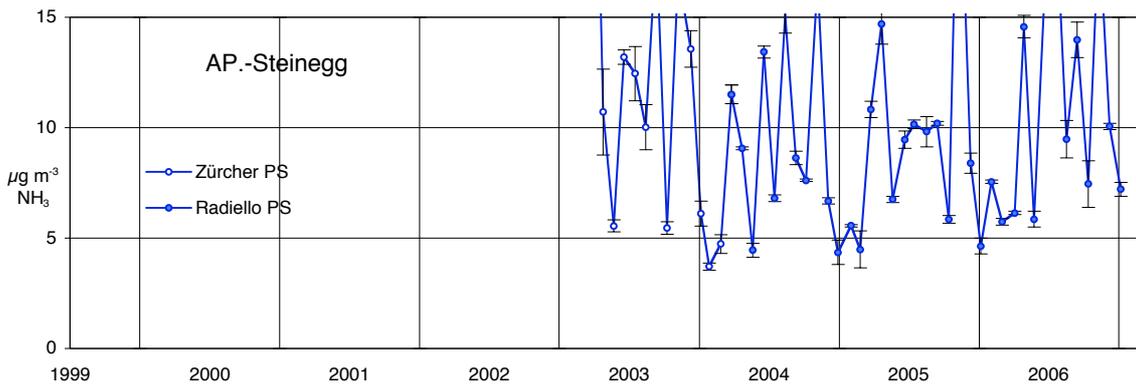
Kurzbeschreibung der Station AP.-Steinegg

Die Messtelle liegt im Vorgarten eines Einfamilienhauses angrenzend an eine Nebenstrasse. In je 200 m Entfernung befinden sich ein Schweinestall und ein Geflügelstall. Die landwirtschaftliche Nutzung ist als intensiv zu bezeichnen.

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* Radius um Station	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	76.1	0.6	0.0	76.7	
2.5	48.8	1.0	0.0	49.8	

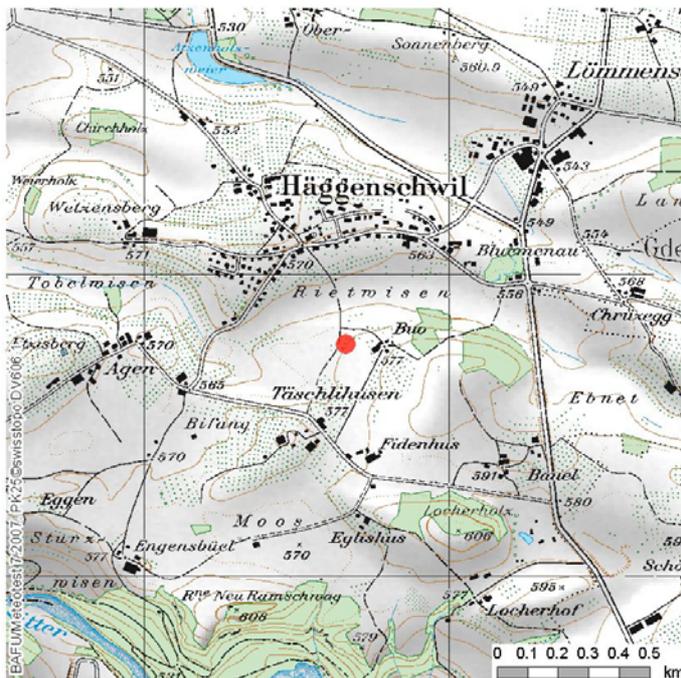
Jahr	Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$					Anz. Messperioden
	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	
2003	11.9		15.6	13.0	12.7	13
2004	8.8	6.0	8.9	10.9	10.4	14
2005	9.6	5.2	10.5	9.9	12.2	12
2006	10.9	6.2	9.1	15.0	12.6	13



Grafik unten mit auf  $30 \mu\text{g m}^{-3} \text{ NH}_3$  erweiterter Skala

## 5.2 HÄG - Häggenschwil

<b>Häggenschwil (SG)</b>	Immissionstyp	Koordinaten:	<b>743.66 / 261.77</b>
	<b>&gt; 8</b> $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Höhe:	<b>555 m ü.M</b>
<b>HÄG</b> Betreiber: OSTLUFT	Belastungstyp	Landwirtschaft:	100 GVE
		Strassenabstand:	—
		Verkehr DTV (%LKW):	—
		Siedlungsgrösse:	Weiler
	<b>Ländlich,</b> sehr intensiv bewirtschaftet	Höhe über Boden:	1.7
		direkte Umgebung:	Intensive Tierwirtschaft



Messtelle N-Deposition



Blick Richtung ESE Rinderstall

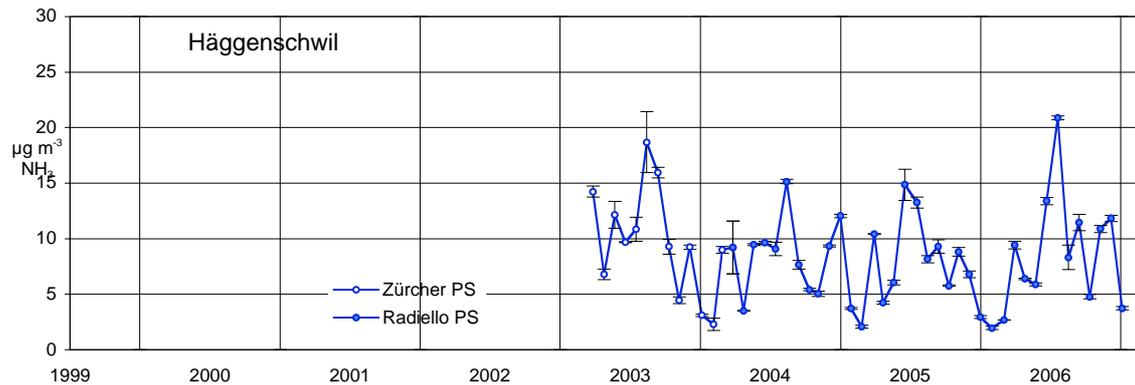
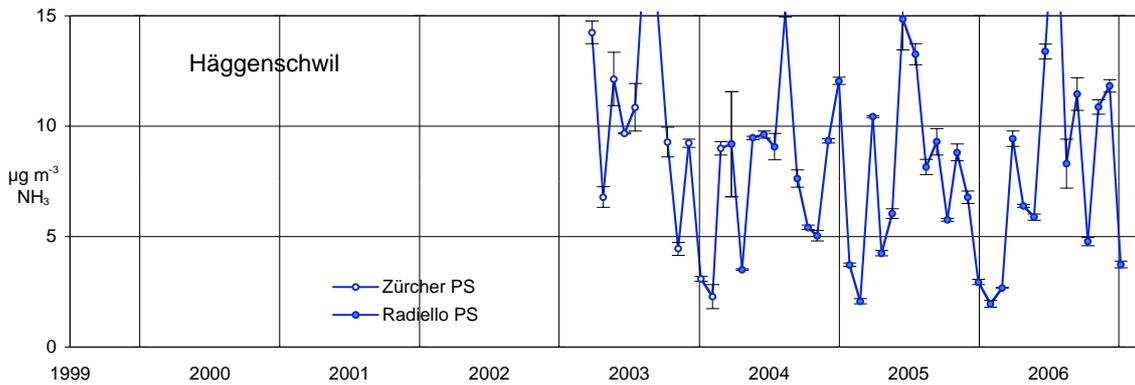
Kurzbeschreibung der Station Häggenschwil

Messtelle am Rand eines Flurweges inmitten von Weideland, angrenzend an Ackerbauflächen. Die landwirtschaftliche Bewirtschaftung kann als intensiv bezeichnet werden (Rinderhaltung 200m Schweinestall 500m).

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* Radius um Station
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total
0.5	59.2	1.0	0.0	60.2
2.5	60.1	0.0	0.0	60.1

Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2003	9.5		10.7	14.0	8.6	13
2004	8.1	4.7	7.6	10.7	6.8	14
2005	7.5	6.2	8.2	11.3	7.3	13
2006	8.6	2.6	7.7	13.8	9.3	12

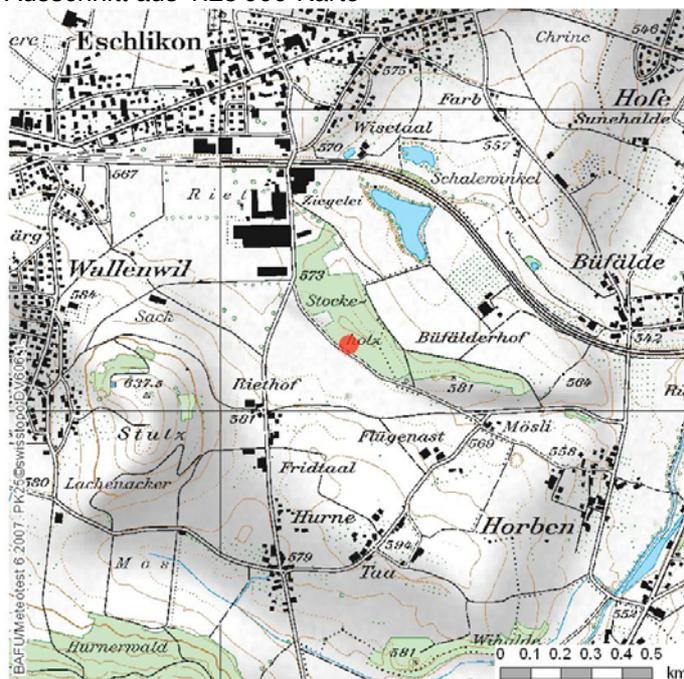


Grafik unten mit auf  $30 \mu\text{g m}^{-3} \text{ NH}_3$  erweiterter Skala

## 5.3 ESCH - Eschlikon

<b>Eschlikon (TG)</b>	Immissionstyp	Koordinaten:	<b>715.42 / 257.22</b>
	<b>5 – 8</b>	Höhe:	<b>575 m ü.M</b>
<b>ESCH</b> Betreiber: Kt. TG	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	<b>325 GVE</b>
	Belastungstyp	Strassenabstand:	—
		Verkehr DTV (%LKW):	—
	<b>Ländlich,</b> intensiv bewirtschaftet	Siedlungsgrösse:	<b>Einzelgebäude</b>
Höhe über Boden:		<b>1.7 m</b>	
	direkte Umgebung:	<b>Intensive Landwirtschaft</b>	

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Messtelle Waldrand



Blick von der Messtelle Richtung WSW, Weide und Ackerland

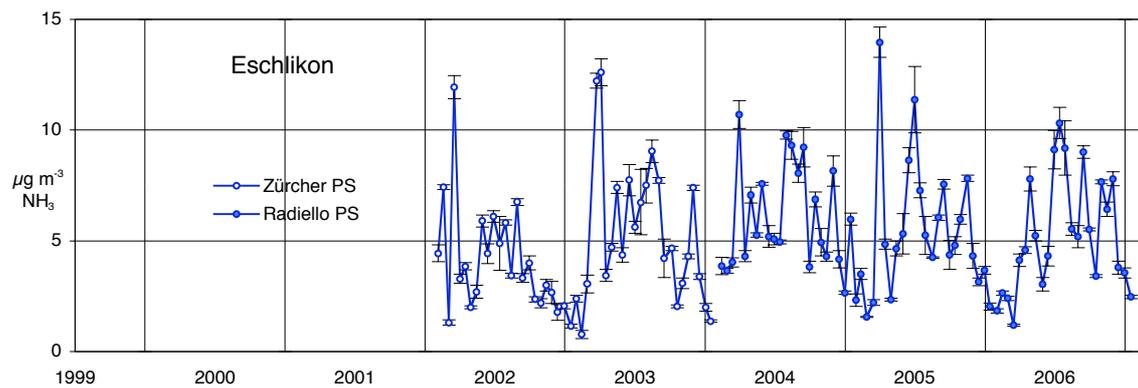
## Kurzbeschreibung der Station Eschlikon

Messstelle am Waldrand/Flurstrasse, am Rande einer landwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Ebene.

