

---

# Stickstoff-Eintrag im Voralpenraum Bachtel 2001

---

Auftraggeberin:



Projektdurchführung:



FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung  
CH – 8640 Rapperswil  
Lotti Thöni, Eva Seitler

Juni 2002



**Autorinnen und Projektdurchführung:**

Lotti Thöni, Eva Seitler  
FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung  
Untere Bahnhofstrasse 30, Postfach 1645  
CH – 8640 Rapperswil  
e-mail: fub@active.ch

**Auftraggeberin:**

OSTLUFT  
Zusammenschluss der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Lichtenstein  
zur gemeinsamen Überwachung der Luftqualität  
Postfach 292  
CH – 9006 St. Gallen  
Projektgruppe N-Depositionen  
Fritz Zürcher, AfU AR, Vorsitz; Markus Meier, AWEL ZH; Jürg Hertz, AfU TG

**Bezugsquelle**

Download unter: [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch) pdf (260 kB)

**Abkürzungen**

AeF	Aerosolfilter (partikuläre Komponenten)
Den	Denuder (gasförmige Komponenten)
GD	Gasdeposition (Gasad(ab)sorption)
IZ	Interzeption (Auskämmung)
LF	Leitfähigkeit
N	Stickstoff
ND	Nassdeposition "wet" (Regen, Schnee usw.)
NS	Niederschlag
PS	Passivsammler
SW	Schwebestaub
TD	Trockendeposition "dry" (sedimentierender Staub)
$v_{\text{dep}}$	Depositionsgeschwindigkeit

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung und Ziel der Untersuchung</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>7</b>
3.1	Messstation Bachtel	7
3.2	Probesammlung und analytisches Messprogramm	7
3.3	Qualitätskontrolle	9
3.3.1	Analytische Qualitätssicherung	9
3.3.2	Vergleich verschiedener Methoden	10
<b>4</b>	<b>Resultate: Beschreibung und Diskussion</b>	<b>11</b>
4.1	Stickstoff im Regen (wet) und in der Trockendeposition (dry)	11
4.2	Stickstoff gasförmig (Denuder) und in Aerosolpartikeln (Filter)	13
4.3	Vergleich der Stickstoffmessungen über die letzten Jahre	15
4.4	Geschätzte Stickstoffdeposition in "Feld" und "Wald", Vergleich mit "critical loads"	15
4.5	Modellvergleich	20
4.6	Weitere N-Messungen im OSTLUFT-Gebiet	21
4.7	Exemplarische Abschätzung des Anstiegs bei Hofdüngeraustrag	23
<b>5</b>	<b>Kommentar und Ausblick</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>28</b>
7.1	Anhang A: Qualitätskontrolle	29
7.2	Anhang B: Vergleichsmessungen	33
7.3	Anhang C: Vier-Wochen-Mittel aller Stickstoffkomponenten	36
7.4	Anhang D: Werte über die letzten Jahre	37
7.5	Anhang E: Schätzung des N-Eintrags	38
7.6	Anhang F: Einzelwerte aller gemessenen Komponenten	39
7.7	Anhang G: Konzentrationen und Schätzung des N-Eintrags im übrigen OSTLUFT-Gebiet	46
7.8	Anhang H: Geografische Standortbeschreibung	48

## 1 Zusammenfassung

### Stickstoffeintrag im Voralpenraum - Bachtel 2001

Seit 1988 werden auf dem Bachtel Stickstoff-Depositionsuntersuchungen durchgeführt. Es wurden die Konzentrationen im Regen und die durch den Regen eingetragenen Frachten an Säure, Ammonium, Nitrat und weiteren Ionen gemessen. Seit Mitte 1992 wird die Belastung der Luft mit gasförmiger Salpetersäure und Ammoniak, seit 1994 auch partikelgebundenes Ammonium und Nitrat erfasst, mit Ausnahme von 1999, als auf dem Bachtel nicht gemessen wurde, und dem Jahre 2000, als nur einfache Messungen durchgeführt wurden (Bulk-Deposition,  $\text{NH}_3$ -Passivsammler). Seit Mitte 2001 wird auch Ammonium, Nitrat und Sulfat in der Trockendeposition bestimmt.

