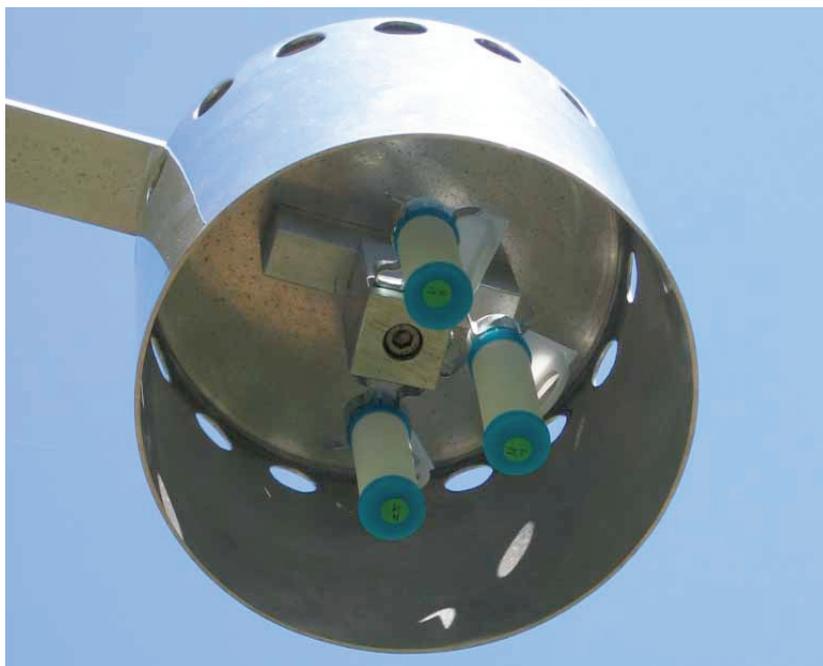


# Ammoniakbelastung OSTLUFT 2000 bis 2005



Dezember 2006



## Impressum

Kurztitel:	Ammoniakbelastung OSTLUFT 2000 bis 2005, Dezember 2006
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	Passivsammler für Ammoniakmessung (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 .....	2
2	Einleitung .....	4
3	Messtandorte .....	5
4	Resultate in der Übersicht .....	6
4.1	Ammoniak .....	6
4.1.1	Jahres- und saisonale Mittelwerte .....	6
4.1.2	Stationenvergleich und Veränderung über die Jahre .....	6
4.1.3	Emissionsärmere Gülleausbringtechnik .....	9
4.1.4	Langfristige Entwicklung .....	10
4.1.5	Vergleich mit Emissionsdichte und modellierten Konzentrationen .....	11
4.2	Stickstoffdioxid .....	12
4.2.1	Jahres- und saisonale Mittelwerte .....	12
5	Stationsbeschreibung und Einzelresultate .....	13
5.1	Ap.-Steinegg .....	14
5.2	Hägenschwil .....	16
5.3	Eschlikon .....	18
5.4	Mauren .....	20
5.5	Tänikon .....	22
5.6	Bachtel .....	24
5.7	Hudelmoos .....	26
5.8	Schänis .....	28
5.9	NO <sub>2</sub> -Resultate nach Standorten .....	30
6	Grundlagen .....	32
6.1	Bestimmung des Ammoniaks in der Aussenluft .....	32
6.1.1	Passivsammler für Ammoniakmessung .....	32
6.1.2	Qualitätssicherung .....	33
6.2	Passivsammler für NO <sub>2</sub> -Messung .....	36
7	Literatur .....	37
8	Anhang .....	38
8.1	Ammoniak-Messwerte 2005 .....	38
8.2	Modellierte Immissionskonzentration und Emissionsdichte .....	40
8.3	NO <sub>2</sub> -Messwerte 2005 .....	40
8.4	Angaben zu den Messtandorten .....	41

# 1 Zusammenfassung

## Gasförmige Stickstoffverbindungen im ländlichen Raum – Stand 2005

Seit 2000 verfolgt OSTLUFT den Verlauf der Ammoniakkonzentrationen an acht unterschiedlich belasteten Standorten in der Ostschweiz. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen werden an vier Stationen erfasst. Die Messergebnisse liefern eine Belastungsübersicht und dienen längerfristig der Erfolgskontrolle von ergriffenen bzw. geplanten Minderungsmaßnahmen.

In diesem Bericht sind die Ergebnisse der Messungen 2000 bis 2005 zusammengestellt. Die Messungen wurden von der FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung in Rapperswil ausgeführt. Bis 2003 wurde die Ammoniakbelastung mit dem Zürcher Passivsammler erfasst (Thöni et al. 2003). Anfang 2004 wurde auf eine verbesserte Sammelmethode umgestellt (Radiello Passivsammler). Die Vergleichbarkeit der beiden Messmethoden wird kontinuierlich unter verschiedenen Bedingungen durch Parallelmessungen sowie gegenüber einer unabhängigen Messmethode (Denuder) überprüft.

Aus den bisherigen Untersuchungen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Der grösste Anteil der N-Deposition in der Ostschweiz ist auf reduzierte Stickstoffverbindungen, Ammoniak und Ammonium, zurückzuführen.
- An den ländlichen, siedlungsfernen Standorten ist der Stickstoffanteil aus NO<sub>2</sub> gegenüber dem aus Ammoniak gering.
- Im Umfeld von Tiermastbetrieben wurden im Jahresmittel drei bis vier Mal höhere Ammoniakkonzentrationen gemessen als im Umfeld von extensiv bewirtschafteten Flächen.
- Seit Einführung einer emissionsarmen Gülleausbringtechnik (Schleppschlauch) im Jahre 2003 ist die Ammoniakbelastung im Umfeld der Messstelle Bachtel erstmals seit 1992 zurückgegangen. Die Veränderung ist deutlich erkennbar am Rückgang der Extremwerte. Die Wirkung von Massnahmen zur Minderung Ammoniakverluste lässt sich daher mit einfachen Messmethoden nachweisen.
- 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 nach dem BAFU-Modell berechneten Ammoniak-Konzentrationen zeigen eine gute Übereinstimmung mit punktuellen Messungen. Die Kombination von Konzentrationsmessungen mit emissionsbasierten

Hochrechnungen bietet eine verlässliche Darstellung der raumübergreifenden Belastungssituation.

### Ausblick

Um die langfristige Entwicklung der Ammoniak-Immissionen in der Ostschweiz an verschiedenen belasteten Orten zu verfolgen, und der Erfolg von Veränderungen der Emissionssituation in späteren Jahren zu kontrollieren, ist eine Fortführung der Messungen angezeigt.

## 2 Einleitung

Wälder und andere naturnahe Standorte werden durch den Eintrag von Stickstoffverbindungen aus der Luft überdüngt. Reduzierte Stickstoffverbindungen verstärken dabei zusätzlich die Bodenversauerung.

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.

Gasförmige, partikelgebundene und mit Niederschlägen abgelagerte Stickstoffverbindungen wurden an wenigen Standorten erfasst (OSTLUFT 2004). Seit 2004 werden nur noch die gasförmigen Verbindungen Ammoniak und NO<sub>2</sub> mit Passivsammlern an acht Standorten erfasst. Die Ammoniakmessungen aus dem OSTLUFT-Gebiet werden mit den Messwerten aus der übrigen Schweiz verglichen (Thöni & Seitler 2006).

### 3 Messstandorte

Seit 2004 verfolgt OSTLUFT die Konzentration von Ammoniak NH<sub>3</sub> an acht (Appenzell, Häggenschwil, Eschlikon, Mauren, Tänikon, Bachtel, Schänis und Hudelmoos) und von Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub> an vier (Appenzell, Häggenschwil, Bachtel und Schänis) unterschiedlich belasteten Standorten in der Ostschweiz. Die genutzten Standorte decken den OSTLUFT-Raum relativ gut ab (Abb. 1) und ermöglichen zudem eine gute Differenzierung nach Belastungsfaktoren Quellentyp und Quellenintensität (Tab. 1)

Tab. 1 Charakterisierung der Standorte zur Erfassung von gasförmigen Stickstoff-Komponenten

Quellenaktivitäten	Standort	Abk.	Gas	gemessen
Sehr intensiv bewirtschaftet	<b>Ap.-Steinegg</b> 820 m ü M	<b>APS</b>	NH <sub>3</sub>	2003 - 2005
	<b>Häggenschwil</b> 555 m ü M	<b>HÄG</b>	NO <sub>2</sub>	2003, 2005
			NH <sub>3</sub>	2003 - 2005
			NO <sub>2</sub>	2003 - 2005
Intensiv bewirtschaftet	<b>Eschlikon</b> 575m ü M	<b>ESCH</b>	NH <sub>3</sub>	2002 - 2005
	<b>Mauren</b> (Kant. Messstation) 439 m ü M	<b>MAU</b>	NH <sub>3</sub>	2000 - 2005
	<b>Tänikon</b> (NABEL-Messstation) 540 m ü M	<b>TAE</b>	NH <sub>3</sub>	2000 - 2005
Extensiv bewirtschaftet	<b>Bachtel</b> Hinterer Sennenberg 930 m ü M	<b>BA</b>	NH <sub>3</sub>	1994-98, 2000-05
	<b>Hudelmoos</b> 520 m ü M	<b>HUD 3</b>	NO <sub>2</sub>	2004-2005
Weidewirtschaft	<b>Schänis</b> (WSL-Messstation) 630 m ü M	<b>SCH</b>	NH <sub>3</sub>	2000, 2002 - 2005
			NO <sub>2</sub>	2000, 2002 - 2005



Abb. 1 Die Messstandorte

## 4 Resultate in der Übersicht

### 4.1 Ammoniak

#### 4.1.1 Jahres- und saisonale Mittelwerte

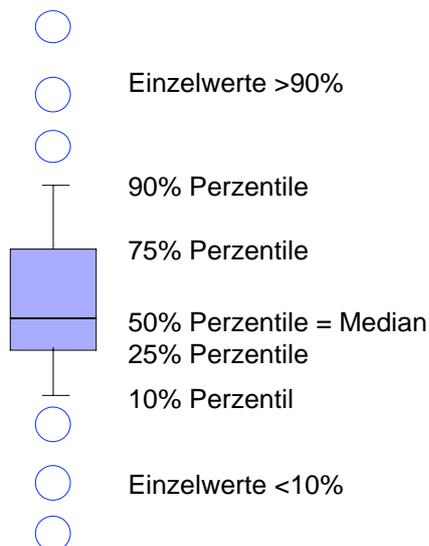
In Tabelle 2 sind die Jahres- und Saisonmittel der Ammoniakkonzentrationen aufgelistet.

Tab. 2 Jahres-, Winter- (Oktober – März) und Sommer- (April – September) Mittelwerte (gewichtet) von 2000 bis 2005 in  $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ , (kursiv = Werte unter der Bestimmungsgrenze)

Standort	Code	Jahresmittel						Wintermittel Okt. - März						Sommermittel April - Sept.					
		$\mu\text{g m}^{-3}$						$\mu\text{g m}^{-3}$						$\mu\text{g m}^{-3}$					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ap.-Steinegg	APS				10.4	8.8	<b>9.5</b>				11.9	8.1	<b>9.5</b>				9.2	9.4	<b>9.5</b>
Häggenschwil	HÄG				8.5	8.2	<b>7.6</b>				6.3	7.7	<b>5.9</b>				10.3	8.5	<b>9.0</b>
Eschlikon	ESCH			3.6	4.9	6.1	<b>5.3</b>			3.2	4.4	5.6	<b>4.7</b>			3.9	5.3	6.6	<b>6.0</b>
Mauren	MAU	3.7	3.9	3.1	4.5	5.5	<b>5.4</b>	3.0	3.5	3.2	4.5	5.7	<b>5.1</b>	4.3	4.3	2.9	4.6	5.3	<b>5.8</b>
Tänikon	TAE	3.5	4.0	3.7	5.9	5.6	<b>5.7</b>	3.3	3.8	3.6	5.5	5.3	<b>5.7</b>	3.7	4.1	3.7	6.2	6.0	<b>5.7</b>
Bachtel	BA	1.9	2.1	1.9	2.1	1.7	<b>1.7</b>	1.1	1.4	1.0	1.7	1.2	<b>1.4</b>	2.6	2.8	2.8	2.5	2.2	<b>2.0</b>
Hudelmoos	HUD 3		3.0	2.1	2.3	2.1	<b>2.0</b>		1.8	1.8	1.6	2.0	<b>1.8</b>		4.2	2.4	2.9	2.2	<b>2.1</b>
Schänis	SCH	1.5		1.9	2.9	2.2	<b>1.7</b>	0.9		1.8	1.9	1.7	<b>1.5</b>	2.0		2.0	4.0	2.8	<b>2.0</b>

#### 4.1.2 Stationenvergleich und Veränderung über die Jahre

In den folgenden Abbildungen werden die Resultate als Boxplots dargestellt, darin sind die 10%, 25%, 50% (Median), 75% und 90% Perzentile berücksichtigt. Werte oberhalb der 90% Perzentile resp. unterhalb der 10% Perzentile sind als Einzelpunkte eingezeichnet.