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	88.1	0.7	0.0	88.8	
2.5	37.4	1.0	0.7	39.1	

Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2002	4.0		4.8	5.2	2.9	24
2003	5.5	1.9	7.8	7.4	4.3	23
2004	5.9	2.9	6.7	7.1	6.2	24
2005	5.5	3.3	5.7	7.0	5.8	24
2006	5.2	2.6	4.2	7.2	6.5	24

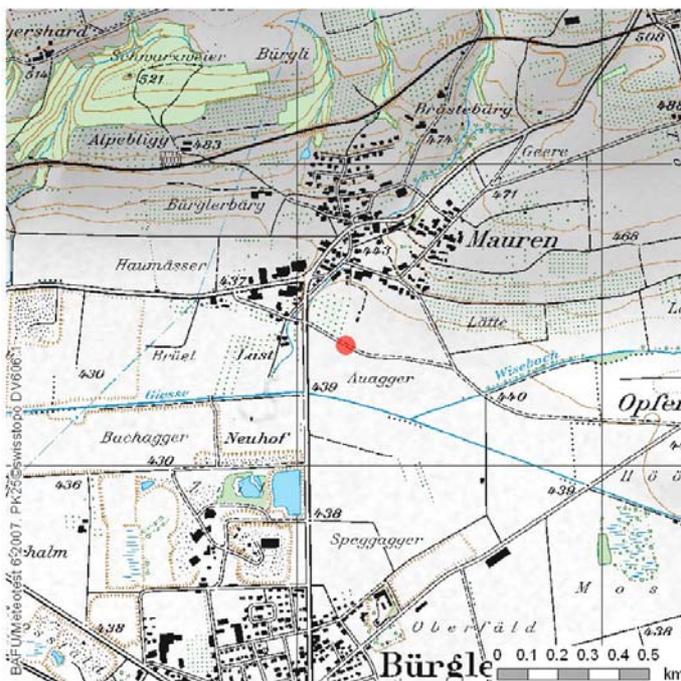


## 5.4 MAU - Mauren

**Mauren  
(TG)****MAU**

Betreiber: Kt. TG

Immissionstyp	Koordinaten:	<b>729.16 / 269.40</b>
<b>5 – 8</b>	Höhe:	<b>439 m ü.M</b>
$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	73 GVE
	Strassenabstand:	150 m
	Verkehr DTV (%LKW):	3000 (< 5 %)
Belastungstyp	Siedlungsgrösse:	Weiler
	Höhe über Boden:	1.7 m
<b>Ländlich,</b> intensiv bewirtschaftet	direkte Umgebung:	Obstbau Acker



Überwachungsstation KVA Weinfeld



Blick Richtung N

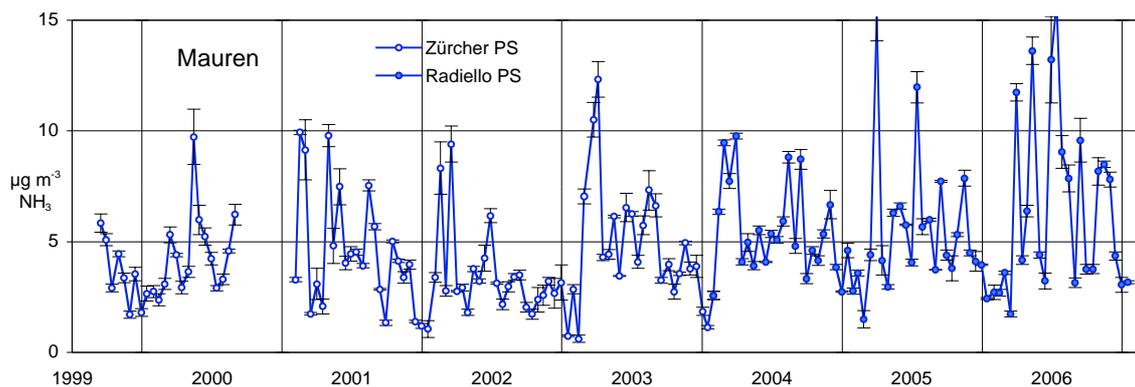
## Kurzbeschreibung der Station Mauren

Der Standort liegt 3 km östlich von Weinfelden am Rande intensiv landwirtschaftlich genutzter Flächen und in der Nähe einer Durchgangsstrasse. Von 1990 bis 2000 Luftqualitäts Überwachung durch Kanton TG, seither als Referenzstation von der KVA Weinfelden genutzt (NO<sub>2</sub>/NO, SO<sub>2</sub>, Staub Beta-Meter).

Ammoniakemissionen in kg NH <sub>3</sub> ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup> (Erhebung 2000)				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	31.0	1.0	0.0	32.0	
2.5	31.2	1.0	0.0	32.2	

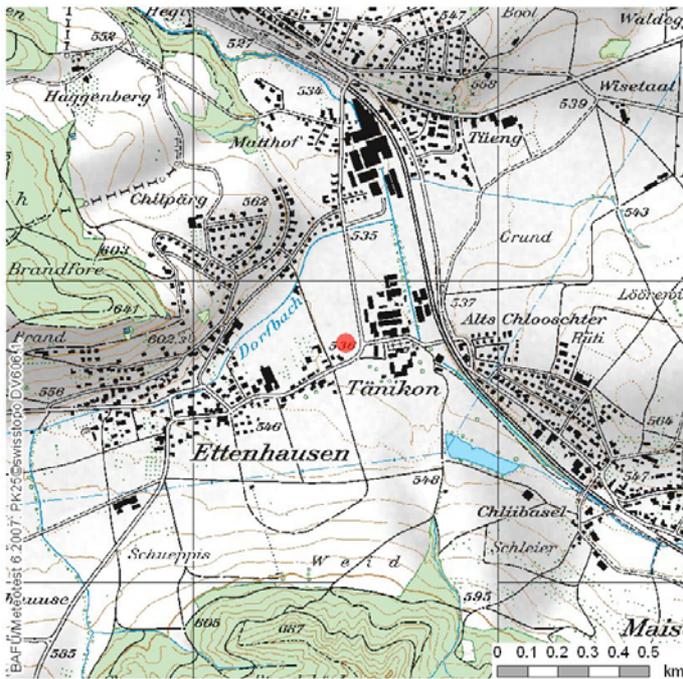
  

Ammoniakkonzentrationen in µg NH <sub>3</sub> m <sup>-3</sup>						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2000	4.0	2.7	5.2	4.4	3.9	23
2001	4.3		4.9	5.0	3.5	24
2002	3.4	2.9	3.9	3.7	2.5	24
2003	5.0	2.8	7.1	6.1	3.8	23
2004	5.4	4.3	6.0	5.6	5.4	25
2005	5.5	3.2	6.7	6.1	5.6	24
2006	6.4	3.2	6.9	8.7	6.8	24



## 5.5 TAE - Tänikon

<b>Tänikon (Aadorf TG)</b>	Immissionstyp	Koordinaten:	<b>710.500 / 259.795</b>
	<b>5 – 8</b>	Höhe:	<b>539 m ü.M</b>
<b>TAE</b>	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	154 GVE
	Betreiber: NABEL	Strassenabstand:	—
	Belastungstyp	Verkehr DTV (%LKW):	—
	<b>Ländlich,</b>	Siedlungsgrösse:	grosses Dorf
	intensiv	Höhe über Boden:	ca. 3.5 m
	bewirtschaftet	direkte Umgebung:	Weiden, Felder



NABEL-Station Tänikon: Blick Richtung S



Blick Richtung NW

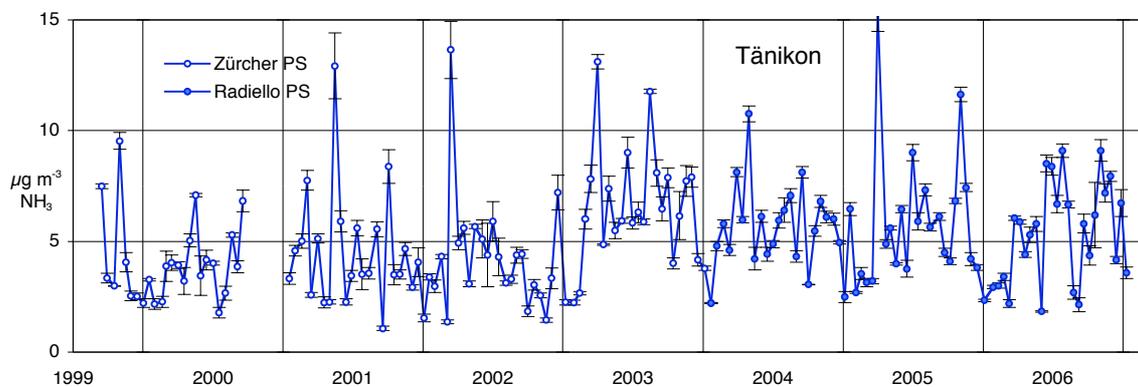
## Kurzbeschreibung der Station Tänikon

Die Station liegt auf dem Gelände der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) in Tänikon auf dem Boden der Gemeinde Aadorf, nahe Ettenhausen. Die unmittelbare Umgebung ist, abgesehen von den Gebäuden der Forschungsanstalt nur wenig überbaut und wird von intensiver Landwirtschaft (Felder und Wiesen) und Wäldern dominiert, der Dorfeinfluss ist gering. Das etwa 1 km nördlich gelegene Aadorf weist einige kleinere Industriebetriebe auf. Eine ANETZ-Station der MeteoSchweiz befindet sich auf demselben Gelände. Die Autobahn A1 (St. Gallen-Zürich) führt ca. 4 km nordöstlich der Station vorbei.

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* Radius um Station	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	41.6	2.0	0.0	43.6	
2.5	21.0	1.0	0.0	22.0	

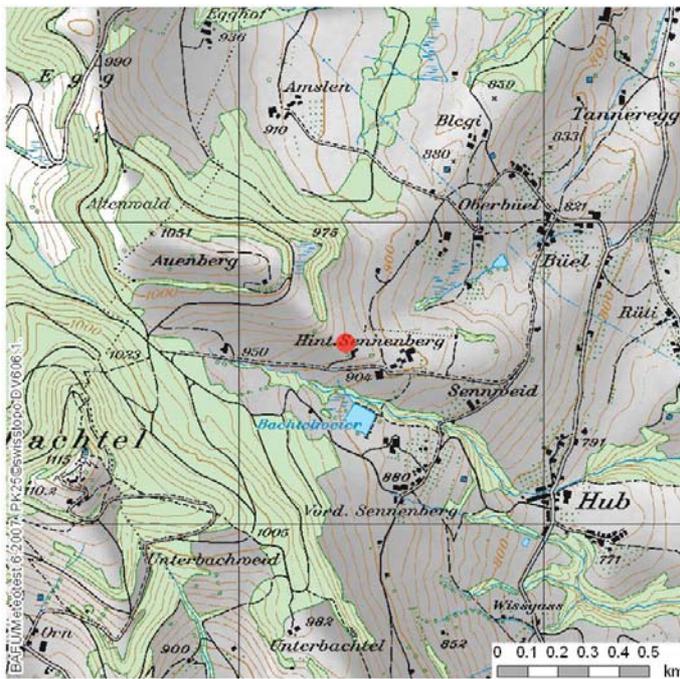
  

Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2000	3.9	2.6	4.5	3.7	4.7	23
2001	4.4		5.4	4.1	4.1	24
2002	4.1	3.1	5.6	4.2	2.8	24
2003	6.5	3.9	7.6	7.9	6.7	23
2004	5.7	4.2	6.9	5.6	5.9	23
2005	5.7	4.1	6.5	6.4	6.4	24
2006	5.3	3.0	4.7	6.5	6.4	26



## 5.6 BA - Bachtel

<b>Bachtel (Wald ZH)</b>	Immissionstyp	Koordinaten:	<b>710.35 / 239.60</b>
	<b>1 – 3</b>	Höhe:	<b>930 m ü.M</b>
<b>BA</b>	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	<b>16 GVE (200 m)</b> <b>114 GVE (500 m)</b>
	Betreiber: OSTLUFT/FUB	Strassenabstand:	—
<b>Ländlich,</b> extensiv bewirtschaftet	Belastungstyp	Verkehr DTV (%LKW):	—
		Siedlungsgrösse:	Einzelhöfe
	Höhe über Boden:	direkte Umgebung:	ca. 1.5 m Wiesen, Weiden Graswirtschaft