Bei der Ammoniakkonzentration an der Station Bachtel widerspiegelte sich die landwirtschaftliche Tätigkeiten gut – die Werte stiegen bei Gülleaustrag und etwas weniger deutlich bei Weidegang sofort an. Die Stickstoffeinträge aus dem Niederschlag waren stark abhängig von der Regenmenge. Bei diesen N-Komponenten spielen die lokalen Begebenheiten eine kleine Rolle.  $\text{NO}_2$ - und Aerosol-Nitrat-Konzentrationen waren vor allem saisonabhängig: im Winter wurden höhere Werte gemessen als im Sommer. Die gasförmige Salpetersäure zeigte dagegen höhere Konzentrationen im Sommer, ihre Bedeutung bei der Bestimmung der N-Einträge ist jedoch gering, da sie nur wenige Prozente beiträgt.

Die Konzentrationen und Frachten in den letzten Jahren schwankten zum Teil beträchtlich, zeigten aber keine Tendenz nach oben oder unten.

Aus den Konzentrationen und Frachten der verschiedenen Stickstoff-Komponenten in der Deposition und in der Luft wurde mit Hilfe von mittleren Depositionsgeschwindigkeiten der Eintrag von atmosphärischem Stickstoff geschätzt. In die Oberflächenstruktur „Feld“ wurden 69% als reduzierter Stickstoff, davon 31% als Ammoniak, eingetragen, in diejenige von „Wald“ 79%, davon 53% als Ammoniak (Berechnungen nach Rihm 1996). Bei den oxidierten N-Verbindungen überwog das Nitrat im Regen den Eintrag über das Aerosol und das Gas stark. Der Anteil der N-Komponenten, die meist in der weiteren Umgebung entstanden sind (Nitrat und Ammonium im Regen und in Aerosolen) machen beim „Feld“ etwa zwei Drittel aus, beim „Wald“ etwa 45%. Es wird somit ein beträchtlicher Anteil des Stickstoffs über Ferntransport bei der Station eingetragen. Die Werte von 2001 - Feld 21 kg N/(ha\*Jahr), Wald 34 kg N/(ha\*Jahr) - lagen nahe am Mittel der letzten Jahre, es zeigten sich keine klaren Tendenzen einer Ab- oder Zunahme. Die Stickstoffbelastung erreichte oder überschritt die Schädigungsgrenzen sensibler Ökosysteme vor allem für Halbtrockenrasen, Moore, Seeufer und Wälder deutlich.

Mit Hilfe von früheren Messungen, bei denen neben der detaillierten Erfassung von N-Einträgen („detailliertes Schätzmodell“) auch mit vereinfachten passiven

Methoden gemessen wurde, wurde ein Modell entwickelt, um den Eintrag aus den einfachen und günstigen Sammelmethode wie Bulk-Regen,  $\text{NO}_2$ - und  $\text{NH}_3$ -Passivsammler abzuschätzen („vereinfachtes Schätzmodell“). Die Übereinstimmung an den Stationen Bachtel und Wallisellen der beiden Modelle waren gut.

An sechs weiteren Standorten im OSTLUFT-Gebiet wurde im 2000 Ammoniak und  $\text{NO}_2$  in der Luft und Nitrat und Ammonium in Bulk-Regensammler bestimmt. Die Ammoniakkonzentrationen entsprachen in Bezug auf landwirtschaftliche Tätigkeiten in der Umgebung den Erwartungen. Für diese Stationen wurde mit dem „vereinfachten Schätzmodell“ auch der Gesamt-N-Eintrag geschätzt: in „Feld“ zwischen 15 und 30, in „Wald“ zwischen 27 und 52 kg N / (ha\*Jahr). Dabei spielte für den Gesamt-N-Eintrag neben den Ammoniakkonzentrationen vor Ort vor allem die Regenmenge eine entscheidende Rolle.