Die Abbildungen sollen einerseits den Vergleich unter den Stationen besser sichtbar zu machen, andererseits die Entwicklung über diese sechs Jahre aufzeigen. Berücksichtigt wurden die Stationen an denen im Jahr 2005 gemessen wurde. Meist waren die Messperioden 14-tägig, manchmal auch vierwöchentlich oder länger. Die Messperioden sind meist zwei- oder vierwöchentlich. Innerhalb eines Standortes wurden soweit möglich für alle Jahre die gleiche Anzahl Messperioden berücksichtigt. Die Frequenz beeinflusst das Bild, bei Vierwochenperioden werden hohe Konzentrationen stärker ausgemittelt. Die Skalenhöhe pro Konzentration wurde bei allen Boxplotgrafiken im gleichen Verhältnis abgebildet, 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.

### Extensive Landwirtschaft

Abbildung 2 zeigt die Stationen Bachtel, Hudelmoos 3 und Schänis. Bei der Station Bachtel wird seit Frühling 2003 mit Schleppschlauch gegüllt, vorher mit Breitverteiler.

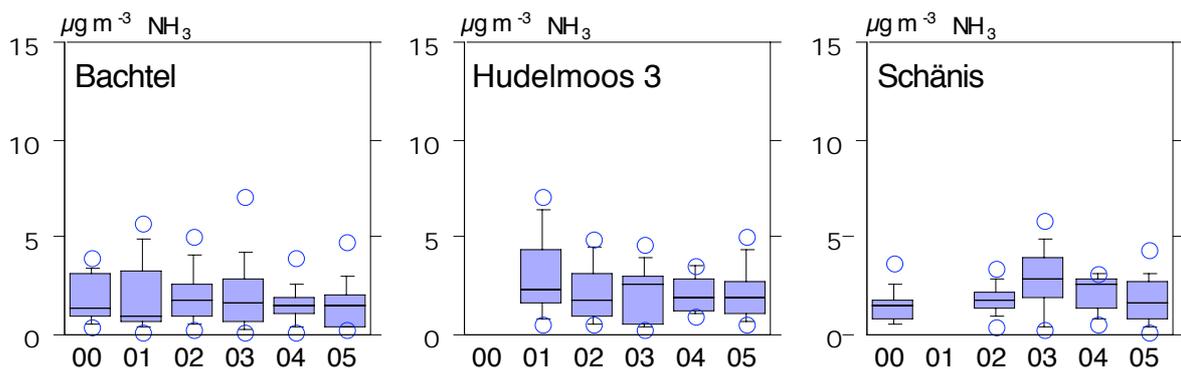


Abb. 2 Einzelwerte der vier bis fünf Messperioden als Boxplots dargestellt: Bachtel, Hudelmoos und Schänis

## Intensive Landwirtschaft

In Abbildung 3 werden die Stationen mit mehr oder weniger intensiver Landwirtschaft in der Umgebung dargestellt. Appenzell und Häggenschwil zeigen dabei die höchsten Werte.

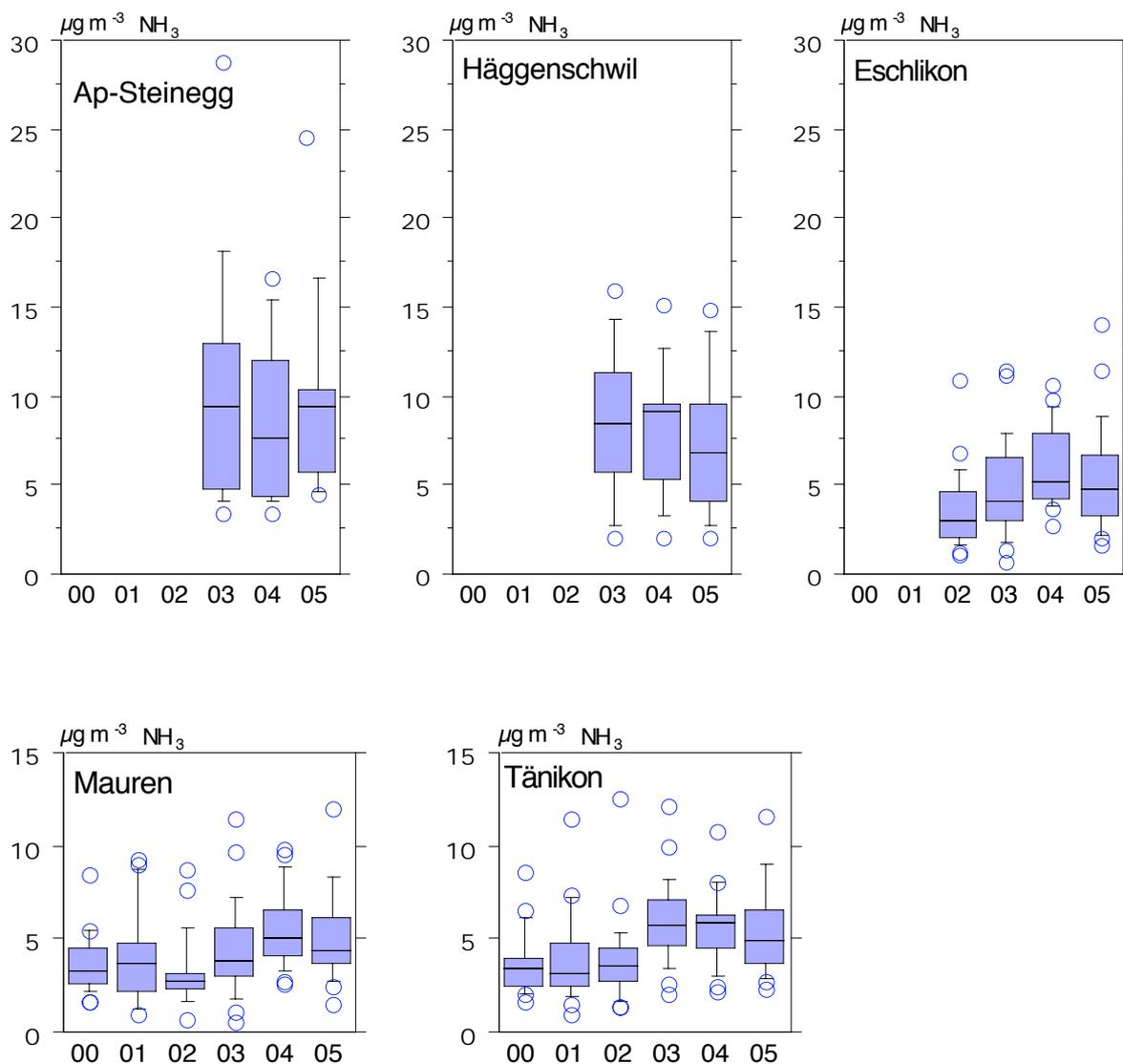


Abb. 3 Einzelwerte der zwei bis fünf Messjahre als Boxplots dargestellt: Appenzell und Häggenschwil 13 Messperioden pro Jahr, Eschlikon, Mauren und Tänikon ca. 24 Messperioden pro Jahr

### 4.1.3 Emissionsärmere Gülleausbringtechnik

Im Hitzesommer 2003 wurden an praktisch allen Standorten höhere Werte gemessen als in den Vorjahren, einzige Ausnahme bildete die Station Bachtel, bei der im Sommerhalbjahr 2003 ein ungefähr gleich hoher Wert wie in den Vorjahren gefunden wurde (Abb. 4). Ab April 2003 wurde bei der Gülleausbringung beim Bachtel vom Breitverteiler auf Schleppschlauchsystem umgestellt. Nach Auskunft von Christian Knecht, Bauer bei der Station Bachtel, sind Menge und Häufigkeit der Gülleausbringung und Anzahl Vieheinheiten seit 1993 jedes Jahr ungefähr gleich geblieben.

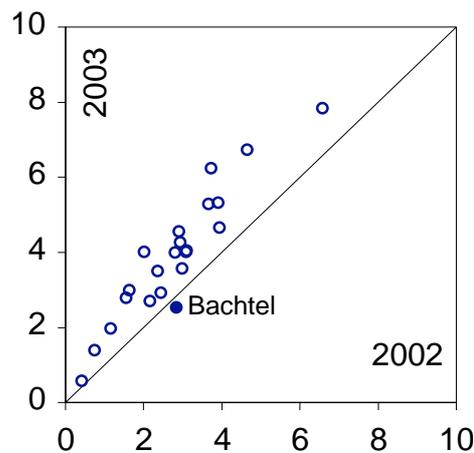


Abb. 4 Vergleich der Halbjahres-Mittelwerte 2003 mit 2002, je April – September, an verschiedenen Schweizer Messstandorten in  $\mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$

In Abbildung 5 werden die Ammoniakkonzentrationen der Station Bachtel mit dem ähnlich belasteten Muri verglichen. Während bei der Station Muri im Jahr 2003 mehr als 30% höhere Sommer-Konzentrationen gemessen wurden als in den andern Jahren, waren die Werte bei der Station Bachtel, bei der seit Frühling 2003 mit dem Schleppschlauchverfahren gegüllt wird, leicht niedriger als in den Vorjahren. Auch in den folgenden Messjahren blieb die Konzentration auf dem Bachtel deutlich niedriger als bei Muri. Da die Güllebelastung und die Vieheinheiten seit 1993 ungefähr gleich waren, sind die kleineren Konzentrationen ein Hinweis darauf, dass das Schleppschlauchverfahren die Emissionen von Ammoniak deutlich mindern kann. Die Wirkung von Massnahmen zur Minderung Ammoniakverluste lässt sich daher mit einfachen Messmethoden nachweisen.

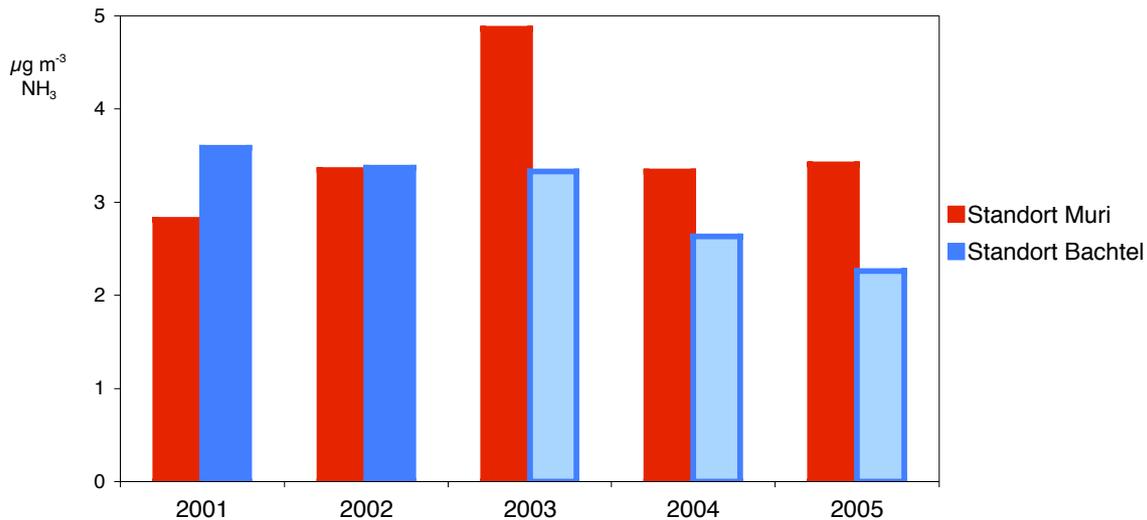


Abb. 5 Vergleich der Sommerhalbjahres-Mittel (April - September) bei der Station Muri und bei der Station Bachtel.

Gülleausbringung auf dem Bachtel: 2001 und 2002 mit Breitverteiler, ab 2003 mit Schleppschlauch.

#### 4.1.4 Langfristige Entwicklung

Bei der Station Bachtel wurde mit einem Jahr Unterbruch seit 1993 Ammoniak gemessen, wobei von 1993 bis 1998 und 2001 bis 2004 Ammoniak aktiv mit Denudern gesammelt, von 2000 bis 2004 zusätzlich mit Zürcher-Passivsammlern und ab 2004 mit Radiello-Passivsammlern gemessen wurde. Die Jahresmittelwerte bei der Station Bachtel schwankten innerhalb von 1.6 – 2.7 µg m<sup>-3</sup> (Abb. 6). Seit Einführung der emissionsarmen Gülleausbringetechnik im April 2003 ist die Ammoniakbelastung im Umfeld der Messstelle Bachtel tendenziell zurückgegangen. Die Veränderung ist deutlich erkennbar am Rückgang der Extremwerte.