Blick Richtung SE

Passivsampler neben Minidustern

Kurzbeschreibung der Station Bachtel

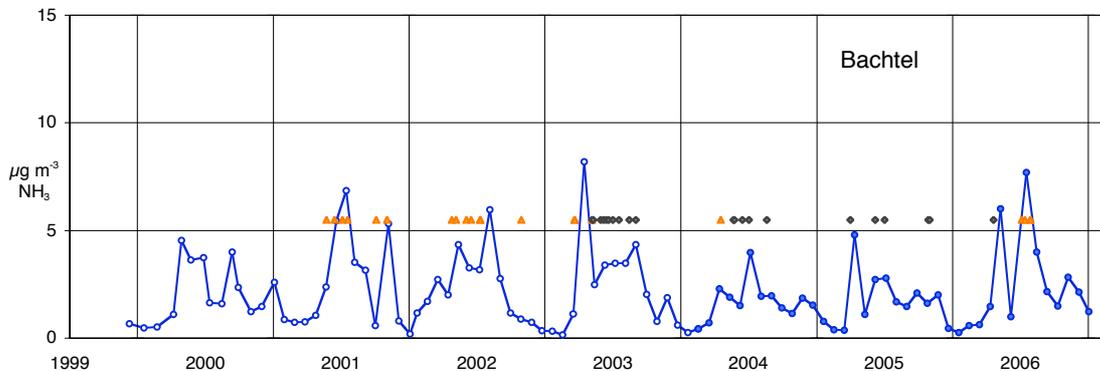
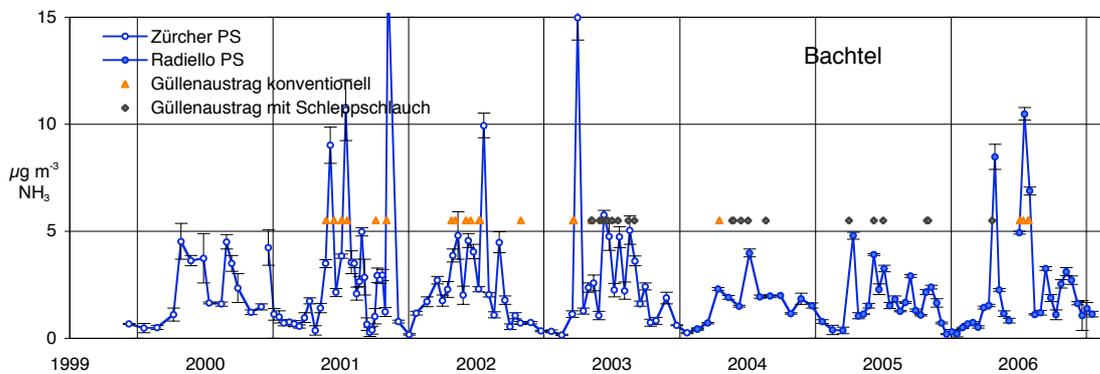
Die Station Bachtel liegt ca. 1 km östlich des Gipfels, beim Hinteren Sennenberg im Zürcher Oberland mitten in Wiesen und Weiden. Die Umgebung wird nur von einem Hof bewirtschaftet, was es ermöglicht, die Bewirtschaftung (Güllen, Weiden) in die Bewertung einzubeziehen. Er weist ca. 16-17 GVE auf, vor allem Kühe, die in einem 200 m entfernten Laufstall gehalten werden. In gleicher Entfernung befindet sich ein offenes Gülesilo. Bis März 2003 wurde die Gülle mit einem Breitverteiler ausgebracht, anschliessend mit Schleppschauch. Im Sommer 2006 wurde wieder mit Breitverteiler gegüllt. In 50 m Distanz zur Messstation befindet sich ein altes Bauernhaus mit kleinem Stall in dem gelegentlich Schafe untergebracht sind.

Der Verlauf im Sommerhalbjahr 2001 wirkt unruhiger, wobei der Grund die höhere Sammel- frequenz ist (eine Woche). Sonst wurde zwei- oder vierwöchentlich gewechselt. Der untere Verlauf zeigt auf vier Wochen gemittelte Werte.

Ammoniakemissionen in kg NH <sub>3</sub> ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup> (Erhebung 2000)				* (Radius um Station)	
km*	Landwirt- schaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	32.5	0.0	0.0	32.5	
2.5	29.5	1.0	0.0	30.5	

Jahr	Jahres- mittelwert	Winter		Frühling	Sommer	Herbst	Anz. Mess- perioden
		Dez. vom Vorjahr - Feb.	Jan. - Apr.	März - Mai	Juni - Aug.	Sep. - Nov.	
2000	2.2	0.5	0.5	2.8	2.7	1.8	14
2001	2.5	1.4	1.0	2.2	4.4	2.6	31
2002	2.3	1.2	1.0	2.9	4.0	1.0	22
2003	2.5	0.4	0.5	3.9	4.0	1.5	21
2004	1.7	0.5	0.5	1.7	2.5	1.7	13
2005	1.7	0.8	0.5	2.4	2.1	1.8	22
2006	2.5	0.5	0.5	2.6	4.6	2.3	25



Grafik oben mit Wochen- bis Vierwochenperioden, unten auf vier Wochen gemittelte Werte.

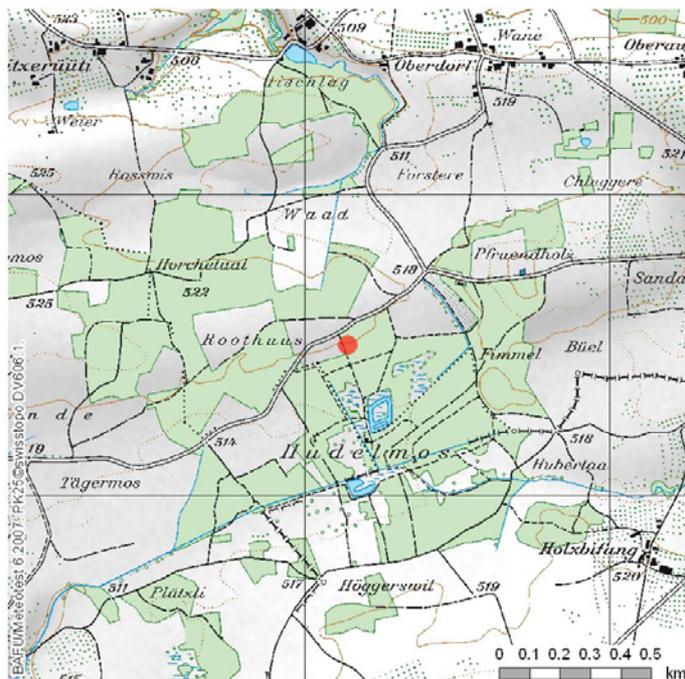
## 5.7 HUD - Hudelmoos

## Hudelmoos (TG)

### HUD 3

Betreiber: OSTLUFT

Immissionstyp	Koordinaten:	<b>739.14 / 265.50</b>
<b>1 – 3</b>	Höhe:	<b>520 m ü.M</b>
$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	0 GVE
	Strassenabstand:	—
	Verkehr DTV (%LKW):	—
Belastungstyp	Siedlungsgrösse:	—
	Höhe über Boden:	1.7 m
<b>Ländlich,</b> extensiv bewirtschaftet	direkte Umgebung:	Wiese, Acker, Wald



Blick Richtung SW

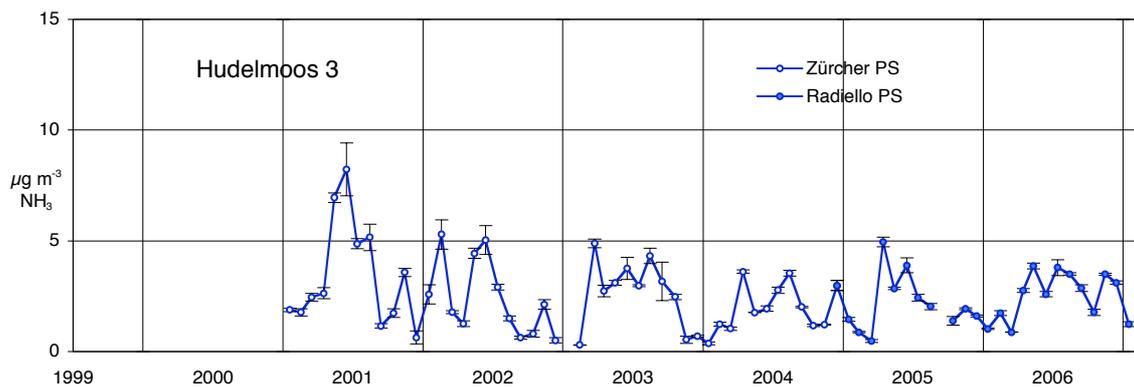
## Kurzbeschreibung der Station Hudelmoos

Waldlichtung am Rand des Naturschutzgebietes. In der weiteren Umgebung wird intensive Nutztierhaltung betrieben.

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	12.9	0.0	0.0	12.9	
2.5	47.5	1.0	0.0	48.5	

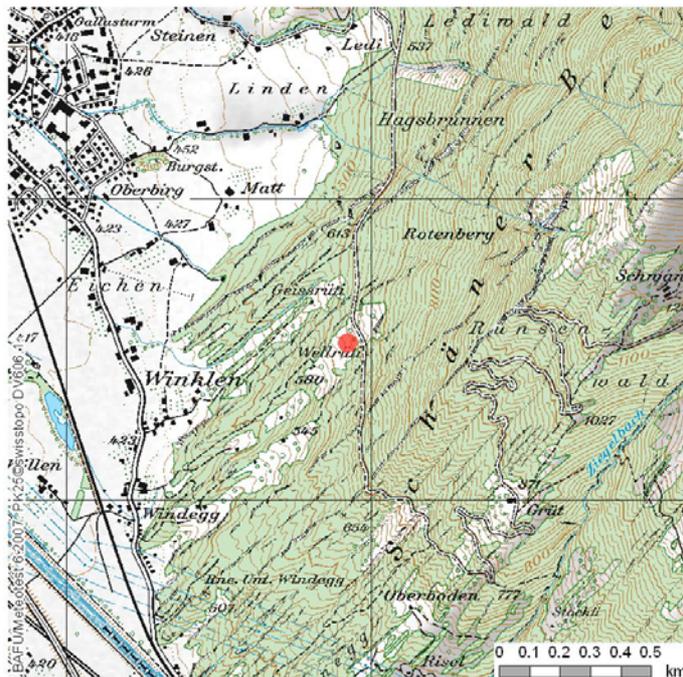
Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2001	3.4		2.6	6.6	2.9	24
2002	2.4	1.5	3.6	3.3	1.2	24
2003	2.5	1.2	3.6	3.6	1.7	12
2004	2.0	0.8	2.4	2.7	1.7	12
2005	2.2	1.3	3.4	2.5	1.7	11
2006	2.6	1.3	2.8	3.4	2.7	12



In dieser Grafik sind die Monatsmittelwerte abgebildet.

## 5.8 SCH - Schänis

<b>Schänis (SG)</b>	Immissionstyp	Koordinaten:	<b>722.923 / 223.521</b>
	<b>1 – 3</b>	Höhe:	<b>630 m ü.M</b>
<b>SCH</b> Betreiber: WSL/OSTLUFT	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	Landwirtschaft:	0 GVE (Schafweide)
	Belastungstyp	Strassenabstand:	–
		Verkehr DTV (%LKW):	–
		Siedlungsgrösse:	–
	<b>Ländlich,</b> extensiv bewirtschaftet	Höhe über Boden:	2 m
		direkte Umgebung:	Waldlichtung, Schafweide, Graswirtsch.



Blick Richtung SW, Linnebene mit KVA Niederurnen auf die LWF-Freilandfläche in Schänis



Die Passivsammler sind am Meteomasten angebracht

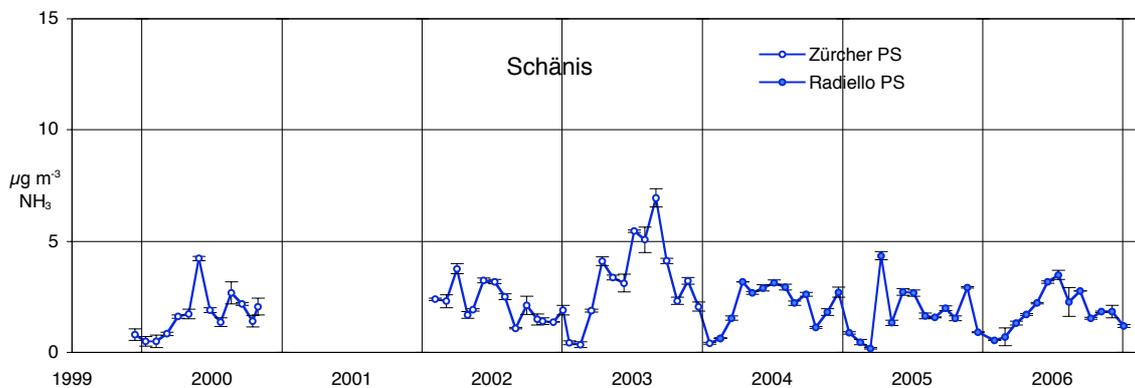
## Kurzbeschreibung der Station Schänis

Der Standort befindet sich oberhalb von Schänis am Schärer Berg in einer relativ steilen Waldlichtung, die als Schafweide genutzt wird, umgeben von Mischwald. Die Beobachtungsfläche Schänis ist eine der 17 Langfristigen Waldökosystemforschung (LWF) Flächen der Schweiz und gehört zum europäischen Level-II Flächennetz (<http://www.wsl.ch/forest/risks/projects/flux/flux-de.ehtml>). Neben den Schafen beeinflussen hauptsächlich Emissionen der Landwirtschaft aus der Linthebene die Freilandfläche Schänis. Bedingt durch die Staulage am Alpennordhang sind die Niederschlagsmengen und somit auch die atmosphärischen Stickstoffeinträge an diesem Standort im Vergleich zu den übrigen LWF-Flächen, mit Ausnahme der Tessiner Fläche, hoch.