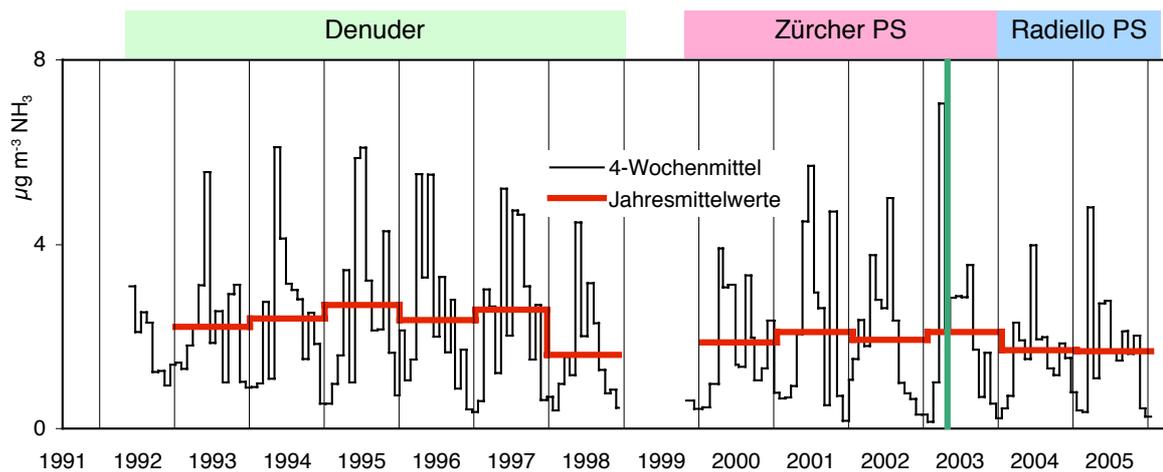


Abb. 6 Ammoniak gemessen bei der Station Bachtel mit Bezeichnung der Sammelmethode. Grüne (dicke) Linie: ab April 2003 Güllen mit Schleppschauch, vorher mit Breitverteiler

#### 4.1.5 Vergleich mit Emissionsdichte und modellierten Konzentrationen

##### Emissionsdichte:

Für die ganze Schweiz wurden räumliche Ammoniak-Emissionsmuster im Hektarraster kartiert, indem folgende Informationen kombiniert wurden (genauer bei Rihm 1996, Rihm und Kurz 2001, Thöni et al 2004):

- Lage der Emissionsquellen, z.B. Bauernhäuser, Bodennutzung, Strassen
- Nationale Statistik über die Ammoniak emittierenden Aktivitäten (z.B. Tierbestandesstatistik für jeden Bauernbetrieb)
- Aktivitätsspezifische Emissionsfaktoren

Für die Emissionen wurde das Bezugsjahr 2000 genommen und mit den gemessenen Konzentrationen von 2005 verglichen. Für die Graphik wurden die Emissionsquellen im Umkreis von 0.5 km Radius berücksichtigt, im Anhang sind zusätzlich die Werte aufgelistet, für welche die Emissionsquellen im Umkreis bis 2.5 km einberechnet wurden.

Die Emissionsdichten und die Konzentrationen ergeben eine lineare Funktion (Abb. 7a).

##### Modellierte Konzentration:

Mit einem empirischen Modell ausgehend von Emissionsdaten wurde durch Beat Rihm (Meteotest, Bern) (Methode in Thöni et al. 2004) die Ammoniakkonzentration berechnet (Abb. 7b). Niedrige Konzentrationen scheinen mit dem Modell eher überschätzt, höher eher unterschätzt zu werden. Die Unterschiede können aber eine Folge der verschiedenen Bezugsjahre sein.

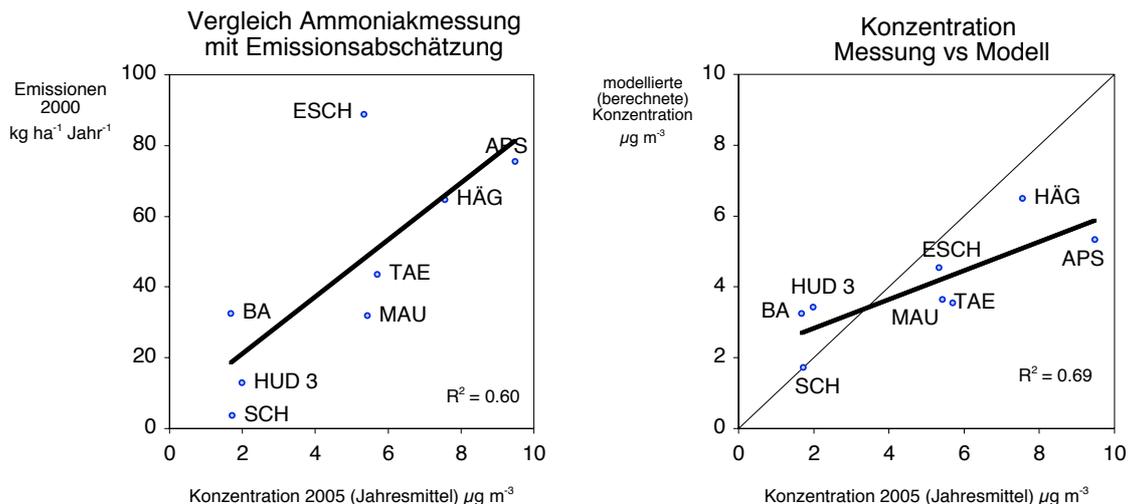


Abb. 7 a) Vergleich der Konzentration, gemessen 2005, mit den Emissionen am jeweiligen Standort (Grundlage Jahr 2000). Berücksichtigt ist die Emissionsdichte im Umkreis von 0.5 km um den Messstandort.  
b) Vergleich der gemessenen Konzentrationen mit den modellierten Werten (Emissionsdatengrundlage 2000)

## 4.2 Stickstoffdioxid

### 4.2.1 Jahres- und saisonale Mittelwerte

In Tabelle 4 sind die Jahres- und Saisonmittel der Stickstoffdioxidkonzentrationen aufgelistet. Die vier Standorte Ap.-Steinegg, Häggenschwil, Bachtel und Schänis sind strassenfern und weisen niedrige NO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf. 50 m neben der Station Tänikon führt eine Landstrasse mit wenig Verkehr vorbei. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind höher als an den anderen untersuchten Standorten, aber deutlich unter dem LRV-Grenzwert.

Tab. 4 Jahres-, Winter- (Oktober – März) und Sommer- (April – September) Mittelwerte (gewichtet) von 2000 bis 2005 in  $\mu\text{g m}^{-3}$  NO<sub>2</sub>

Standort	Code	Jahresmittel						Wintermittel Okt. - März						Sommermittel April - Sept.					
		$\mu\text{g m}^{-3}$						$\mu\text{g m}^{-3}$						$\mu\text{g m}^{-3}$					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ap.-Steinegg	APS				7.3		7.2				9.8		10.5				5.2		5.0
Häggenschwil	HÄG				10.6	9.6	8.9				14.7	13.7	14.2				7.2	6.3	6.5
Bachtel	BA					5.2	5.1					6.6	6.4					3.5	3.7
Schänis	SCH	6.6		6.4	6.8	6.5	7.0	8.8		8.8	9.6	9.2	9.7	4.7		4.0	3.6	3.3	3.7
Tänikon	TAE		15	13	14	16	15												

Die Daten der Station Tänikon stammen aus kontinuierlichen Messungen des NABEL (BAFU 2006)

## 5 Stationsbeschrieb und Einzelresultate

In diesem Kapitel werden für jede Station ein Stationsblatt (Kurzbeschreibung), die geschätzten Ammoniakemissionen in der Umgebung, die Resultate als Jahres-, Sommer und Wintermittel und die Einzelwerte in einer Verlaufskurve dargestellt.

### Definitionen

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: <ul style="list-style-type: none"> <li>— keine Einwohner</li> <li>Einzelgebäude, Einzelhöfe</li> <li>Weiler &lt;1'000 Einwohner</li> <li>kleines Dorf 1'000 – 3'000 Einwohner</li> <li>grosses Dorf 3'000 – 10'000 Einwohner</li> <li>Kleinstadt 10'000 – 50'000 Einwohner</li> <li>Stadt &gt; 50'000 Einwohner</li> </ul>

## 5.1 Ap.-Steinegg

## Ap.-Steinegg (Appenzell AI)

**APS**

Betreiber: OSTLUFT

Kategorie:  
**e**

sehr  
intensive  
Tierwirt-  
schaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

**750 80 / 243 70**

**575 m ü. M.**

263 GVE

—

<2000 (<5%)

Weiler

1.7 m

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Lage zwischen Hauptquellen



Messstelle



Schweine Stall ESE



Messstelle und Geflügelstall  
auf Anhöhe W

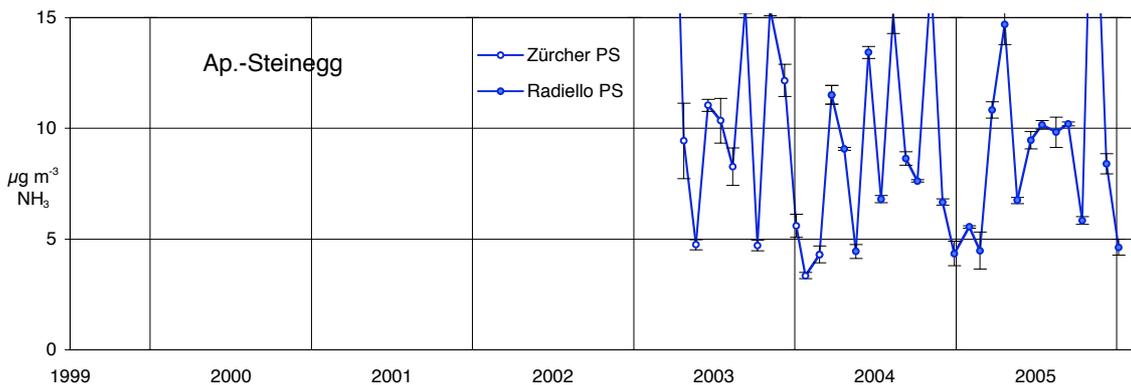
Kurzbeschreibung der Station Ap.-Steinegg

Messstelle im Vorgarten eines Einfamilienhauses angrenzend an Nebenstrasse. Inbetriebnahme als N-Depositionsmessstelle im Winter 2003. In je 100 m Entfernung befinden sich ein Schweine-stall und ein Geflügelstall.

Ammoniakemissionen				* (Radius um Station)	
km*	Landwirt-schaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	74.8	0.8	0.0	<b>75.5</b>	
2.5	48.5	1.0	0.0	<b>49.5</b>	

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl Messperioden		
2003	<b>10.4</b>	<b>11.9</b>	<b>9.2</b>	13	6	7
2004	<b>8.8</b>	<b>8.1</b>	<b>9.4</b>	13	6	7
2005	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	13	6	7



## 5.2 Häggenschwil

## Häggenschwil (SG)

**HÄG**

Betreiber: OSTLUFT

Kategorie:  
e

sehr  
intensive  
Tierwirt-  
schaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

**743 60 / 261 70**

**555 m ü. M.**

117 GVE

—

—

Weiler

1.7 m

Tierwirtschaft,  
Obstbau

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Messstelle N-Deposition



Blick Richtung ESE Rinderstall

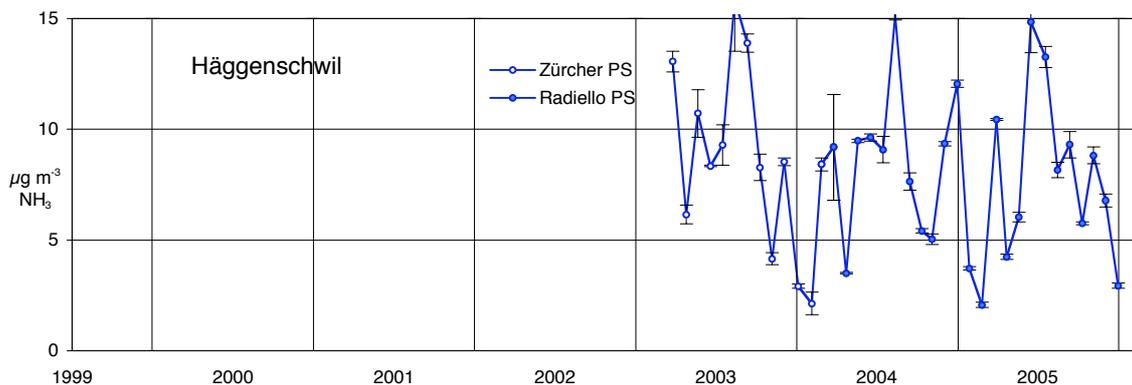
## Kurzbeschreibung der Station Haggenschwil

Messstelle am Rand eines Flurweges inmitten von Weideland, angrenzend an Ackerbauflächen. Inbetriebnahme für N-Depositionsmessungen Winter 2003.