Ammoniakemissionen in $\text{kg NH}_3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Erhebung 2000)				* Radius um Station	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
0.5	4.3	0.0	0.0	4.3	
2.5	21.0	1.0	1.0	23.0	

Ammoniakkonzentrationen in $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$						
Jahr	Jahresmittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Messperioden
2000	1.7	0.7	2.4	2.0	1.5	24
2001						
2002	2.1		2.6	2.4	1.6	22
2003	3.3	1.1	3.3	5.6	3.2	14
2004	2.2	1.0	2.7	2.8	1.9	13
2005	1.8	1.0	2.4	2.0	2.1	13
2006	1.9	0.7	1.9	2.9	1.8	12

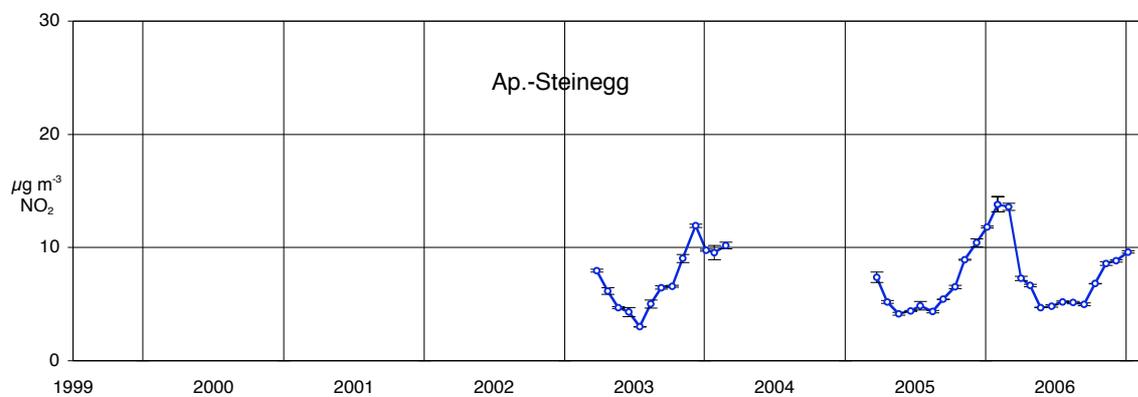


In dieser Grafik sind die Monatsmittelwerte abgebildet.

## 5.9 NO<sub>2</sub>-Resultate nach Standorten

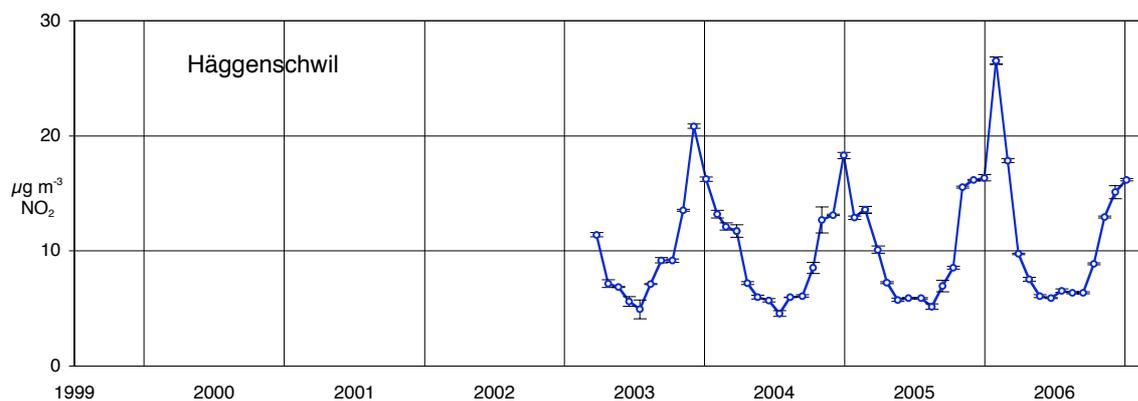
### Steinegg-Appenzell

NO <sub>2</sub> -Konzentrationen in $\mu\text{g m}^{-3}$						
Jahr	Jahres- mittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Mess- perioden
2003	7.3		6.0	4.5	8.7	12
2004		10.1				
2005	7.6		5.3	4.7	8.0	12
2006	7.7	12.8	6.3	5.1	7.5	13



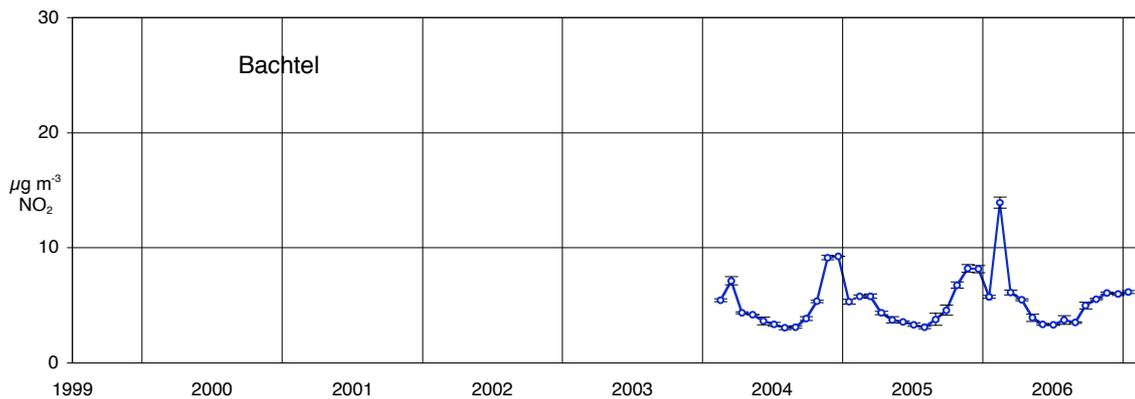
### Hägenschwil

NO <sub>2</sub> -Konzentrationen in $\mu\text{g m}^{-3}$						
Jahr	Jahres- mittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Mess- perioden
2003	10.6		8.1	6.5	13.6	13
2004	9.6	14.2	7.8	5.5	10.6	14
2005	10.0	14.6	7.5	5.9	12.5	13
2006	11.3	20.4	7.8	6.3	11.2	12



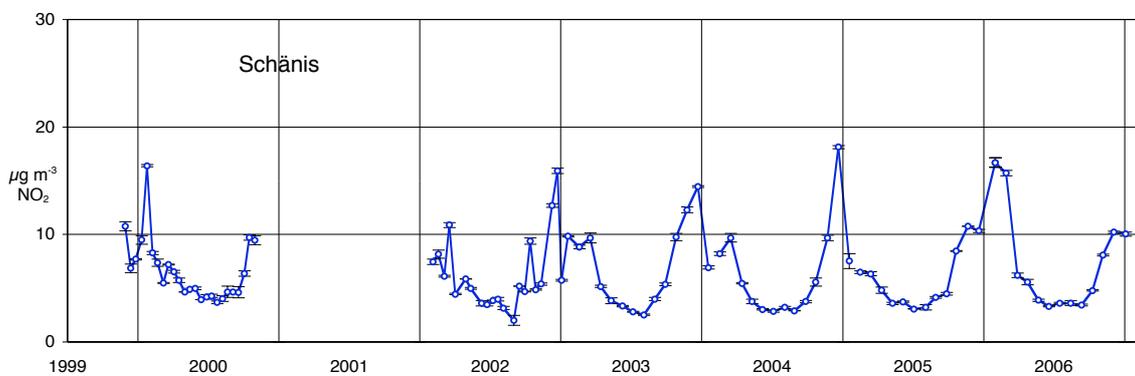
Bachtel

<b>NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in µg m<sup>-3</sup></b>						
Jahr	Jahres- mittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Mess- perioden
2004	5.2		4.6	3.2	6.4	12
2005	5.8	6.4	4.2	3.4	6.7	14
2006	5.5	8.9	4.6	3.5	5.6	13



Schänis

<b>NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in µg m<sup>-3</sup></b>						
Jahr	Jahres- mittelwert	Winter Dez. vom Vorjahr - Feb.	Frühling März - Mai	Sommer Juni - Aug.	Herbst Sep. - Nov.	Anz. Mess- perioden
2000	6.6	9.0	5.6	4.2	8.0	24
2001						
2002	6.4		5.8	3.2	7.3	22
2003	7.0	10.2	5.2	3.1	9.5	14
2004	6.5	9.5	5.1	3.0	7.6	13
2005	6.3	9.3	4.4	3.5	8.3	13
2006	7.4	15.0	5.0	3.5	7.1	12



## 6 Grundlagen

### 6.1 Bestimmung des Ammoniaks in der Aussenluft

Die Ammoniak-Konzentrationen können unter anderem mit folgenden Methoden gemessen werden:

Kontinuierliche oder quasikontinuierliche Messungen mit Hilfe von DOAS (Differential optical absorption spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrarotspectrometry), Omnisens-PAS (Photoakustische Spektroskopie), oder mit einem automatisierten Denuder-System z.B. Airrmonia oder AMOR (Wet Annular Denuder System) (EMPA 2003). Diese Systeme sind derzeit noch nicht alle feldtauglich.

Für periodische Messungen werden vor allem Denuder-Systeme (aktive Sammlung) und Passivsammler eingesetzt.

### 6.2 Passivsammler für Ammoniakmessung

In der vorliegende Messkampagne wurde Ammoniak bis 2003 mit Zürcher Passivsammlern (Thöni et al. 2003), ab 2004 mit Radiello Passivsammlern erfasst.

#### 6.2.1 Zürcher Passivsammler

Der Zürcher Passivsammler funktioniert nach dem Prinzip der Membrandiffusion und wurde nach einer Idee von F. Zürcher (AfU AR) durch A. Blatter, M. Fahrni und A. Neftel (1992) am Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL) in Liebefeld (heute ART Reckenholz) für Emissionsmessungen in der Landwirtschaft zusammen mit FUB bis zur Feldtauglichkeit für Immissionsmessungen entwickelt.

Er besteht aus einem einseitig offenen Zylinder aus Polypropylen mit Schraubverschlüssen und Teflondichtungen. Als Absorptionsmedium wird eine stark verdünnte Salzsäurelösung (0.0016 %) verwendet, die durch eine poröse Teflonmembran (0.2  $\mu\text{m}$ ) von der Umgebungsluft getrennt ist; als Frostschutz wird 20 % Ethylenglykol beigegeben. Der Anströmweg beträgt etwa 11 cm. In Abbildung 6.1 ist der Passivsammler dargestellt.

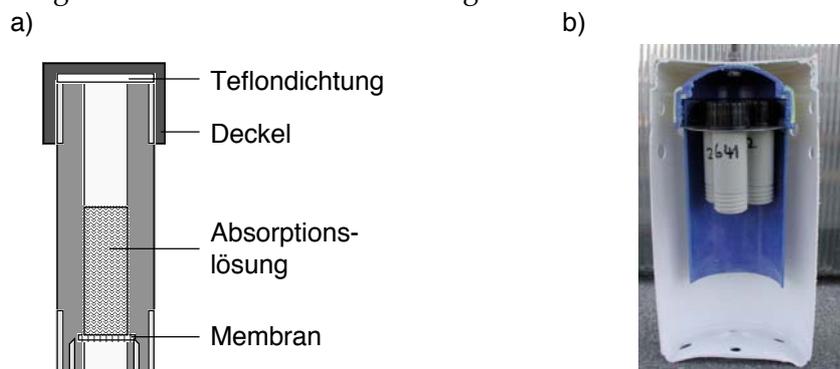


Abb. 6.1 a) Zürcher-Passivsammler, schematisch dargestellt, Höhe 64 mm, Durchmesser aussen 20 mm, Durchmesser innen 9 mm  
b) Zürcher-Passivsammler in aufgeschnittener Schutzbüchse

Der Stofffluss berechnet sich aus der Konzentrationsdifferenz und dem zu überwindenden Diffusions- und Membranwiderstand. Der Diffusions-

widerstand berechnet sich gemäss dem ersten Fick'schen Gesetz, der Membranwiderstand wurde am IUL experimentell bestimmt.