Ammoniakemissionen				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	44.0	1.3	0.0	<b>45.3</b>	
2.5	21.5	0.3	0.0	<b>21.8</b>	

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl Messperioden		
2003	<b>8.5</b>	<b>6.3</b>	<b>10.3</b>	13	6	7
2004	<b>8.2</b>	<b>7.7</b>	<b>8.5</b>	13	6	7
2005	<b>7.6</b>	<b>5.9</b>	<b>9.0</b>	13	6	7



## 5.3 Eschlikon

## Eschlikon (TG)

**ESCH**

Betreiber: Kt. TG

Kategorie:  
**e**

sehr  
intensive  
Tierwirt-  
schaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

**715 42 / 257 22**

**575 m ü. M.**

**325 GVE**

**ca. 200 m**

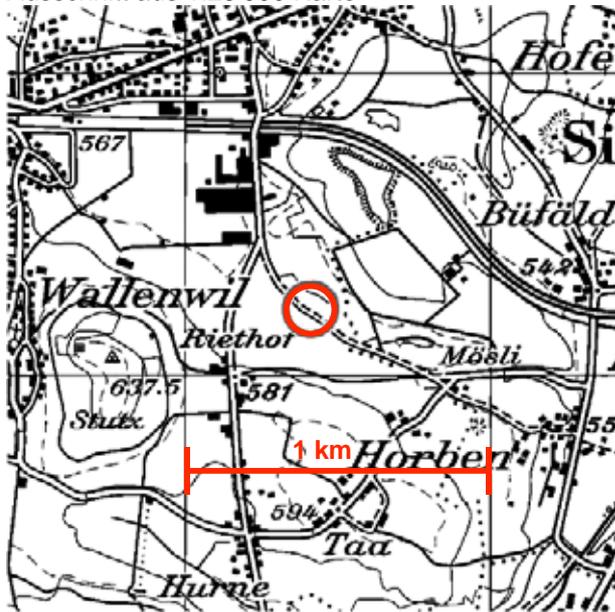
**<1000 (<5%)**

**Einzelgebäude**

**1.7 m**

**Waldrand**

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Messstelle Waldrand, Nahaufnahme



Blick von der Messstelle Richtung WSW, Weide und Ackerland

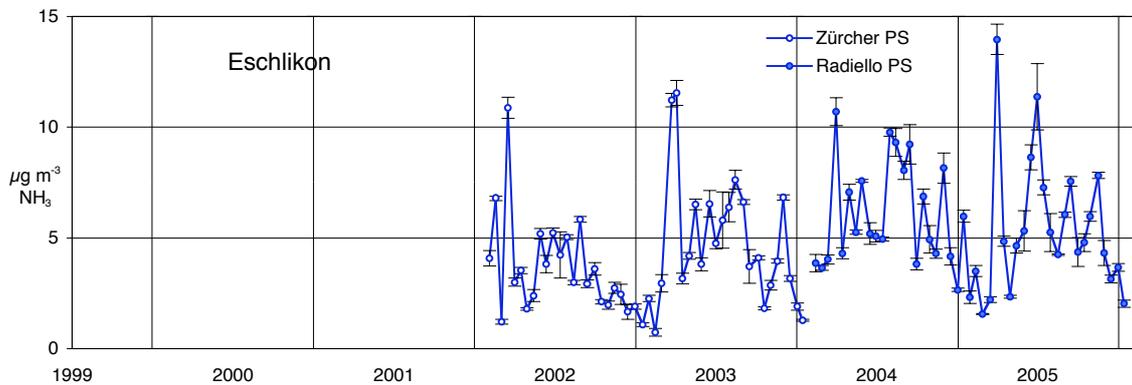
## Kurzbeschreibung der Station Eschlikon

Seit 2000 Messstelle am Waldrand/Flurstrasse, am Rande einer landwirtschaftlich bewirtschafteten Ebene.

Ammoniakemissionen				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	31.5	0.0	0.0	<b>31.5</b>	
2.5	39.0	1.0	1.0	<b>41.0</b>	

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl Messperioden		
2002	<b>3.6</b>	<b>3.2</b>	<b>3.9</b>	24	12	12
2003	<b>4.9</b>	<b>4.4</b>	<b>5.3</b>	24	12	12
2004	<b>6.1</b>	<b>5.6</b>	<b>6.6</b>	24	11	13
2005	<b>5.3</b>	<b>4.7</b>	<b>6.0</b>	24	12	12



## 5.4 Mauren

## Mauren (TG)

**MAU**

Betreiber: Kt. TG

Kategorie  
**d**

intensive  
Landwirt-  
schaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

**729 180 / 269 405**

**439 m ü. M.**

73 GVE

150 m

3000 (<5%)

Weiler

1.7 m

Obstbau

Schrebergärten

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Überwachungsstation KVA Weinfeldern



Ammoniak Messstelle

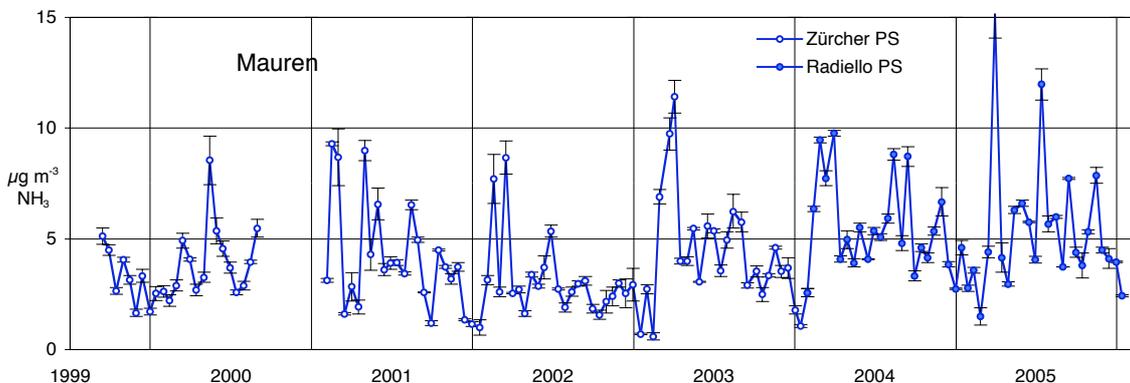
Kurzbeschreibung der Station Mauren

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

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

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	µg m <sup>-3</sup>	µg m <sup>-3</sup>	µg m <sup>-3</sup>	Anzahl Messperioden		
2000	<b>3.7</b>	<b>3.0</b>	<b>4.3</b>	24	12	12
2001	<b>3.9</b>	<b>3.5</b>	<b>4.3</b>	24	12	12
2002	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>2.9</b>	24	12	12
2003	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.6</b>	24	12	12
2004	<b>5.5</b>	<b>5.7</b>	<b>5.3</b>	24	12	12
2005	<b>5.4</b>	<b>5.1</b>	<b>5.8</b>	24	12	12



## 5.5 Tänikon

## Tänikon (Aadorf TG)

### TAE

Betreiber: NABEL

Kategorie:  
d

intensive  
Landwirt-  
schaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

Höhe über Boden:

direkte Umgebung:

710 500 / 259 795

539 m ü. M.

154 GVE

50 m

< 2000

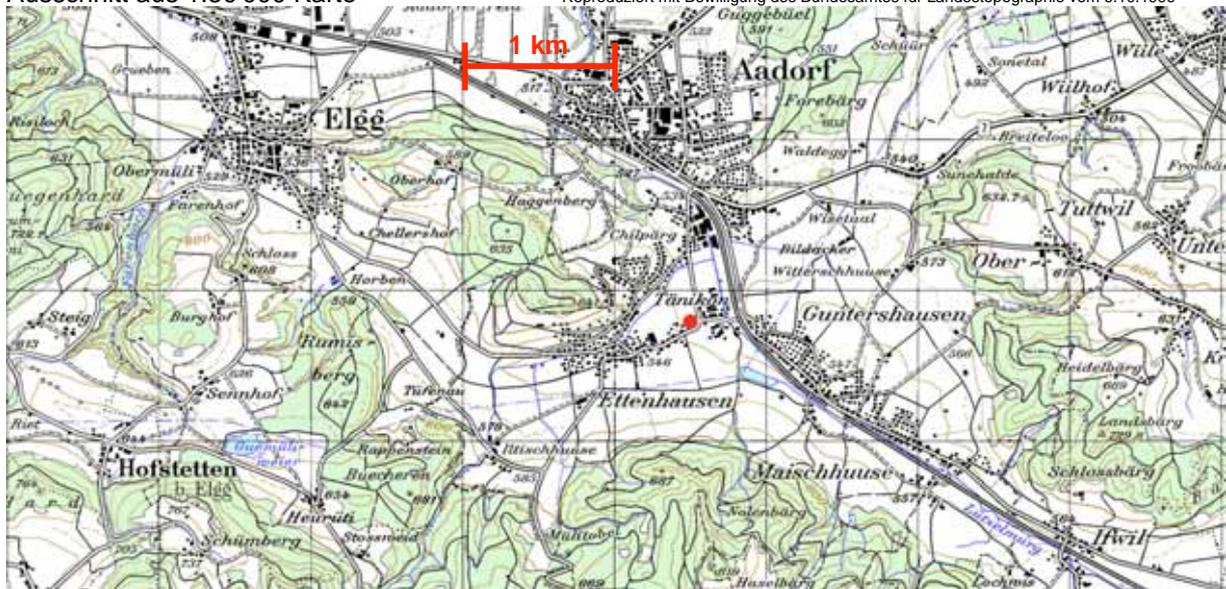
grosses Dorf

ca. 3.5 m

Weiden, Felder

Ausschnitt aus 1:50'000 Karte

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 6.10.1999



NABEL- Station Tänikon: Blick nach Süden



Richtung Nordwesten (der rote Kreis markiert den Standort der Passivsammler)

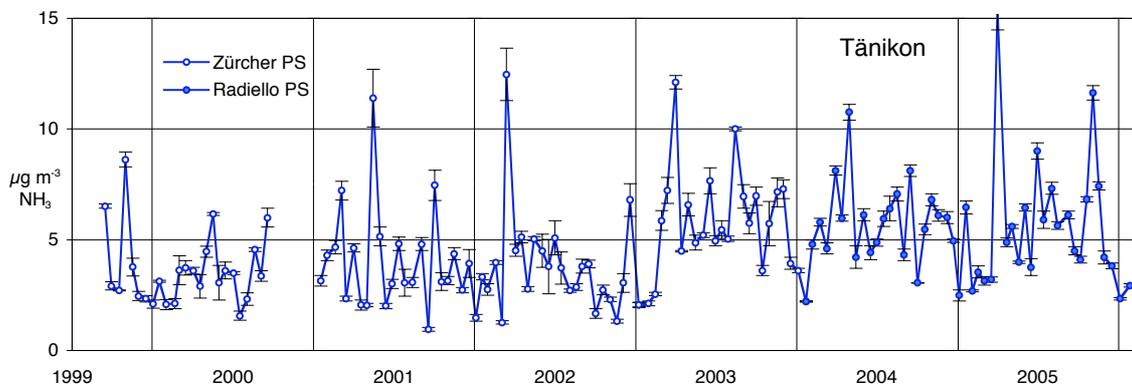
## Kurzbeschreibung der Station Tänikon

Die Station liegt auf dem Gelände der Forschungsanstalt Agroscope ART Reckenholz auf dem Boden der Gemeinde Aadorf, nahe Ettenhausen. Die unmittelbare Umgebung ist, abgesehen von den Gebäuden der Forschungsanstalt nur wenig überbaut und wird von Landwirtschaft (Felder und Wiesen) und Wäldern dominiert. 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				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	41.5	2.0	0.0	<b>43.5</b>	
2.5	21.0	1.0	0.0	<b>22.0</b>	

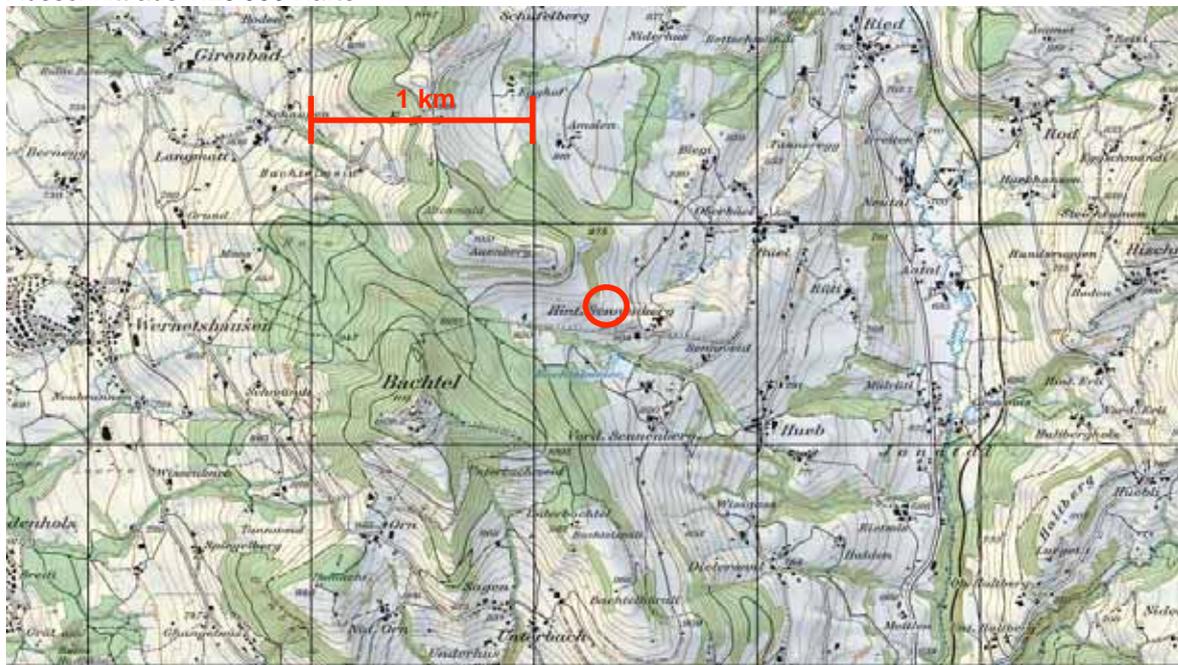
Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl Messperioden		
2000	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.7</b>	25	12	13
2001	<b>4.0</b>	<b>3.8</b>	<b>4.1</b>	24	12	12
2002	<b>3.7</b>	<b>3.6</b>	<b>3.7</b>	24	12	12
2003	<b>5.9</b>	<b>5.5</b>	<b>6.2</b>	23	11	12
2004	<b>5.6</b>	<b>5.3</b>	<b>6.0</b>	23	11	12
2005	<b>5.8</b>	<b>5.8</b>	<b>5.7</b>	24	12	12



## 5.6 Bachtel

<b>Bachtel (Wald ZH)</b>	Kategorie:	Koordinaten:	<b>710 35 / 239 60</b>
	<b>c</b>	Höhe:	<b>930 m ü. M.</b>
<b>BA</b> Betreiber: OSTLUFT/FUB	Gras-/ Weide wirtschaft	Landwirtschaft:	<b>16 GVE (200 m) 114 GVE (500 m)</b>
		Strassenabstand:	—
		Verkehr DTV (%LKW):	—
		Siedlungsgrösse:	Einzelhöfe
		Höhe über Boden: direkte Umgebung:	ca. 1.5 m Wiesen, Weideland

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



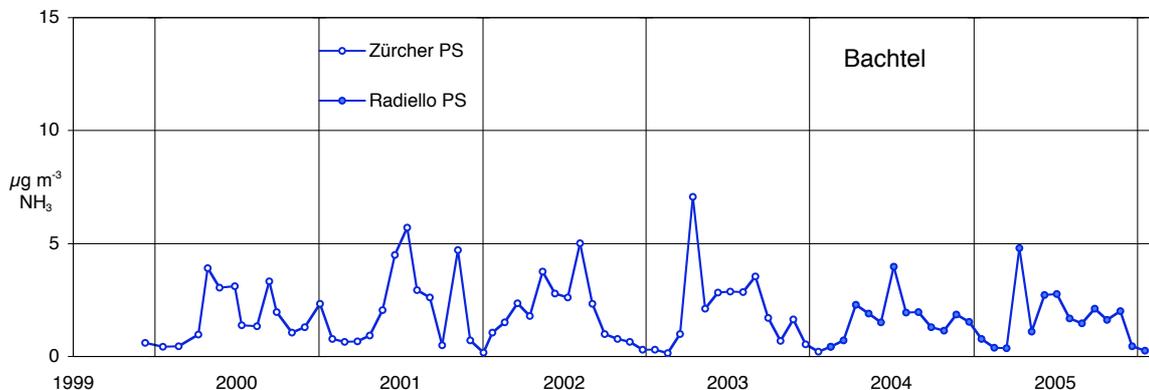
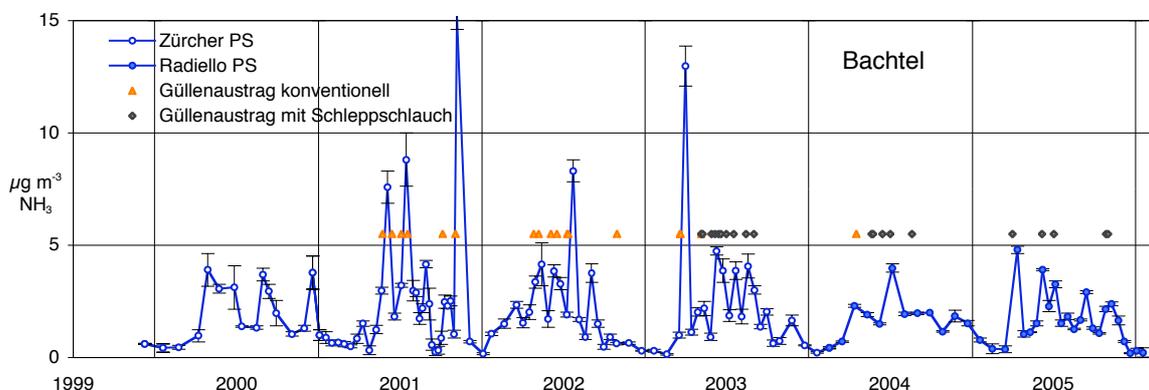
Kurzbeschreibung der Station Bachtel

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 Güllesilo. Bis März 2003 wurde die Gülle mit einem Breitverteiler ausgebracht, anschliessend mit Schleppschauch. In 50 m Distanz zur Messstation befindet sich ein altes Bauernhaus mit einem kleinen Stall in dem gelegentlich Schafe untergebracht sind. Der Verlauf im Sommerhalbjahr 2001 wirkt unruhiger, wobei der Grund die höhere Sammelfrequenz ist (eine Woche). 2001 bis 2003 & 2005 wurde sonst zweiwöchentlich, 2000 und 2004 nur vierwöchentlich gemessen. Der untere Verlauf zeigt auf vier Wochen gemittelte Werte.

Ammoniakemissionen				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
	kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	32.5	0.0	0.0	<b>32.5</b>	
2.5	29.5	1.0	0.0	<b>30.5</b>	

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	µg m <sup>-3</sup>			Anzahl Messperioden		
2000	<b>1.9</b>	<b>1.1</b>	<b>2.6</b>	17	9	8
2001	<b>2.1</b>	<b>1.4</b>	<b>2.8</b>	31	13	18
2002	<b>1.9</b>	<b>1.0</b>	<b>2.8</b>	21	8	13
2003	<b>2.1</b>	<b>1.7</b>	<b>2.5</b>	21	8	13
2004	<b>1.7</b>	<b>1.2</b>	<b>2.2</b>	13	7	6
2005	<b>1.7</b>	<b>1.4</b>	<b>2.0</b>	23	11	12



## 5.7 Hudelmoos

## Hudelmoos (TG)

**HUD 3**

Betreiber: OSTLUFT

Kategorie  
**c**

extensive  
Landwirt-  
schaft

Koordinaten: **739 14 / 265 50**

Höhe: **520 m ü. M.**

Landwirtschaft: **0 GVE**

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW): **<5000 (<2%)**

Siedlungsgrösse:

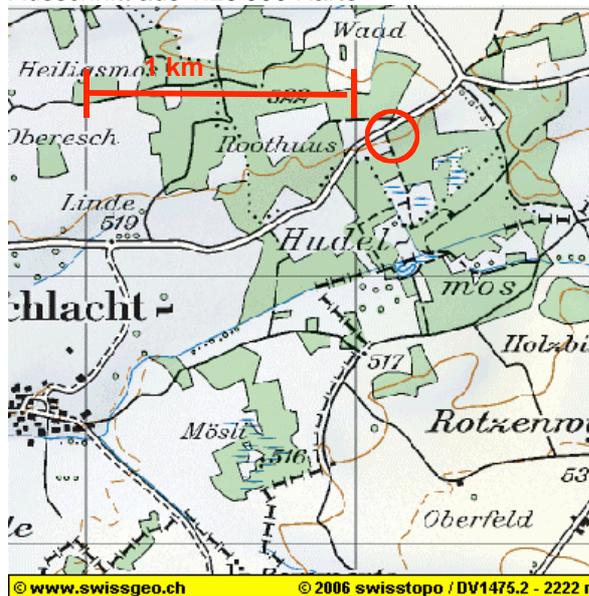
—

Höhe über Boden: **1.7 m**

direkte Umgebung:

Rand von  
Naturschutzgebiet

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte



Messstelle



Blick Richtung Süd

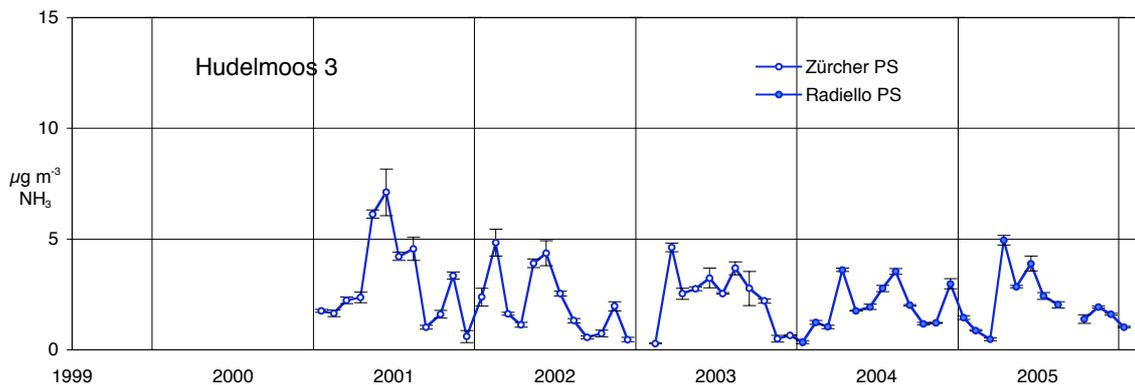
## Kurzbeschreibung der Station Hudelmoos

Intensiv bewirtschaftete Waldlichtung am Rand des Naturschutzgebietes. In der weiteren Umgebung wird intensive Schweinehaltung betrieben.

<b>Ammoniakemissionen</b>				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	Verkehr	total	
				kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	5.0	3.0	3.3	<b>11.3</b>	
2.5	5.0	2.0	1.0	<b>8.0</b>	

<b>Ammoniakkonzentrationen</b>						
Jahr	Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Wintermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Sommermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	total	Winter	Sommer
				Anzahl Messperioden		
2001	<b>3.0</b>	<b>1.8</b>	<b>4.2</b>	24	12	12
2002	<b>2.1</b>	<b>1.8</b>	<b>2.4</b>	24	12	12
2003	<b>2.3</b>	<b>1.6</b>	<b>2.9</b>	12	6	6
2004	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>	<b>2.2</b>	12	6	6
2005	<b>2.0</b>	<b>1.8</b>	<b>2.5</b>	11	6	5



In dieser Grafik sind die Monatsmittel abgebildet.

## 5.8 Schänis

**Schänis  
(SG)****SCH**

Betreiber: WSL/OSTLUFT

Kategorie.:  
**b**Weide-  
wirtschaft

Koordinaten:

Höhe:

Landwirtschaft:

Strassenabstand:

Verkehr DTV (%LKW):

Siedlungsgrösse:

**722 923 / 223 521****630 m ü. M.**

Schafweide

—

—

—

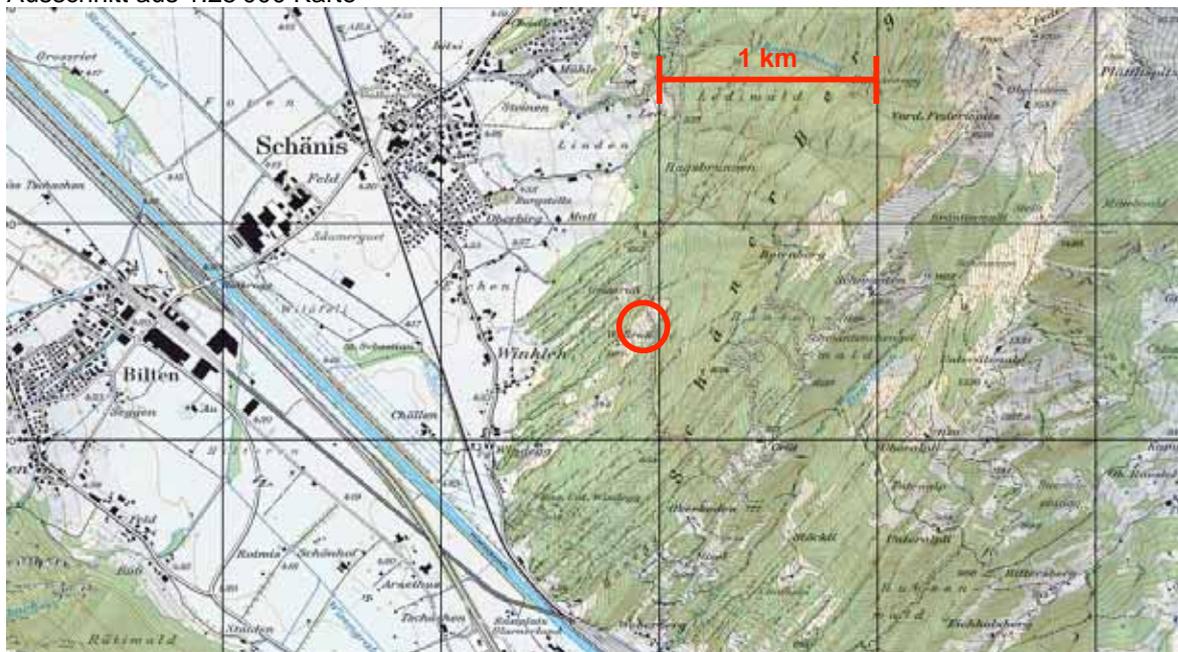
Höhe über Boden:

2 m

direkte Umgebung:

Waldlichtung, Schaf-  
weide, Graswirtsch.