Die während der Exposition durch Verdunstung verlorene Lösung wird gravimetrisch bestimmt und in die Berechnung einbezogen.

Ammoniak wird als Ammonium direkt im Absorptionsmedium mittels Ionenchromatografie gemessen (Dionex DX-100, Dionex column CS 12).

Da der Diffusionsweg mit 7 mm sehr kurz ist, müssen die Passivsammler vor Wind und Luftwirbeln geschützt werden. Dazu werden die Passivsammler in einer doppelwandigen Schutzbüchse mit Lüftungslöchern, die gleichzeitig als Aufhängevorrichtung fungiert, exponiert.

### Berechnung

$$\rho_{\text{NH}_3, \text{Luft}} = \frac{m_{\text{NH}_4^+} \rho_{\text{NH}_3} \rho_{\text{R}}}{M_{\text{NH}_4^+} \rho_{\text{A}} \rho_{\text{t}}}$$

$\rho_{\text{NH}_3, \text{Luft}}$  = Konzentration von Ammoniak in Luft

$m_{\text{NH}_4^+}$  = Masse Ammonium, das von der Cartridge desorbiert wurde

$M_{\text{NH}_3}$  = Molare Masse von  $\text{NH}_3$

$M_{\text{NH}_4^+}$  = Molare Masse von  $\text{NH}_4^+$

$R$  = Gesamtwiderstand

$A$  = Fläche der Diffusionsöffnung

$t$  = Zeit der Exposition

Der Gesamtwiderstand setzt sich zusammen aus Diffusionswiderstand und Membranwiderstand:

$$R = R_{\text{D}} + R_{\text{M}} = \frac{1}{D} \rho_{\text{D}} + R_{\text{M}}$$

$R_{\text{D}}$  = Diffusionswiderstand

$R_{\text{M}}$  = Membranwiderstand

$D$  = Diffusionskonstante von Ammoniak bei 293 K und 1013 hPa

$l_{\text{D}}$  = Diffusionsstrecke

## 6.2.2 Radiello Passivsammler

Der Radiello Passivsammler ist ein käufliches System, das zur Bestimmung einer grossen Anzahl gasförmiger Stoffe (anorganisch und organisch) eingesetzt werden kann. Es fusst auf dem Prinzip der Diffusion. Bei den herkömmlichen Sammlern ist eine relativ kleine Diffusionsöffnung vorhanden, was zu einer kleinen Sammelrate führt. Um diese zu vergrössern und damit die Analytische Empfindlichkeit zu erhöhen, wurde bei den Radiello-PS die Diffusions- und Absorptionsoberfläche zylindrisch und coaxial gestaltet (Radial-Sammler) (Abb. 6.2). Eine genaue Beschreibung kann bei der Fondazione Salvatore Maugeri (fsmpd@fsm.it) bestellt werden. Der Body (Diffusive surface) ist aus 1.7 mm dickem mikroporösem Polyethylen mit einer Porenöffnung von  $25 \pm 5 \mu\text{m}$  gebildet.

a)

b)

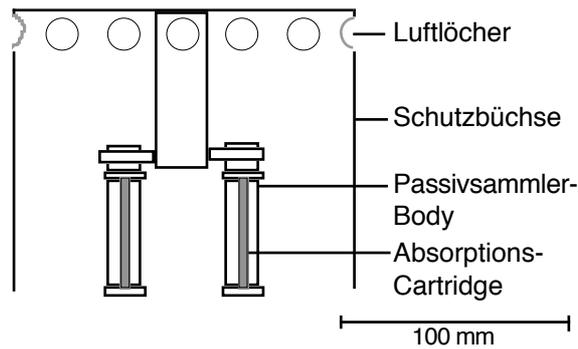


Abb. 6.2 a) Schema des Radiello Passivsammlers, Gesamtlänge 65 mm mit Schutzbüchse, die gleichzeitig als Aufhängevorrichtung dient.  
b) Radiello Passivsammler mit Schutzbüchse von unten

Die Absorptions-Cartridge für die Ammoniaksammlung besteht ebenfalls aus mikroporösem Polyethylen und wird mit Phosphorsäure belegt. Die Cartridge ist 60 mm lang mit einem Durchmesser von 4.8 mm.

Die Passivsammler werden in einer gut durchlüfteten Aufhängevorrichtung exponiert, die gleichzeitig als Witterungsschutz fungiert. Die Cartridges werden mit hochreinem Wasser desorbiert. Das Eluat wird mit Ionenchromatografie oder Fliessinjektionsanalyse mit Gasdiffusionsmembrane und UV-Detektion anstelle der vorgeschlagenen Fotometrie mit Indophenol-Methode auf Ammonium analysiert. Die Blindwerte und damit die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen können so deutlich gesenkt werden.

### Berechnung

$$\rho_{\text{NH}_3, \text{Luft}} = \frac{m_{\text{NH}_4^+} \rho_{\text{NH}_3}}{M_{\text{NH}_4^+} \rho_Q \rho t}$$

$\rho_{\text{NH}_3, \text{Luft}}$  = Konzentration von Ammoniak in Luft

$m_{\text{NH}_4^+}$  = Masse Ammonium, das von der Cartridge desorbiert wurde

$M_{\text{NH}_3}$  = Molare Masse von  $\text{NH}_3$

$M_{\text{NH}_4^+}$  = Molare Masse von  $\text{NH}_4^+$

$Q$  = Sammelrate bei 293 K und 1013 hPa

$t$  = Zeit der Exposition

6.2.3 Beide Sammler im Vergleich

Tab. 6.1 Radiello und Zürcher Passivsammler im Vergleich

Sammlerbeschreibung	Zürcher PS	Radiello PS
	<p>ca. 110 mm</p>	<p>0 - 50 mm</p>
Transportweg vom Schutzbüchseneneingang zum Passivsammler		
Weg durch den Passivsammler: über Gasdiffusion in die Senke	Gasphase Teflonmembran Flüssigphase	Gasphase mikroporöses Polyethylen Gasphase Festphase
Absorber	Verdünnte Salzsäurelösung (0.0016% v/v) Ethylenglykol (Frostschutz)	imprägnierte Oberfläche (Phosphorsäure)
Gasaustauschfläche	63 mm <sup>2</sup>	2300 mm <sup>2</sup>
Empirisch ermittelte Diffusionsstrecke	10.2 mm	18 mm
Sammelrate Q	8.7 cm <sup>3</sup> min <sup>-1</sup>	235 cm <sup>3</sup> min <sup>-1</sup>
inearer Sammelbereich	6'000 - 5'000'000 µg m <sup>-3</sup> min NH <sub>3</sub>	2'000 - 7'000'000 µg m <sup>-3</sup> min NH <sub>3</sub>
theor. max. Sammeldauer bei 100 µg m <sup>-3</sup> NH <sub>3</sub>	30 Tage	30 Tage
Messprinzip	selektive Bestimmung von NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> in der flüssigen Phase (Ionenchromatografie)	selektive Bestimmung NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> im Absorptionsextrakt (Ionenchromatografie, Fliessinjektionsanalyse)

6.2.4

## Qualitätssicherung

### Nachweis- und Bestimmungsgrenze

Die Nachweis- und Bestimmungsgrenze der beiden Passivsammler wurde gemäss Empfehlung der SN EN 13528-2 (2002) bestimmt.

Nachweisgrenze: 3 x Standardabweichung der Blindwerte

Bestimmungsgrenze: 10 x Standardabweichung der Blindwerte

Dazu wurden Feldblindwerte auf Ammoniak analysiert und die Standardabweichung des Einzelwertes berechnet. Um mit den Konzentrationen in der Luft vergleichen zu können, wurden die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen je mit einer mittleren Expositionszeit von 14 und 28 Tagen berechnet (Tab. 6.2)

Tab. 6.2 Nachweis- und Bestimmungsgrenze der Radiello- und Zürcher-Passivsammler für Ammoniak.

Expositionszeit	d	Radiello Passivsammler		Zürcher Passivsammler	
		14	28	14	28
Nachweisgrenze	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	0.19	0.10	0.40	0.20
Bestimmungsgrenze	$\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$	0.64	0.32	1.3	0.67

Messwerte von Radiello-Passivsammlern unter  $0.64 \mu\text{g m}^{-3}$  für Zweiwochen-Perioden und unter  $0.32 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Vierwochen-Perioden wurden in den Kapitel 6.7 kursiv dargestellt, da sie unter der Bestimmungsgrenze waren. Ebenso Messwerte von Zürcher Passivsammlern unter  $1.3 \mu\text{g m}^{-3}$  für Zweiwochen-Perioden und unter  $0.67 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Vierwochen-Perioden. Für die Berechnung der Jahres- und Saisonmittelwerte wurden Messwerte unter der Bestimmungsgrenze berücksichtigt, und auch in den Grafiken sind die Werte dargestellt, da die unsicheren Werte im untersten Bereich mehr aussagen als gar keine Werte.

### Feld-Blindwerte

Die mittleren Feld-Blindwerte (Radiello) entsprachen  $0.16 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Zweiwochen-Perioden und  $0.08 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Vierwochen-Perioden. Sie wurden von den Analyseresultaten abgezogen.

### Standardabweichung der Dreifachbestimmungen, Vertrauensbereich

Die mittlere relative Standardabweichung aller Dreifachbestimmungen der Radiello-Messung betrug 5.5 % (Zürcher Passivsammler 8 %).

Für jeden Standort wurde der 95 % Vertrauensbereich für die jeweiligen Serien- (meist 14-Tages-) und Jahresmittelwerte berechnet (nach Gehrig et al. 1993). Für die Berechnung wurden nur vollständige Dreifachbestimmungen berücksichtigt (Tab. 6.3). Der Vertrauensbereich der Jahresmittelwerte betrug bei den Radiello Passivsammlern 1 – 7 % der gemessenen Konzentration, bei den Zürcher Passivsammlern 1 – 16 %. Hohe Prozentzahlen wurden an Standorten mit sehr niedrigen Ammoniakkonzentrationen in der Luft gefunden (Wengernalp).

Tab. 6.3 95 %-Vertrauensbereich der Serienmittelwerte und Jahresmittelwerte von Radiello und Zürcher Passivsammlern

	Vertrauensbereich (95%)	
	Serienmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$
	<b>Radiello Passivsammler</b>	
(2004)		
MIN	0.07	0.02
MEDIAN	0.29	0.06
MAX	0.82	0.23
	<b>Zürcher Passivsammler</b>	
(2000 - 2002)		
MIN	0.11	0.03
MEDIAN	0.34	0.08
MAX	1.25	0.26

Abbildung 6.3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Abweichung von normierten Einzelwerten, mit Zürcher Passivsammlern gemessen, Abbildung 6.4 diejenige mit Radiello Passivsammlern gemessen. Die Werte sind normal verteilt.

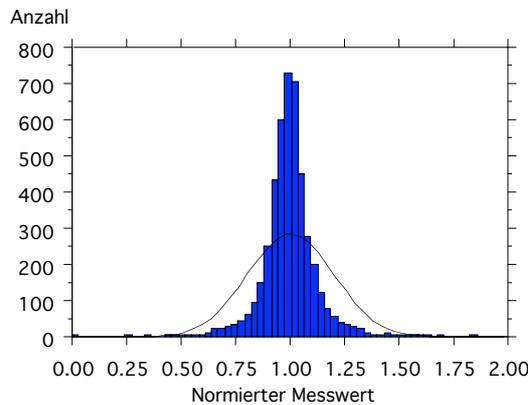


Abb. 6.3 Häufigkeitsverteilung von normierten Einzelmesswerten von Ammoniak gemessen mit dem Zürcher Passivsammler, Dreifachbestimmung (Normierkriterium: Mittelwert jeder Dreifachbestimmung = 1). Linie = Normalverteilung, 4633 Einzelwerte

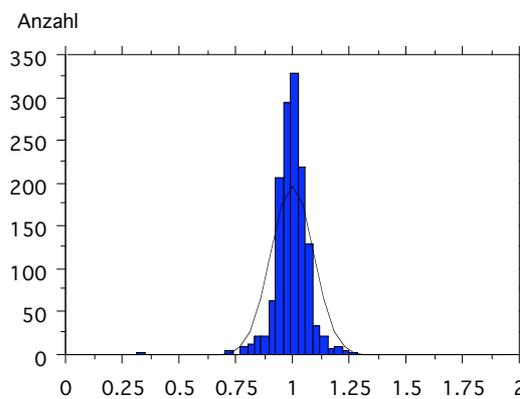


Abb. 6.4 Häufigkeitsverteilung von normierten Einzelmesswerten von Ammoniak gemessen mit dem Radiello Passivsammler, Dreifachbestimmung (Normierkriterium: Mittelwert jeder Dreifachbestimmung = 1). Linie = Normalverteilung, 1407 Einzelwerte

## Vergleich mit Referenzmessung

Abbildung 6.5 zeigt die Vergleichswerte der Radiello-Passivsammler und des Minidenuder, welche an acht Standorten erhoben wurden: Bachtel, Rapperswil Dach, Rigi, Schönenbuch, Wauwil 6, Härkingen, Payerne und Braunschweig. Der Minidenuder ist ein System, das Ammoniak aktiv sammelt; die Aussenluft wird durch ein mit einer Säure belegtes Rohr gesaugt, wobei das Ammoniak an der Wand absorbiert wird. Die Radiello-Messungen liefern eine gute Übereinstimmung mit den Minidenuder-Bestimmungen.

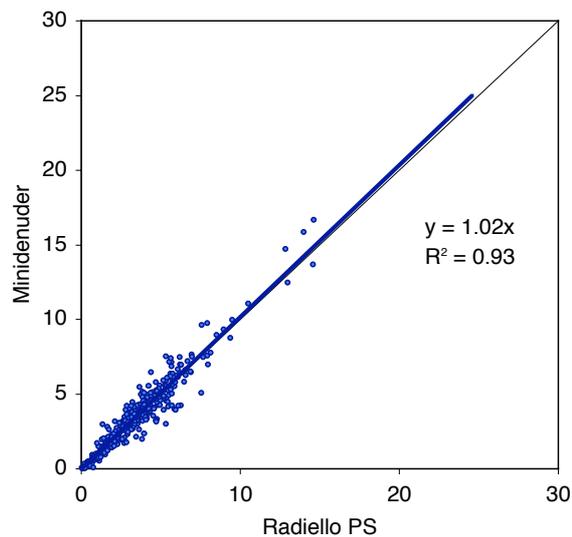


Abb. 6.5 Vergleich der Radiello- mit Minidenudermessungen, eine unabhängige aktive Methode zur Ammoniakbestimmung.

### 6.2.5 Kalibrierung der Zürcher Sammler auf Radiello Sammler

Die fortlaufenden Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz wurden 2000 mit Zürcher Passivsammlern begonnen und 2004 mit Radiello-Passivsammlern fortgesetzt. Die beiden Passivsammlersysteme wurden an acht unterschiedlichen Standorten mehrere Jahre zusammen exponiert. Diese insgesamt 294 einzelnen Vergleichsmessungen zeigten, dass die Zürcher Passivsammler, vor allem an quellennahen Standorten mit grossen Schwankungen der Ammoniakexposition, im Vergleich mit Radiello Passivsammlern und Minidenudern ca. 10 % tiefere Werte messen (Abb. 6.6).

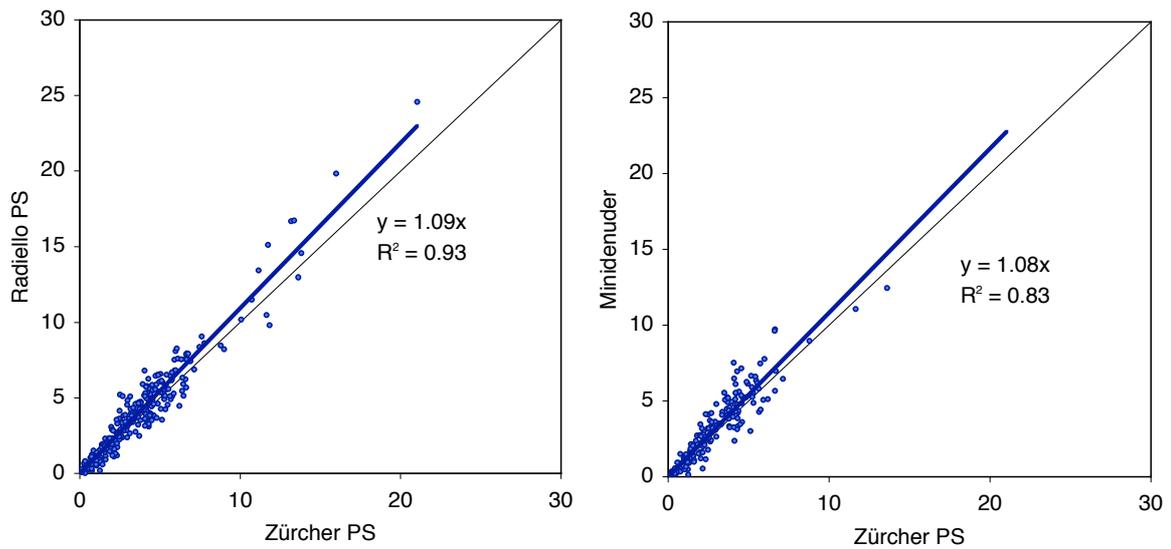


Abb. 6.6 Vergleich der Zürcher-Passivsammler mit Radiello Passivsammlern (links) und Minidenern (rechts)

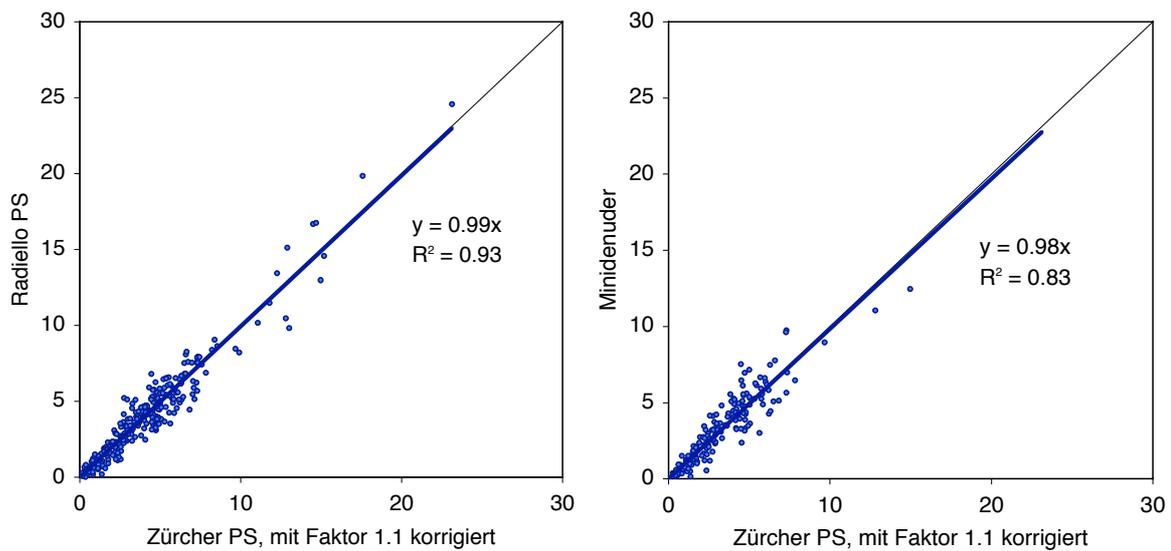


Abb. 6.7 Vergleich der Zürcher-Passivsammler mit Radiello Passivsammlern (links) und Minidenern (rechts) nach Anwendung des Korrekturfaktors für die Zürcher Werte

Die Zürcher Passivsammlerwerte der Jahre 2000 – 2003 wurden darum rückwirkend auf die Radiello Passivsammlerwerte kalibriert:

$$\rho_{\text{NH}_3, \text{Radiello}} = 1.1 \rho_{\text{NH}_3, \text{Zürcher}}$$

$\rho_{\text{NH}_3}$  = Konzentration von Ammoniak in Luft

Abbildung 6.7 zeigt, dass die Werte nun unabhängig von der Belastungssituation gut miteinander korrelieren und somit die Kontinuität der langen Messreihe gewährleistet ist. Im vorliegenden Bericht sind überall die korrigierten Werte berücksichtigt.

## 6.2.6 Grund für den Systemwechsel von Zürcher- zu Radiello-Passivsammler

Die Radiello Passivsammler erwiesen sich als das qualitativ bessere System mit deutlich höherer Sammelrate (Tab. 6.1), weniger Ausfällen, tieferer Standardabweichung und Bestimmungsgrenze als die Zürcher Passivsammler (Tab. 6.4).

Tab. 6.4 Radiello- und Zürcher Passivsammler in Zahlen (Datengrundlage: Zürcher PS 2000-2003, Radiello PS 2004- 2006)

Methodische Kenngrößen	Zürcher PS	Radiello PS
Kalibrierbereich der Messlösung	0.05 - 0.5 mg l <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5 - 8 mg l <sup>-1</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sammelbereich 2 Wochen exponiert	0.3 - 250 µg m <sup>3</sup> NH <sub>3</sub>	0.1 – 300 µg m <sup>3</sup> NH <sub>3</sub>
Ausreisser	1.8%	1.8%
Ausfälle	2.3%	<b>0.8%</b>
Standardabweichung der Dreifachbestimmung	8%	<b>5.5%</b>
Bestimmungsgrenze (2 Wochen, Feldblind)	0.67 µg m <sup>3</sup>	<b>0.32 µg m<sup>3</sup></b>
Vertrauensbereich (95%) der Jahresmittel, Median	0.08 µg m <sup>3</sup>	0.06 µg m <sup>3</sup>
Richtigkeit	Methodenvergleich (Denuder)	Methodenvergleich (Denuder)

### 6.3 Passivsammler für NO<sub>2</sub>-Messung

Für die Stickstoffdioxidmessung wurden Passivsammler nach Palmes verwendet. Bis 2001 wurde der einseitig offene Sammler ohne Windschutz, ab 2002 der OSTLUFT-Passivsammler mit Windschutz verwendet (Brunner & Schlatter 2002) (Abb. 6.8).

Die beiden Sammlertypen geben sehr gut übereinstimmende NO<sub>2</sub>-Konzentrationen. Bei Vergleichsmessungen an 15 verschiedenen Standorten über ein bis drei Jahre wies der offene Sammler durchschnittlich 2.5 % höhere Konzentrationen auf als der OSTLUFT-Sammler.

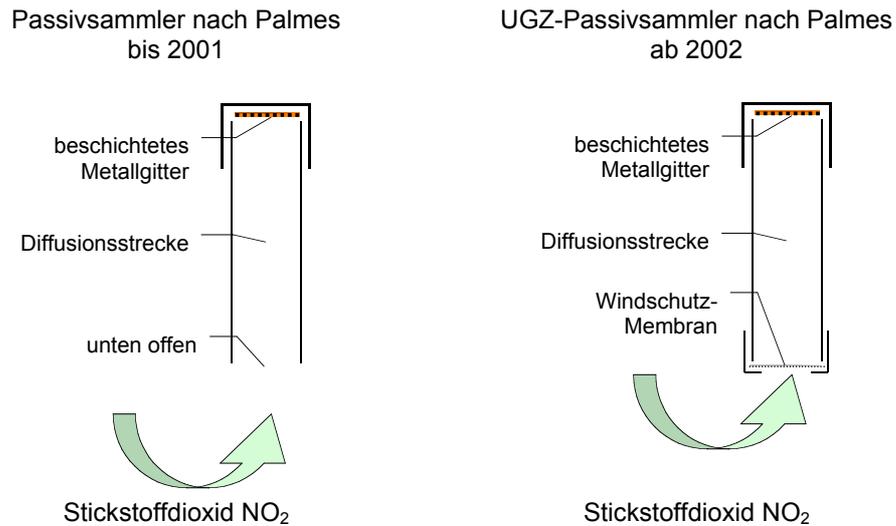


Abb. 6.8 Methode zur Erfassung von NO<sub>2</sub> mit Passivsammlern mit und ohne Windschutz, Schematische Skizzen

## 6.4 Berechnung der Jahres- und Saisonmittelwerte

### 6.4.1 Berechnung der Jahresmittelwerte

Für die Jahresmittelwerte wurden die Messwerte auf das Kalenderjahr umgerechnet, indem alle Messperioden zeitgewichtet erfasst und die Messperioden über den Jahreswechsel zeitgewichtet aufgeteilt wurden.