Ausschnitt aus 1:25'000 Karte

Blick Richtung Linthebene mit KVA Niederurnen  
auf die LWF-Freilandfläche in SchänisDie Passivsammler sind am Meteomasten  
angebracht

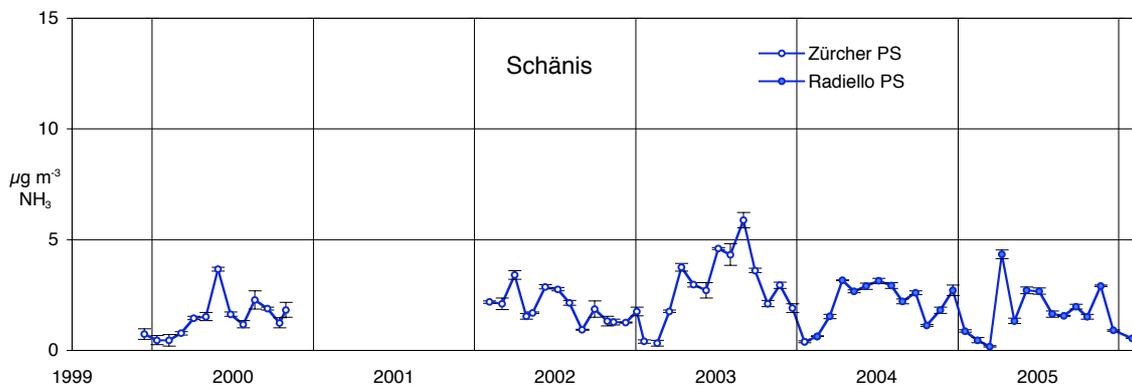
Kurzbeschreibung der Station Schänis

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				* (Radius um Station)	
km*	Landwirtschaft	Haushalte & Industrie	Verkehr	total	
	kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup> Jahr <sup>-1</sup>	
0.5	3.8	0.0	0.0	<b>3.8</b>	
2.5	21.0	1.0	1.0	<b>23.0</b>	

Ammoniakkonzentrationen						
Jahr	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel	total	Winter	Sommer
	µg m <sup>-3</sup>	µg m <sup>-3</sup>	µg m <sup>-3</sup>	Anzahl Messperioden		
2000	<b>1.5</b>	<b>0.9</b>	<b>2.0</b>	25	12	13
2002	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>	22	12	10
2003	<b>2.9</b>	<b>1.9</b>	<b>4.0</b>	13	7	6
2004	<b>2.2</b>	<b>1.7</b>	<b>2.8</b>	13	7	6
2005	<b>1.7</b>	<b>1.5</b>	<b>2.0</b>	13	7	6

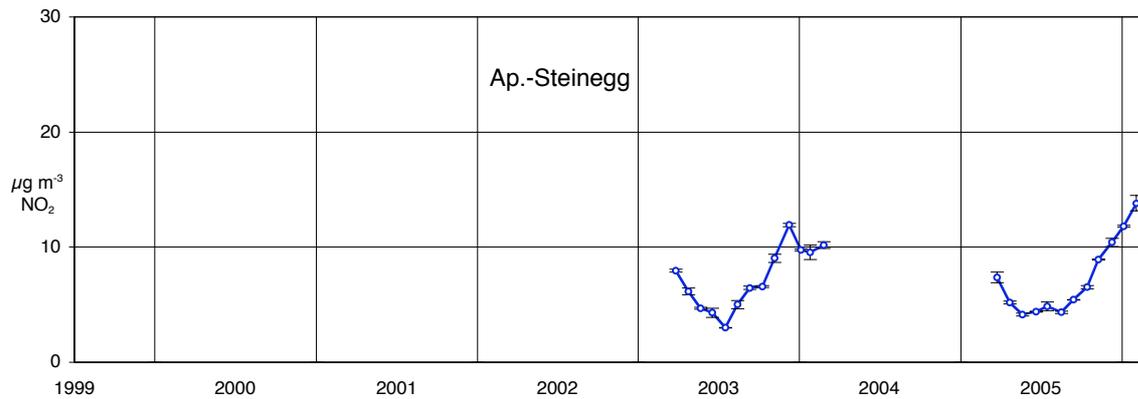


In dieser Grafik sind die Monatsmittel abgebildet.

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

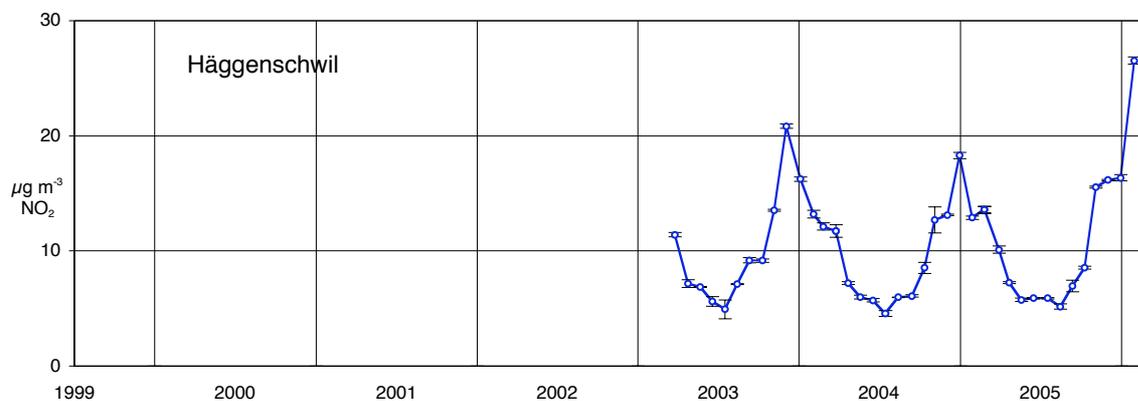
### Ap.-Steinegg

NO <sub>2</sub> -Konzentrationen						
Jahr	Jahresmittel μg m <sup>-3</sup>	Wintermittel μg m <sup>-3</sup>	Sommermittel μg m <sup>-3</sup>	total Anzahl	Winter Messperioden	Sommer Messperioden
2003	<b>7.3</b>	<b>9.8</b>	<b>5.2</b>	13	6	7
2005	<b>7.2</b>	<b>10.5</b>	<b>5.0</b>	12	5	7



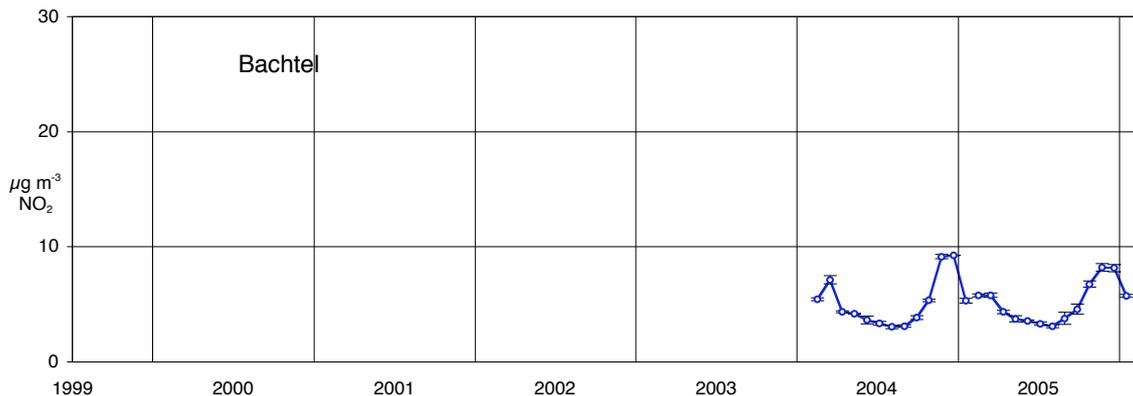
### Häggenschwil

NO <sub>2</sub> -Konzentrationen						
Jahr	Jahresmittel μg m <sup>-3</sup>	Wintermittel μg m <sup>-3</sup>	Sommermittel μg m <sup>-3</sup>	total Anzahl	Winter Messperioden	Sommer Messperioden
2003	<b>10.6</b>	<b>14.7</b>	<b>7.2</b>	13	6	7
2004	<b>9.6</b>	<b>13.7</b>	<b>6.3</b>	13	6	7
2005	<b>8.9</b>	<b>14.2</b>	<b>6.5</b>	12	5	7



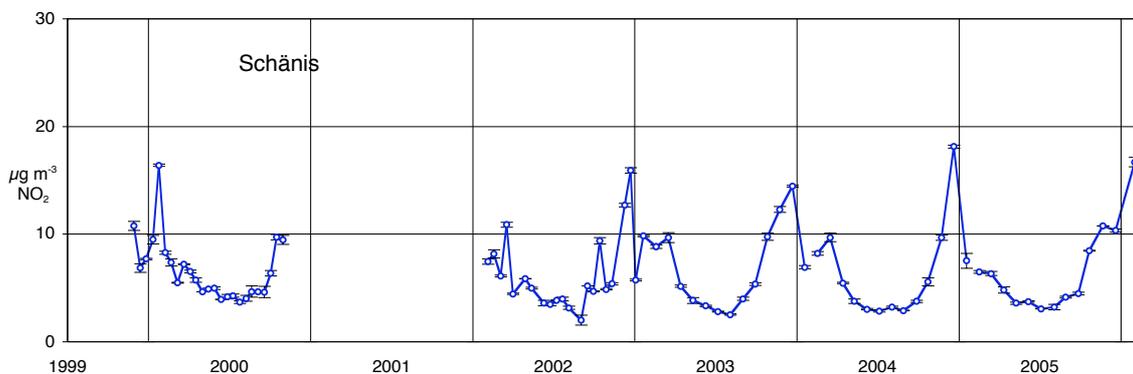
Bachtel

<b>NO<sub>2</sub>-Konzentrationen</b>						
Jahr	Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Wintermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Sommermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	total Anzahl Messperioden	Winter	Sommer
2004	5.2	6.6	3.5	13	7	6
2005	5.1	6.4	3.7	13	7	6



Schänis

<b>NO<sub>2</sub>-Konzentrationen</b>						
Jahr	Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Wintermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Sommermittel $\mu\text{g m}^{-3}$	total Anzahl Messperioden	Winter	Sommer
2000	6.6	8.8	4.7	25	12	13
2002	6.4	8.8	4.0	22	12	10
2003	6.8	9.6	3.6	13	7	6
2004	6.5	9.2	3.3	13	7	6
2005	7.0	9.7	3.7	13	7	6



## 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.

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

#### 6.1.1 Passivsammler für Ammoniakmessung

Der Zürcher Passivsammler ist in Thöni et al. 2003 ausführlich beschrieben.

Der Radiello Passivsammler ist ein bei der Fondazione Salvatore Maugeri in Pavia Italien 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 Palmes-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. 8 und Titelblatt). Eine genaue Beschreibung kann bei der Fondazione Salvatore Maugeri (fsmpd@fsm.it) bestellt werden. Der Body (Diffusive surface) besteht aus 1.7 mm dickem mikroporösem Polyethylen mit einer Porenöffnung von  $25 \pm 5 \mu\text{m}$ .

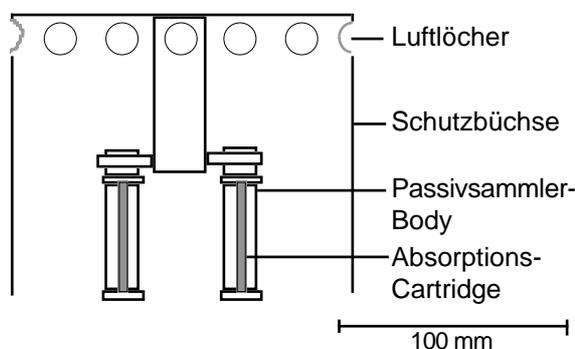


Abb. 8 Schema des Radiello Passivsammlers, Gesamtlänge 6.5 cm mit Schutzbüchse, die gleichzeitig als Aufhängevorrichtung dient.

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.

Gegenüber dem Vorschlag des Herstellers verwenden wir eine (von uns aus gesehen) besser geeignete Schutzbüchse (siehe Titelblatt). Für die Analytik benötigen wir Ionenchromatographie anstelle der vorgeschlagenen Fotometrie mit Indophenol-Methode. Die Blindwerte und damit die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen konnten so deutlich gesenkt werden. Im Gegensatz zu den Zürcher Passivsammlern muss nach Angabe des Herstellers beim Messen von Ammoniak mit dem Radiello Passivsammler keine Temperaturkorrektur vorgenommen werden. Von einer Druckkorrektur wird nichts erwähnt.

## 6.1.2 Qualitätssicherung

### Feld-Blindwerte

Mindestens sechs Feld-Blindwerte wurden auf Ammoniak analysiert und gemittelt. Um diese direkt mit den Konzentrationen in der Luft vergleichen zu können, wurde die Konzentration je mit einer mittleren Expositionszeit von 14 und 28 Tagen umgerechnet.

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

### Nachweis- und Bestimmungsgrenze

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

Nachweisgrenze:  $3 \times$  Standardabweichung der Blindwerte

Bestimmungsgrenze:  $10 \times$  Standardabweichung der Blindwerte

Um direkt 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.

Die mittleren Nachweisgrenzen (Radiello) entsprachen  $0.19 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Zwei-Wochen-Perioden und  $0.10 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Vierwochen-Perioden.

Die mittleren Bestimmungsgrenzen (Radiello) entsprachen  $0.64 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Zwei-Wochen-Perioden und  $0.32 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$  für Vierwochen-Perioden.

Einzelwerte und Mittelwerte 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 (Radiello-PS) wurden in den Tabellen und Texten kursiv dargestellt, da sie unter der Bestimmungsgrenze lagen. Für die Berechnung der Mittelwerte wurden die Werte unter der Bestim-

mungsgrenze berücksichtigt, und auch in den Grafiken sind die Werte dargestellt, da die unsicheren Werte im untersten Bereich mehr aussagen als gar keine Werte.