Die Messperiode 1999/2000, im Bericht als 2000 geschrieben, begann je nach Standort zwischen August und November 1999 und dauerte ein paar Tage länger als ein Jahr. Für die Berechnung des Jahresmittelwertes eines Standortes wurde als Ende der Messperiode der Messbeginn plus 366 Tage festgelegt. Der letzte Messwert, der nur teilweise im so definierten Jahr liegt, wurde zeitgewichtet mitberechnet.

Zwischen der Messperiode 1999/2000 und dem Beginn der Messperiode 2001 weisen alle langjährigen Messreihen eine Lücke auf (Abb. 6.9).

Das erste Jahr der langjährigen, lückenlosen Messreihe wurde meist Mitte Januar begonnen. Für die Berechnung des Jahresmittelwertes wurde wiederum als Ende der Messperiode der Messbeginn plus 365 Tage festgelegt.

Da die folgenden Jahre genau durch den Jahreswechsel definiert sind, gibt es eine Überschneidung zwischen erstem und nachfolgendem Jahr der langjährigen, lückenlosen Messreihe, im Januar werden ein paar Tage für zwei Jahresmittelwerte erfasst (Abb. 33).

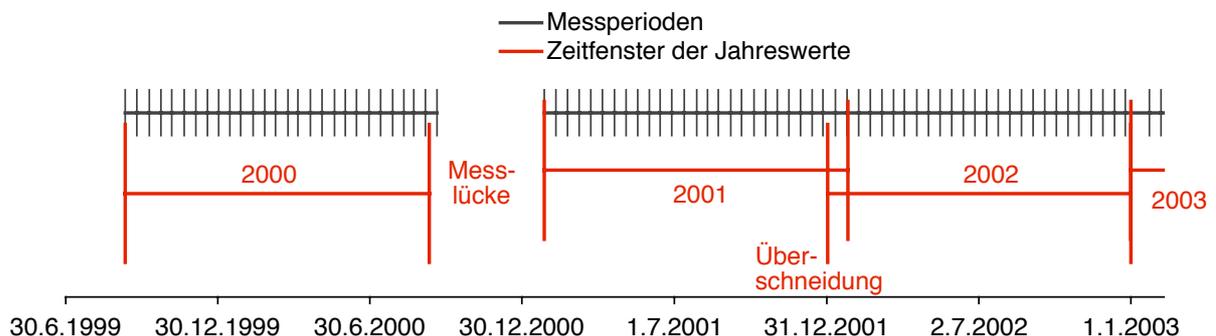


Abb. 6.9 Beispiel, wie die Zeitfenster für die Jahresmittelwerte definiert wurden.

### 6.4.2 Berechnung der Saisonmittelwerte

In früheren Berichten der Ammoniak-Immissionsmessungen wurden Halbjahresmittelwerte (Winterhalbjahr = Januar bis März und Oktober bis Dezember eines Jahres; Sommerhalbjahr = April bis September eines Jahres) angegeben mit dem Wunsch, Vegetationsperiode und Zeit der Gülleausbringung von der Winterruhe zu trennen. Diese Aufteilung erwies sich als unbefriedigend, da diese je nach Höhe und Breitengrad des Standortes und Meteorologie sehr variieren. Eine exakte Aufteilung in Vegetationsperiode und Winterruhe müsste für jeden Standort jährlich durch Beobachtungen vor Ort festgelegt werden, und würde durch die daraus entstehenden unterschiedlichen Zeiten die Vergleichbarkeit der Messwerte an verschiedenen Standorten einschränken.

Neu wurden deshalb Saisonmittelwerte berechnet:

- Winter: Dezember des Vorjahres, Januar, Februar
- Frühling: März, April, Mai
- Sommer: Juni, Juli, August
- Herbst: September, Oktober, November

Der Mittelwert von Frühling, Sommer und Herbst wird als Ammoniakkonzentration während der Vegetationsperiode bezeichnet.

Der Winter ist in der Regel vollständig durch die Winterruhe abgedeckt, allerdings weicht gerade der Winter 2006/07 davon ab, wo im Februar vielerorts bereits gegülkt wurde (Werte noch nicht in diesem Bericht).

Im Jahr 1999/2000 musste ein Saisonwert jeweils aufgeteilt werden, weil die Messperiode mitten in einer Saison begann. Die Konzentrationen des Winters 2001 (Dezember 2000 – Februar 2001) fehlen, weil alle langjährigen Messreihen zwischen der Messperiode 1999/2000 und dem Beginn der Messperiode 2001 eine Lücke aufweisen. (Abb. 6.10)

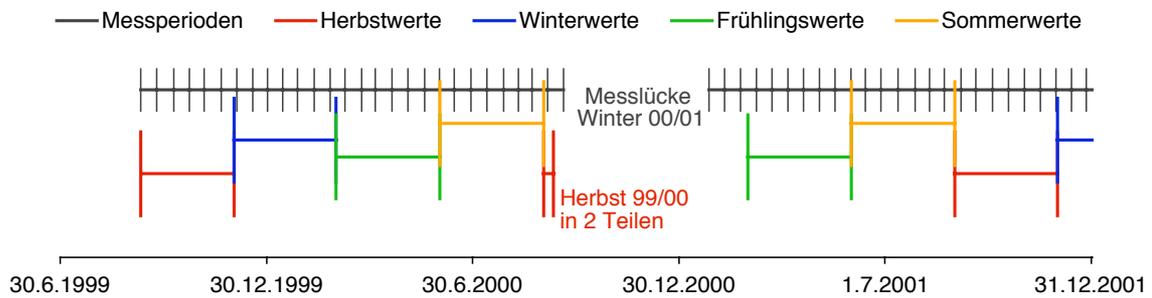


Abb. 6.10 Beispiel, wie die Zeitfenster für die Saisonmittelwerte definiert wurden.

## 7 Literatur

- BUWAL 2002: Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-Minderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Mitteilungen zur Luftreinhalte-Verordnung LRV, Nr. 13. BUWAL (ed.) Bern
- Brunner, J., Schlatter, S. 2002: Messung von Stickstoffdioxid mit Passivsammlern des Palmes-Typs – Praktische Erfahrungen und Resultate au der Stadt Zürich, der Ostschweiz und dem Fürstentum Lichtestein (OSTLUFT). VDI-Berichte Nr. 1656, 407-420
- Cercl'Air 2002: Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft – Grundlagen der Luftreinhaltung. Positionspapier des Cercl'Air – Bericht der Arbeitsgruppe Ammoniak-Emissionen Bezug: Cercl'Air Sekretariat, Postfach, 9102 Herisau, [www.cerclair.ch](http://www.cerclair.ch)
- EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL), BAFU (ed.) Bern, Schriftenreihe Umwelt Nr. 384
- EMPA 2003: Ammoniakmessungen im Gubristtunnel – Vergleich verschiedener Analysemethoden. Bericht-Nr. 425'799, Abteilung Luftfremdstoffe / Umweltanalytik EMPA, 18 S.
- Gehrig, R., Fäsi, C., Hofer, P. 1993: Bestimmung des Staubbiederschlags nach Bergerhoff – Verfahrenskenngrößen für die Messung des Staubbiederschlags und seiner Anteile an Blei, Cadmium, Zink und Thallium. Staub – Reinhaltung der Luft 53 (1993) 201 - 208
- KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft. Herausgeber: Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS)
- KVU 2006: Positionspapier über Ökologie und Landwirtschaft: Zustand wichtiger Umweltbereiche und Weiterentwicklung der agrarpolitischen Massnahmen vom 24. November 2006. Herausgeber: Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz, (KVU)
- OSTLUFT 2004: Stickstoff-Deposition in der Ostschweiz, 1994 bis 2003. [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)
- OSTLUFT 2005: Ammoniakbelastung OSTLUFT, 2000 bis 2004. [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)
- OSTLUFT 2006: Ammoniakbelastung OSTLUFT, 2000 bis 2005. [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)
- PSI/uwe 2007: Verursacher von Feinstaub, Teilbericht 1 PSI: Januar, Februar 2006, Teilbericht 2 uwe: Datenanalyse Reiden 2005/06, Paul Scherrer Institut / Umwelt und Energie Kanton Luzern
- Reidy B., Rihm B., Menzi H. 2007: A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a survey on farm and manure management and farm-specific model calculations. Atmospheric Environment (in press).
- SN EN 13528-2 2002: Aussenluftqualität – Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren.
- 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, 93-107
- Thöni, L., Seitler, E., Blatter, A., Neftel, A. 2003: A passive sampling method to determine ammonia in ambient air. J. Environ. Monit., 5, 96-99

- Thöni, L., Seitler, E. 2007: Ammoniak – Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2006. BAFU-Bericht. Bezugsquelle: BAFU, Abt. Luftreinhaltung und NIS, CH-3003 Bern, Fax: ++41 31 324 01 37,  
pdf-Download: [www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=de)
- UNECE 2003: Expert Workshop on empirical critical loads for nitrogen deposition on (Semi-)natural ecosystems. Summary report prepared by the organizers. United Nations Economic Commission for Europe, Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Working Group on Effects.. EB,.AIR/WG:1/2003/14
- UNECE 2007: Report on the Workshop on Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts. ECE/EB.AIR/WG.5/2007/3  
<http://www.unece.org/env/documents/2007/eb/wg5/ece.eb.air.wg.5.2007.3.e.pdf>

## 8 Anhang

### 8.1 Ammoniak-Messwerte 2006

Die Messwerte der früheren Jahre sind in OSTLUFT (2004, 2005 & 2006) aufgelistet.

Werte in  $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ , *Kursive Werte* liegen unter der Bestimmungsgrenze.

Appenzell-Steinegg APS					Hägenschwil HÄG					Eschlikon ESCH				
Emissionstyp e					Emissionstyp e					Emissionstyp e				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
	Tage	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$			Tage	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$			Tage	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
9.12.2005					30.12.2005					30.12.2005				
5.1.2006	27	<b>4.6</b>	0.4	3	30.1.2006	31	<b>2.0</b>	0.2	3	13.1.2006	14	<b>2.0</b>	0.2	3
2.2.2006	28	<b>7.5</b>	0.1	3	2.3.2006	31	<b>2.7</b>	0.0	3	31.1.2006	18	<b>1.8</b>	0.1	3
2.3.2006	28	<b>5.7</b>	0.2	3	30.3.2006	28	<b>9.4</b>	0.3	3	14.2.2006	14	<b>2.6</b>	0.1	3
3.4.2006	32	<b>6.1</b>	0.1	3	26.4.2006	27	<b>6.4</b>	0.1	3	28.2.2006	14	<b>2.4</b>	0.1	3
27.4.2006	24	<b>14.6</b>	0.5	3	24.5.2006	28	<b>5.9</b>	0.1	3	15.3.2006	15	<b>1.2</b>	0.0	3
24.5.2006	27	<b>5.9</b>	0.4	3	22.6.2006	29	<b>13.4</b>	0.3	3	31.3.2006	16	<b>4.1</b>	0.3	3
22.6.2006	29	<b>16.7</b>	1.1	2	20.7.2006	28	<b>20.9</b>	0.2	3	15.4.2006	15	<b>4.6</b>	0.2	3
20.7.2006	28	<b>19.8</b>	0.7	3	17.8.2006	28	<b>8.3</b>	1.1	3	28.4.2006	13	<b>7.8</b>	0.5	3
17.8.2006	28	<b>9.5</b>	0.8	3	14.9.2006	28	<b>11.5</b>	0.7	3	12.5.2006	14	<b>5.2</b>	0.2	3
14.9.2006	28	<b>14.0</b>	0.8	3	12.10.2006	28	<b>4.8</b>	0.2	3	31.5.2006	19	<b>3.0</b>	0.3	3
13.10.2006	29	<b>7.4</b>	1.0	3	9.11.2006	28	<b>10.9</b>	0.3	3	14.6.2006	14	<b>4.3</b>	0.4	3
10.11.2006	28	<b>19.1</b>	0.8	3	7.12.2006	28	<b>11.8</b>	0.3	3	30.6.2006	16	<b>9.1</b>	0.9	3
7.12.2006	27	<b>10.1</b>	0.1	3	5.1.2007	29	<b>3.7</b>	0.2	3	14.7.2006	14	<b>10.3</b>	0.7	2
6.1.2007	30	<b>7.2</b>	0.3	3						28.7.2006	14	<b>9.2</b>	1.2	3
										15.8.2006	18	<b>5.5</b>	0.3	3
										31.8.2006	16	<b>5.2</b>	0.5	3
										14.9.2006	14	<b>9.0</b>	0.3	3
										29.9.2006	15	<b>5.5</b>	0.1	2
										17.10.2006	18	<b>3.4</b>	0.1	3
										31.10.2006	14	<b>7.7</b>	0.1	3
										15.11.2006	15	<b>6.4</b>	0.3	2
										30.11.2006	15	<b>7.8</b>	0.3	3
										14.12.2006	14	<b>3.8</b>	0.3	3
										30.12.2006	16	<b>3.6</b>	0.2	3
										16.1.2007	17	<b>2.5</b>	0.08	3