### Standardabweichung der Dreifachbestimmungen, Vertrauensbereich

Die mittlere relative Standardabweichung aller Dreifachbestimmungen der Radiello Messungen betrug 5.5%.

Für jeden Standort wurde der 95% Vertrauensbereich für die jeweiligen Serien- (meist 14-Tages-) und Jahresmittel berechnet (nach Gehrig et al. 1993). Für die Berechnung wurden nur vollständige Dreifachbestimmungen berücksichtigt (Tab. 5). Der Vertrauensbereich der Jahresmittel betrug bei den Radiello Passivsammlern 1 – 7% der gemessenen Konzentration. Hohe Prozentzahlen wurden an Standorten mit sehr niedrigen Ammoniakkonzentrationen in der Luft gefunden (Wengernalp). Abbildung 9 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Abweichung von normierten Einzelmesswerten. Die Werte sind normal verteilt.

Tab. 5 95%-Vertrauensbereich der Serienmittel und Jahresmittel von Radiello Passivsammlern

	Vertrauensbereich (95%)	
	Serienmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$
(2004)	<b>Radiello Passivsammler</b>	
MIN	0.07	0.02
MEDIAN	0.29	0.06
MAX	0.82	0.23

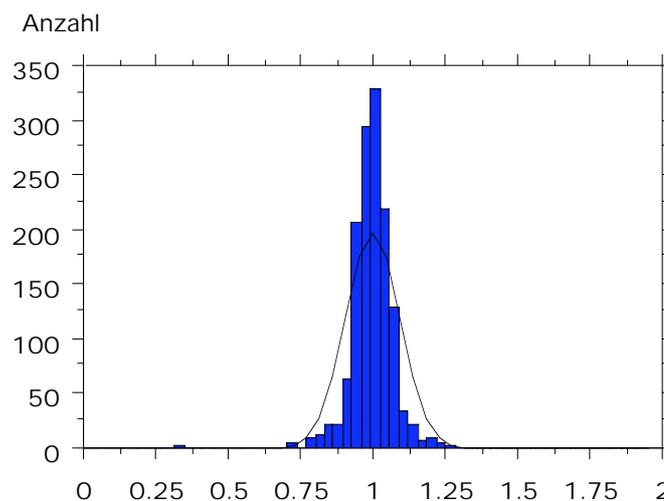


Abb. 9 Häufigkeitsverteilung von normierten Einzelmesswerten von Ammoniak gemessen mit dem Radiello Passivsammler, Dreifachbestimmung (Normierkriterium: Mittelwert jeder Dreifachbestimmung = 1). Linie = Normalverteilung, 1407 Einzelwerte

## Vergleich mit Referenzmessung

Abbildung 10 zeigt die Vergleichswerte des Radiello Passivsammlers und des Minidenuders, 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-Werten.

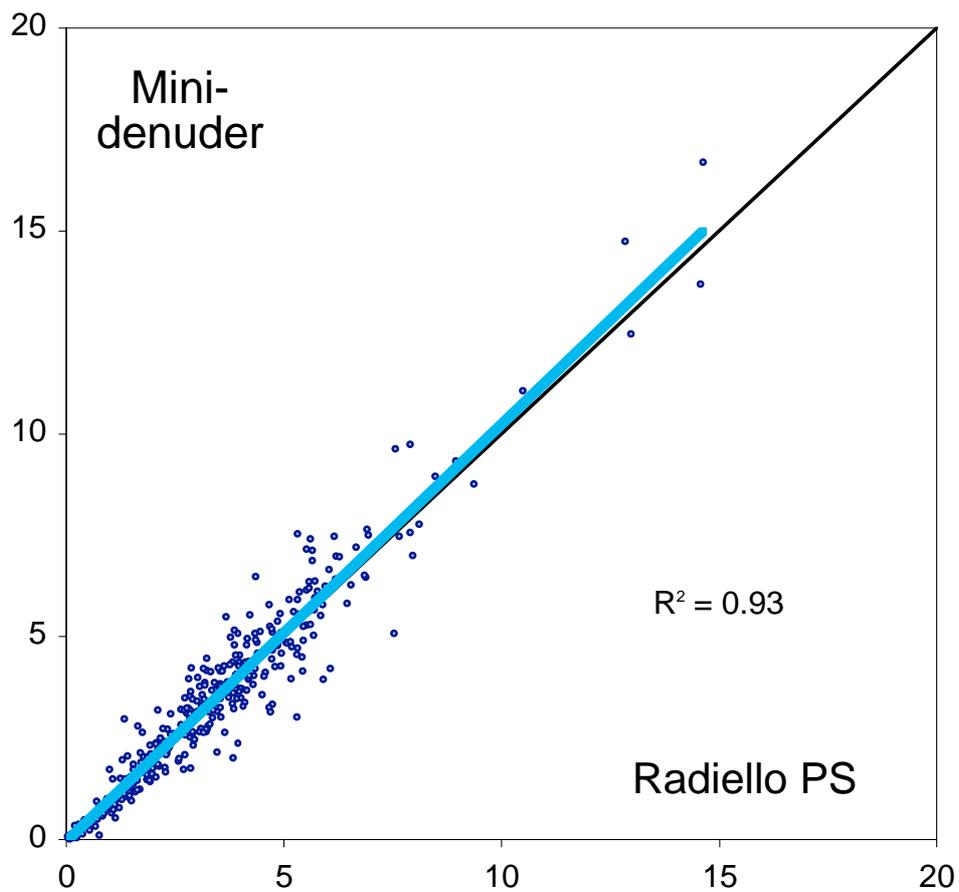
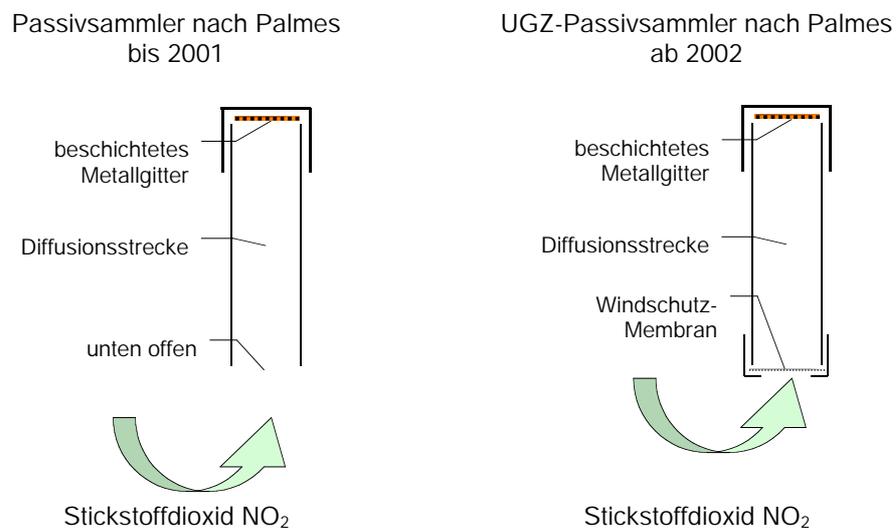


Abb. 10 Vergleich der Radiello- mit Minidenudermessungen, eine unabhängige aktive Methode zur Ammoniakbestimmung.

## 6.2 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. 11).

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

## 7 Literatur

- BAFU 2006: [http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick\\_zurueck/01694/immissionsmesswerte\\_schweiz/ib\\_2005/ib\\_2005.htm](http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick_zurueck/01694/immissionsmesswerte_schweiz/ib_2005/ib_2005.htm)
- BUWAL 2002: Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-Minderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Mitteilungen zur Luftreinhalte-Verordnung LRV, Nr. 13. BUWAL (ed.) Bern
- 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)
- 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
- Kirchner, M., Braeutigam, S., Römmelt, H., Feicht, E., Kettrup, A. 2000: Ammoniakimmissionen aus dem Verkehrsbereich. Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft 60, 383-388
- Kirchner, M., Braeutigam, S., Kasper-Giebl, S., Stopper, S., Löflund, M., Gietl, G., Biebl, P. 2001: Bestimmung von Ammoniakkonzentrationen im Verkehrsbereich München und Salzburg. Verleger: Land Salzburg, Abt. 16 Umweltschutz, Referat 16/02, Immissionsschutz Postfach 527, A-5010 Salzburg, 23 S.
- OSTLUFT 2004: Stickstoff-Deposition in der Ostschweiz, 1994 bis 2003. [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)
- OSTLUFT 2005: Ammoniakbelastung in der Ostschweiz, 2000 bis 2004. [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)
- 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., 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. 2006: Ammoniak – Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2005. BAFU-Bericht. Bezugsquelle: BAFU, Abt. Luftreinhaltung und NIS, CH-3003 Bern, Fax: ++41 31 324 01 37, pdf-Download: [www.environment-suisse.ch/imperia/md/content/luft/fachgebiet/d/grundlagen/nh3-immissionsmessungen\\_2000-05.pdf](http://www.environment-suisse.ch/imperia/md/content/luft/fachgebiet/d/grundlagen/nh3-immissionsmessungen_2000-05.pdf)
- UN-ECE 2001: Meeting of the ammonia expert group, summary report. Executive body for the convention on long-range transboundary air pollution. Working group on strategies and review. (33rd session, Geneva, 24-27 September 2001). EB,,AIR/WG:5/2000/x

## 8 Anhang

### 8.1 Ammoniak-Messwerte 2005

Die Messwerte der früheren Jahre sind in Thöni & Seitler (2006) und OSTLUFT (2005) aufgelistet.

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

Ap.-Steinegg					Hägenschwil					Eschlikon				
APS					HÄG					ESCH				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage					Tage					Tage				
		$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$				$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$				$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
28.12.2004					30.12.2004					14.1.2005				
31.1.2005	34	<b>5.6</b>	0.1	3	27.1.2005	28	<b>3.7</b>	0.1	3	28.1.2005	14	<b>2.3</b>	0.3	3
24.2.2005	24	<b>4.5</b>	0.8	3	24.2.2005	28	<b>2.1</b>	0.1	3	10.2.2005	13	<b>3.5</b>	0.2	3
24.3.2005	28	<b>10.8</b>	0.4	3	29.3.2005	33	<b>10.4</b>	0.0	3	25.2.2005	15	<b>1.6</b>	0.0	2
21.4.2005	28	<b>14.7</b>	0.9	3	21.4.2005	23	<b>4.2</b>	0.1	2	15.3.2005	18	<b>2.2</b>	0.1	3
20.5.2005	29	<b>6.8</b>	0.1	3	19.5.2005	28	<b>6.0</b>	0.2	3	31.3.2005	16	<b>14.0</b>	0.7	3
20.6.2005	31	<b>9.4</b>	0.4	3	16.6.2005	28	<b>14.9</b>	1.4	3	15.4.2005	15	<b>4.9</b>	0.2	3
15.7.2005	25	<b>10.2</b>	0.2	3	18.7.2005	32	<b>13.3</b>	0.5	3	29.4.2005	14	<b>2.3</b>	0.1	2
16.8.2005	32	<b>9.8</b>	0.7	3	15.8.2005	28	<b>8.1</b>	0.3	3	13.5.2005	14	<b>4.7</b>	0.3	3
13.9.2005	28	<b>10.2</b>	0.1	3	12.9.2005	28	<b>9.3</b>	0.6	3	31.5.2005	18	<b>5.3</b>	0.9	3
14.10.2005	31	<b>5.8</b>	0.2	3	10.10.2005	28	<b>5.8</b>	0.1	3	15.6.2005	15	<b>8.6</b>	0.6	3
8.11.2005	25	<b>24.6</b>	0.7	3	4.11.2005	25	<b>8.8</b>	0.4	3	30.6.2005	15	<b>11.4</b>	1.5	3
9.12.2005	31	<b>8.4</b>	0.5	3	2.12.2005	28	<b>6.8</b>	0.3	3	14.7.2005	14	<b>7.3</b>	0.3	3
5.1.2006	27	<b>4.6</b>	0.4	3	30.12.2005	28	<b>2.9</b>	0.1	3	29.7.2005	15	<b>5.3</b>	0.9	3
										16.8.2005	18	<b>4.3</b>	0.0	3
										31.8.2005	15	<b>6.1</b>	0.1	2
										14.9.2005	14	<b>7.5</b>	0.2	3
										30.9.2005	16	<b>4.4</b>	0.7	3
										14.10.2005	14	<b>4.8</b>	0.4	3
										28.10.2005	14	<b>6.0</b>	0.2	3
										15.11.2005	18	<b>7.8</b>	0.1	3
										29.11.2005	14	<b>4.3</b>	0.6	3
										14.12.2005	15	<b>3.1</b>	0.2	3
										30.12.2005	16	<b>3.7</b>	0.2	3
										13.1.2006	14	<b>2.0</b>	0.2	3