## Anhang

<b>Mauren MAU</b>					<b>Tänikon TAE</b>					<b>Bachtel BA</b>				
Emissionstyp d					Emissionstyp d					Emissionstyp c				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$		Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$		Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
30.12.2005					16.12.2005					20.12.2005				
13.1.2006	14	2.4	0.0	3	4.1.2006	19	2.3	0.0	3	3.1.2006	14	0.3	0.1	3
31.1.2006	18	2.7	0.3	3	26.1.2006	22	2.9	0.1	3	17.1.2006	14	0.2	0.2	3
14.2.2006	14	2.7	0.2	3	9.2.2006	14	3.0	0.1	3	31.1.2006	14	0.5	0.0	3
28.2.2006	14	3.6	0.1	3	23.2.2006	14	3.4	0.2	3	14.2.2006	14	0.7	0.0	3
15.3.2006	15	1.7	0.1	3	9.3.2006	14	2.2	0.2	3	28.2.2006	14	0.7	0.0	3
31.3.2006	16	11.7	0.4	3	23.3.2006	14	6.1	0.1	2	14.3.2006	14	0.5	0.1	3
15.4.2006	15	4.2	0.2	3	6.4.2006	14	5.9	0.1	3	29.3.2006	15	1.4	0.1	3
28.4.2006	13	6.4	0.3	3	20.4.2006	14	4.4	0.1	3	12.4.2006	14	1.5	0.1	3
12.5.2006	14	13.6	0.6	3	3.5.2006	13	5.3	0.3	3	29.4.2006	17	8.5	0.6	3
31.5.2006	19	4.4	0.1	3	19.5.2006	16	5.8	0.3	3	10.5.2006	11	2.3	0.1	3
14.6.2006	14	3.2	0.3	3	2.6.2006	14	1.8	0.0	3	23.5.2006	13	1.2	0.1	3
30.6.2006	16	13.2	2.0	3	15.6.2006	13	8.5	0.4	3	6.6.2006	14	0.8	0.1	3
14.7.2006	14	15.8	0.0	2	29.6.2006	14	8.4	0.4	3	20.6.2006	14			0
28.7.2006	14	9.0	0.7	3	13.7.2006	14	6.7	0.4	3	4.7.2006	14	4.9	0.1	3
15.8.2006	18	7.8	0.6	3	27.7.2006	14	9.1	0.3	3	18.7.2006	14	10.5	0.3	3
31.8.2006	16	3.2	0.2	3	10.8.2006	14	6.7	0.2	3	1.8.2006	14	6.9	0.2	3
14.9.2006	14	9.6	1.0	3	24.8.2006	14	2.7	0.3	3	15.8.2006	14	1.1	0.0	3
29.9.2006	15	3.8	0.2	3	7.9.2006	14	2.1	0.3	3	30.8.2006	15	1.2	0.1	3
17.10.2006	18	3.8	0.2	3	20.9.2006	13	5.8	0.4	3	12.9.2006	13	3.3	0.1	3
31.10.2006	14	8.2	0.6	2	5.10.2006	15	4.4	0.4	3	26.9.2006	14	1.9	0.2	2
15.11.2006	15	8.5	0.1	2	19.10.2006	14	6.2	1.5	3	10.10.2006	14	1.1	0.2	3
30.11.2006	15	7.8	0.3	3	3.11.2006	15	9.1	0.5	3	24.10.2006	14	2.5	0.2	3
14.12.2006	14	4.4	0.2	3	15.11.2006	12	7.2	0.4	3	7.11.2006	14	3.1	0.2	3
30.12.2006	16	3.1	0.3	3	29.11.2006	14	7.9	0.2	3	21.11.2006	14	2.7	0.2	3
16.1.2007	17	3.2	0.1	2	14.12.2006	15	4.2	0.2	3	7.12.2006	16	1.6	0.1	3
					27.12.2006	54	6.7	0.6	3	20.12.2006	13	0.9	0.5	3
					10.1.2007	56	3.6	0.3	3	2.1.2007	13	1.2	0.1	3

<b>Hudelmoos HUD 3</b>					<b>Schänis SCH</b>				
Emissionstyp c					Emissionstyp b				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$		Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
14.12.2005					19.12.2005				
13.1.2006	30	1.0	0.0	3	31.1.2006	43	0.5	0.0	3
14.2.2006	32	1.7	0.1	3	28.2.2006	28	0.7	0.4	3
15.3.2006	29	0.9	0.0	3	29.3.2006	29	1.3	0.1	3
15.4.2006	31	2.8	0.1	3	24.4.2006	26	1.7	0.0	3
12.5.2006	27	3.9	0.1	3	22.5.2006	28	2.2	0.0	3
14.6.2006	33	2.6	0.1	3	19.6.2006	28	3.2	0.1	3
14.7.2006	30	3.8	0.4	3	17.7.2006	28	3.5	0.2	3
15.8.2006	32	3.5	0.1	3	14.8.2006	28	2.3	0.7	2
14.9.2006	30	2.9	0.2	2	11.9.2006	28	2.8	0.0	2
17.10.2006	33	1.8	0.1	3	9.10.2006	28	1.5	0.0	3
15.11.2006	29	3.5	0.0	2	6.11.2006	28	1.8	0.0	3
14.12.2006	29	3.1	0.1	3	4.12.2006	28	1.8	0.3	3
16.1.2007	33	1.2	0.1	2	3.1.2007	30	1.2	0.1	3

8.2 NO<sub>2</sub>-Messwerte 2006

Werte in  $\mu\text{g NO}_2 \text{ m}^{-3}$ , *Kursive Werte* liegen unter der Bestimmungsgrenze.

**Appenzell-Steinegg APS**

Emissionstyp e				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
9.12.2005				
5.1.2006	27	<b>11.8</b>	0.1	3
2.2.2006	28	<b>13.8</b>	0.7	3
2.3.2006	28	<b>13.6</b>	0.3	3
3.4.2006	32	<b>7.3</b>	0.2	3
27.4.2006	24	<b>6.6</b>	0.1	3
24.5.2006	27	<b>4.7</b>	0.0	3
22.6.2006	29	<b>4.8</b>	0.1	2
20.7.2006	28	<b>5.2</b>	0.1	3
17.8.2006	28	<b>5.1</b>	0.1	3
14.9.2006	28	<b>5.0</b>	0.1	3
13.10.2006	29	<b>6.8</b>	0.0	3
10.11.2006	28	<b>8.6</b>	0.2	3
7.12.2006	27	<b>8.8</b>	0.1	3
6.1.2007	30	<b>9.6</b>	0.1	3

**Hägenschwil HÄG**

Emissionstyp e				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
30.12.2005				
30.1.2006	31	<b>26.5</b>	0.3	3
2.3.2006	31	<b>17.9</b>	0.2	3
30.3.2006	28	<b>9.7</b>	0.1	3
26.4.2006	27	<b>7.5</b>	0.2	3
24.5.2006	28	<b>6.1</b>	0.1	3
22.6.2006	29	<b>5.9</b>	0.0	3
20.7.2006	28	<b>6.5</b>	0.1	3
17.8.2006	28	<b>6.4</b>	0.1	3
14.9.2006	28	<b>6.4</b>	0.1	3
12.10.2006	28	<b>8.9</b>	0.1	3
9.11.2006	28	<b>12.9</b>	0.1	3
7.12.2006	28	<b>15.1</b>	0.6	3
5.1.2007	29	<b>16.2</b>	0.1	3

**Bachtel BA**

Emissionstyp c				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
20.12.2005				
17.1.2006	28	<b>5.7</b>	0.1	3
14.2.2006	28	<b>13.9</b>	0.5	3
14.3.2006	28	<b>6.1</b>	0.2	3
12.4.2006	29	<b>5.5</b>	0.1	3
10.5.2006	28	<b>3.9</b>	0.3	3
6.6.2006	27	<b>3.3</b>	0.1	3
4.7.2006	28	<b>3.3</b>	0.0	3
1.8.2006	28	<b>3.7</b>	0.4	3
30.8.2006	29	<b>3.5</b>	0.0	3
26.9.2006	27	<b>5.0</b>	0.3	3
24.10.2006	28	<b>5.5</b>	0.1	3
21.11.2006	28	<b>6.1</b>	0.1	3
20.12.2006	29	<b>6.0</b>	0.1	3
16.1.2007	27	<b>6.2</b>	0.1	3

**Schänis SCH**

Emissionstyp b				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
19.12.2005				
31.1.2006	43	<b>16.7</b>	0.4	3
28.2.2006	28	<b>15.7</b>	0.2	3
29.3.2006	29	<b>6.2</b>	0.2	3
24.4.2006	26	<b>5.6</b>	0.2	3
22.5.2006	28	<b>3.9</b>	0.1	3
19.6.2006	28	<b>3.3</b>	0.0	3
17.7.2006	28	<b>3.6</b>	0.1	3
14.8.2006	28	<b>3.6</b>	0.2	3
11.9.2006	28	<b>3.4</b>	0.1	3
9.10.2006	28	<b>4.8</b>	0.0	3
6.11.2006	28	<b>8.1</b>	0.1	3
4.12.2006	28	<b>10.2</b>	0.1	3
3.1.2007	30	<b>10.0</b>	0.2	3

### 8.3 Modellerte Ammoniakkonzentrationen und Emissionen

#### Emissionsdaten von 2000

Standort Code	NH <sub>3</sub> -Konz modelliert μg m <sup>-3</sup>	NH <sub>3</sub> -Emissionen nach Quellen im Umkreis von								GVE	
		Landwirtschaft		Haushalt&Industrie		Verkehr		Summe		I	II
		0.5 km	2.5 km	0.5 km	2.5 km	0.5 km	2.5 km	0.5 km	2.5 km		
		kg N ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>			
APS	5.3	76.1	48.8	0.6	1.0	0.0	0.0	76.7	49.8		265
HÄG	6.2	59.2	60.1	1.0	0.0	0.0	0.0	60.2	60.1		100
ESCH	4.5	88.1	37.4	0.7	1.0	0.0	0.7	88.8	39.1		325
TAE	3.5	41.6	21.0	2.0	1.0	0.0	0.0	43.6	22.0		154
MAU	3.6	31.0	31.2	1.0	1.0	0.0	0.0	32.0	32.2		73
HUD 3	3.4	12.9	47.5	0.0	1.0	0.0	0.0	12.9	48.5		0
BA	3.2	32.5	29.5	0.0	1.0	0.0	0.0	32.5	30.5	16	114
SCH	1.8	4.3	21.0	0.0	1.0	0.0	1.0	4.3	23.0		0

GVE Grossvieheinheiten

I Gemäss Angaben der Stationsbetreiber

II Anzahl GVE im Umkreis von 500m, wobei die Standorte und Tierzahlen der landw. Betriebszählung 2000 des BFS verwendet werden.

### 8.4 Angaben zu den Messstandorten

Standort Code	Standort	Stationsbetreiber	Kt.	Höhe m ü.M	Koordinaten	Relief	Exposition	Neigung in % > 5%	Finanziert durch	PS-Wechsel durch
APS	Ap.-Steinegg	OSTLUFT	AI	820	750.83 243.70	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
HÄG	Häggenschwil	OSTLUFT	SG	555	743.66 261.77	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
ESCH	Eschlikon	Kt. TG	TG	575	715.42 257.22	E	—		BAFU	OSTLUFT
MAU	Mauren	Kt. TG	TG	439	729.16 269.40	E	—		BAFU	OSTLUFT
TAE	Tänikon	NABEL	TG	539	710.500 259.795	E	—		BAFU	Empa/NABEL
BA	Bachtel	OSTLUFT/FUB	ZH	930	710.35 239.60	H	E	18	OSTLUFT	FUB
HUD 3	Hudelmoos	OSTLUFT	TG	520	739.14 265.50	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
SCH	Schänis	OSTLUFT/WSL	SG	630	722.923 223.521	H	W	59	OSTLUFT	WSL

Relief:

E Ebene

H Hang