Mauren MAU					Tänikon TAE					Bachtel BA				
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	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
14.1.2005					4.1.2005					18.1.2005				
28.1.2005	14	<b>2.8</b>	0.1	3	19.1.2005	15	<b>6.5</b>	0.3	2	15.2.2005	28	<b>0.4</b>	0.2	3
10.2.2005	13	<b>3.6</b>	0.1	3	2.2.2005	14	<b>2.7</b>	0.0	3	15.3.2005	28	<b>0.4</b>	0.2	3
25.2.2005	15	<b>1.5</b>	0.4	3	16.2.2005	14	<b>3.5</b>	0.3	3	12.4.2005	28	<b>4.8</b>	0.2	2
15.3.2005	18	<b>4.4</b>	0.3	3	2.3.2005	14	<b>3.1</b>	0.2	3	26.4.2005	14	<b>1.1</b>	0.1	3
31.3.2005	16	<b>15.1</b>	1.0	3	17.3.2005	15	<b>3.2</b>	0.1	3	10.5.2005	14	<b>1.1</b>	0.0	3
15.4.2005	15	<b>4.2</b>	0.7	3	1.4.2005	15	<b>15.5</b>	1.0	3	24.5.2005	14	<b>1.5</b>	0.1	3
29.4.2005	14	<b>3.0</b>	0.1	3	22.4.2005	21	<b>4.9</b>	0.2	3	7.6.2005	14	<b>3.9</b>	0.0	2
13.5.2005	14	<b>6.3</b>	0.2	3	4.5.2005	12	<b>5.6</b>	0.1	3	21.6.2005	14	<b>2.3</b>	0.3	3
31.5.2005	18	<b>6.6</b>	0.1	3	19.5.2005	15	<b>4.0</b>	0.1	3	5.7.2005	14	<b>3.3</b>	0.1	3
15.6.2005	15	<b>5.8</b>	0.0	3	2.6.2005	14	<b>6.5</b>	0.2	3	19.7.2005	14	<b>1.5</b>	0.1	3
30.6.2005	15	<b>4.1</b>	0.2	3	15.6.2005	13	<b>3.8</b>	0.4	3	2.8.2005	14	<b>1.8</b>	0.1	3
14.7.2005	14	<b>12.0</b>	0.7	3	30.6.2005	15	<b>9.0</b>	0.4	3	16.8.2005	14	<b>1.3</b>	0.0	3
29.7.2005	15	<b>5.7</b>	0.4	3	14.7.2005	14	<b>5.9</b>	0.4	3	30.8.2005	14	<b>1.7</b>	0.0	3
16.8.2005	18	<b>6.0</b>	0.1	3	2.8.2005	19	<b>7.3</b>	0.3	3	13.9.2005	14	<b>2.9</b>	0.1	3
31.8.2005	15	<b>3.7</b>	0.0	2	15.8.2005	13	<b>5.7</b>	0.2	3	27.9.2005	14	<b>1.3</b>	0.0	3
14.9.2005	14	<b>7.7</b>	0.0	3	8.9.2005	24	<b>6.1</b>	0.2	3	11.10.2005	14	<b>1.1</b>	0.0	3
30.9.2005	16	<b>4.4</b>	0.2	3	22.9.2005	14	<b>4.5</b>	0.2	3	25.10.2005	14	<b>2.2</b>	0.1	3
14.10.2005	14	<b>3.8</b>	0.6	3	6.10.2005	14	<b>4.1</b>	0.2	3	8.11.2005	14	<b>2.4</b>	0.1	3
28.10.2005	14	<b>5.3</b>	0.1	3	20.10.2005	14	<b>6.8</b>	0.1	3	23.11.2005	15	<b>1.7</b>	0.2	3
15.11.2005	18	<b>7.9</b>	0.4	3	3.11.2005	14	<b>11.6</b>	0.3	3	6.12.2005	13	<b>0.7</b>	0.0	3
29.11.2005	14	<b>4.5</b>	0.1	3	17.11.2005	14	<b>7.4</b>	0.2	3	20.12.2005	14	<b>0.2</b>	0.0	3
14.12.2005	15	<b>4.1</b>	0.5	3	29.11.2005	12	<b>4.2</b>	0.3	3	3.1.2006	14	<b>0.3</b>	0.1	3
30.12.2005	16	<b>4.0</b>	0.0	3	16.12.2005	17	<b>3.8</b>	0.1	3	17.1.2006	14	<b>0.2</b>	0.2	2
13.1.2006	14	<b>2.4</b>	0.0	3	4.1.2006	19	<b>2.3</b>	0.0	3					

Hudelmoos HUD 3					Schänis SCH				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
	Tage	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$			Tage	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	
14.1.2005					17.1.2005				
10.2.2005	27	<b>0.9</b>	0.0	3	15.2.2005	29	<b>0.5</b>	0.1	3
15.3.2005	33	<b>0.5</b>	0.1	3	14.3.2005	27	<b>0.2</b>	0.0	3
15.4.2005	31	<b>5.0</b>	0.2	3	11.4.2005	28	<b>4.4</b>	0.2	3
13.5.2005	28	<b>2.9</b>	0.1	3	9.5.2005	28	<b>1.3</b>	0.1	3
15.6.2005	33	<b>3.9</b>	0.3	3	6.6.2005	28	<b>2.7</b>	0.1	3
14.7.2005	29	<b>2.4</b>	0.2	3	4.7.2005	28	<b>2.7</b>	0.1	3
16.8.2005	33	<b>2.0</b>	0.1	3	3.8.2005	30	<b>1.6</b>	0.1	3
14.9.2005	29			0	29.8.2005	26	<b>1.6</b>	0.0	3
14.10.2005	30	<b>1.4</b>	0.2	3	26.9.2005	28	<b>2.0</b>	0.1	3
15.11.2005	32	<b>1.9</b>	0.0	3	21.10.2005	25	<b>1.5</b>	0.1	3
14.12.2005	29	<b>1.6</b>	0.1	3	21.11.2005	31	<b>2.9</b>	0.0	3
13.1.2006	30	<b>1.0</b>	0.0	3	19.12.2005	28	<b>0.9</b>	0.0	3
					31.1.2006	43	<b>0.5</b>	0.0	3

## 8.2 Modellierte Immissionskonzentration und Emissionsdichte

Emissionsdaten von 2000

Stao Nr.	Code	NH <sub>3</sub> -Konz in der Luft modelliert μg m <sup>-3</sup>	NH <sub>3</sub> -Emissionsdichte nach Quellen im Umkreis von:							
			Landwirtschaft		Haush&Industr.		Verkehr		Summe	
			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 ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
			Jahr <sup>-1</sup>		Jahr <sup>-1</sup>		Jahr <sup>-1</sup>		Jahr <sup>-1</sup>	
1	APS	5.3	74.8	48.5	0.8	1.0	0.0	0.0	75.5	49.5
2	HÄG	6.5	63.7	59.8	1.0	0.0	0.0	0.0	64.7	59.8
3	ESCH	4.5	88.1	37.4	0.7	1.0	0.0	0.7	88.8	39.1
4	MAU	3.6	31.0	31.2	1.0	1.0	0.0	0.0	32.0	32.2
5	TAE	3.5	41.5	21.0	2.0	1.0	0.0	0.0	43.5	22.0
6	BA	3.2	32.5	29.5	0.0	1.0	0.0	0.0	32.5	30.5
7	HUD 3	3.4	12.9	47.5	0.0	1.0	0.0	0.0	12.9	48.5
8	SCH	1.7	3.8	21.0	0.0	1.0	0.0	1.0	3.8	23.0

## 8.3 NO<sub>2</sub>-Messwerte 2005

Ap.-Steinegg					APS					Häggenschwil					HÄG				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage					Tage					Tage					Tage				
μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>				
24.2.2005					27.1.2005					27.1.2005					27.1.2005				
24.3.2005	28	7.4	0.5	3	24.2.2005	28	13.6	0.1	3	24.2.2005	28	13.6	0.1	3	27.1.2005	28	6.5	0.1	3
21.4.2005	28	5.2	0.1	3	29.3.2005	33	10.1	0.3	3	29.3.2005	33	10.1	0.3	3	15.2.2005	29	6.5	0.1	3
20.5.2005	29	4.1	0.1	3	21.4.2005	23	7.2	0.1	3	21.4.2005	23	7.2	0.1	3	14.3.2005	27	6.3	0.2	3
20.6.2005	31	4.4	0.0	3	19.5.2005	28	5.8	0.1	3	19.5.2005	28	5.8	0.1	3	11.4.2005	28	4.8	0.3	3
15.7.2005	25	4.9	0.4	3	16.6.2005	28	5.9	0.1	3	16.6.2005	28	5.9	0.1	3	9.5.2005	28	3.6	0.1	3
16.8.2005	32	4.3	0.1	3	18.7.2005	32	5.9	0.1	3	18.7.2005	32	5.9	0.1	3	8.6.2004	28	3.6	0.3	3
13.9.2005	28	5.4	0.0	3	15.8.2005	28	5.2	0.2	3	15.8.2005	28	5.2	0.2	3	6.7.2004	28	3.4	0.2	3
14.10.2005	31	6.5	0.2	3	12.9.2005	28	6.9	0.5	3	12.9.2005	28	6.9	0.5	3	3.8.2004	28	3.0	0.2	2
8.11.2005	25	8.9	0.1	3	10.10.2005	28	8.5	0.1	3	10.10.2005	28	8.5	0.1	3	31.8.2004	28	3.1	0.1	3
9.12.2005	31	10.4	0.4	3	4.11.2005	25	15.6	0.1	3	4.11.2005	25	15.6	0.1	3	28.9.2004	28	3.8	0.2	3
5.1.2006	27	11.8	0.1	3	2.12.2005	28	16.2	0.1	3	2.12.2005	28	16.2	0.1	3	26.10.2004	28	5.3	0.1	3
2.2.2006	28	13.8	0.7	3	30.12.2005	28	16.4	0.3	3	30.12.2005	28	16.4	0.3	3	23.11.2004	28	9.1	0.2	3
					30.1.2006	31	26.5	0.3	3	30.1.2006	31	26.5	0.3	3	21.12.2004	28	9.3	0.0	3

Bachtel					BA					Schänis					SCH				
Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS	Enddatum	Dauer	Mittelwert	SD	Anz. PS
Tage					Tage					Tage					Tage				
μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>					μg m <sup>-3</sup>				
22.1.2004					17.1.2005					17.1.2005					17.1.2005				
17.2.2004	26	5.4	0.1	3	15.2.2005	29	6.5	0.1	3	15.2.2005	29	6.5	0.1	3	15.2.2005	29	6.5	0.1	3
16.3.2004	28	7.1	0.3	3	14.3.2005	27	6.3	0.2	3	14.3.2005	27	6.3	0.2	3	14.3.2005	27	6.3	0.2	3
13.4.2004	28	4.3	0.1	3	11.4.2005	28	4.8	0.3	3	11.4.2005	28	4.8	0.3	3	11.4.2005	28	4.8	0.3	3
11.5.2004	28	4.2	0.0	2	9.5.2005	28	3.6	0.1	3	9.5.2005	28	3.6	0.1	3	9.5.2005	28	3.6	0.1	3
8.6.2004	28	3.6	0.3	3	6.6.2005	28	3.7	0.1	3	6.6.2005	28	3.7	0.1	3	6.6.2005	28	3.7	0.1	3
6.7.2004	28	3.4	0.2	3	4.7.2005	28	3.1	0.0	3	4.7.2005	28	3.1	0.0	3	4.7.2005	28	3.1	0.0	3
3.8.2004	28	3.0	0.2	2	3.8.2005	30	3.2	0.2	3	3.8.2005	30	3.2	0.2	3	3.8.2005	30	3.2	0.2	3
31.8.2004	28	3.1	0.1	3	29.8.2005	26	4.2	0.1	3	29.8.2005	26	4.2	0.1	3	29.8.2005	26	4.2	0.1	3
28.9.2004	28	3.8	0.2	3	26.9.2005	28	4.5	0.1	3	26.9.2005	28	4.5	0.1	3	26.9.2005	28	4.5	0.1	3
26.10.2004	28	5.3	0.1	3	21.10.2005	25	8.4	0.0	3	21.10.2005	25	8.4	0.0	3	21.10.2005	25	8.4	0.0	3
23.11.2004	28	9.1	0.2	3	21.11.2005	31	10.8	0.0	3	21.11.2005	31	10.8	0.0	3	21.11.2005	31	10.8	0.0	3
21.12.2004	28	9.3	0.0	3	19.12.2005	28	10.3	0.1	3	19.12.2005	28	10.3	0.1	3	19.12.2005	28	10.3	0.1	3
18.1.2005	28	5.3	0.2	3	31.1.2006	43	16.7	0.4	3	31.1.2006	43	16.7	0.4	3	31.1.2006	43	16.7	0.4	3

## 8.4 Angaben zu den Messstandorten

Standort	Code	Kt.	Höhe m ü.M	Koordinaten		Relief	Expo- sition	Neigung in Grad °	Finanziert durch	PS-Wechsel durch
Ap.-Steinegg	APS	AI	820	750.80	243.70	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
Häggenchwil	HÄG	SG	555	743.60	261.70	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
Eschlikon	ESCH	TG	575	715.42	257.22	E	—		BAFU	OSTLUFT
Mauren	MAU	TG	439	729.16	269.40	E	—		BAFU	OSTLUFT
Tänikon	TAE	TG	540	710.50	259.80	E	—		BAFU	EMPA/NABEL
Bachtel	BA	ZH	930	710.35	239.60	H	E	10	OSTLUFT	FUB
Hudelmoos	HUD 3	TG	520	739.14	265.50	E	—		OSTLUFT	OSTLUFT
Schänis	SCH	SG	630	722.93	223.48	H	W	35	OSTLUFT	WSL

Relief: H Hang  
K Kuppe