Die prozentuale Verteilung des Eintrags der verschiedenen N-Komponenten von zwei Vier-Wochen-Perioden wurde einmal ohne landwirtschaftlichen Hofdüngerausstrag Ende März-April, das andere Mal mit Gülleausstrag und Weidengang im Oktober-November geschätzt. Der Einfluss der landwirtschaftlichen Tätigkeit konnte sehr deutlich gezeigt werden: In der ersten Periode wurde ins „Feld“ 12%, in den Wald 27% als Ammoniak eingetragen, in der zweiten Periode waren es 69% resp. 83%.

Diese Messungen sollen einerseits den Status quo der N-Einträge in verschieden belasteten Gebieten feststellen und es andererseits ermöglichen, eine Erfolgskontrolle bei allfälligen Massnahmen in der Landwirtschaft durchzuführen. Es ist darum nötig und sinnvoll, die Messungen der Einzelkomponenten (ev. ohne Salpetersäure) auf dem Bachtel (mässig intensive Landwirtschaft) einige Jahre weiterzuführen, aber auch weitere Gebiete mit anderen meteorologischen und emissionsbezogenen Gegebenheiten einzubeziehen. Im Jahre 2002 werden in Tänikon (TG) (intensive Landwirtschaft) wie auf dem Bachtel alle Komponenten erfasst und bei Schänis (SG) die vereinfachte Messung eingesetzt. Weitere Stationen wären sinnvoll um den Gesamteintrag in das OSTLUFT-Gebiet möglichst gut bestimmen.

## 2 Einleitung und Ziel der Untersuchung

Landwirtschaft, Verkehr und Industrie haben den Stickstoffkreislauf in den letzten Jahrzehnten, verglichen mit der vorindustriellen Zeit, um ein vielfaches erhöht. Die Stickstoffdeposition liegt in weiten Gebieten Europas und wohl auch anderen Gegenden auf der Erde über den "critical loads" für sensible Ökosysteme wie Moore, Magerwiesen und Wälder. Das heisst, diese Ökosysteme sind mittel- und langfristig bedroht. Beim Verkehr und der Industrie wurden und werden Massnahmen zur Senkung der N-Emissionen ergriffen. In der Landwirtschaft hingegen wurde bis jetzt erst wenig unternommen. Die vorliegenden Messungen sollen eine Erfolgskontrolle von zukünftigen Massnahmen in der Landwirtschaft ermöglichen.

Seit 1988 werden in der Station "Bachtel", welche in einem mässig intensiv bewirtschafteten Gebiet in der Hügelzone liegt, neben weiteren Parametern die Stickstoffdepositionen (Ammonium, Nitrat) im Regen bestimmt. Im Jahre 1992 wurden auch die gasförmigen Stickstoffverbindungen Ammoniak und Salpetersäure und ab 1994 zusätzlich das partikuläre Ammonium und Nitrat in den Aerosolen bestimmt (Thöni et al. 1999). Nach einer Pause 1999 und 2000, wurde im Jahr 2001 auf dem Bachtel wieder gemessen.

Mit diesen Messungen und mit Hilfe von Depositionsgeschwindigkeiten für Aerosole und Gase soll der Stickstoff-Eintrag im ländlichen Raum sowie die saisonalen Unterschiede bestimmt werden und mit "critical loads" verglichen werden. Als weiteres soll die Bedeutung quellennaher Stickstoffimmissionen abgeschätzt werden.

Längerfristig sollen diese und weitere Messungen dazu beitragen, ein Erfolgskontrolle für allfällige Massnahmen in der Landwirtschaft zur Senkung der N-Einträge durchzuführen.



### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Messstation Bachtel**

Die Station "Bachtel" liegt in der Hugelzone im Zürcher Oberland auf 930 m ü.M. (LT-Koordinaten: 710 35 / 239 60) in einem landwirtschaftlich mässig intensiv bewirtschafteten Gebiet (Gras- und Weidewirtschaft).

#### **3.2 Probesammlung und analytisches Messprogramm**

##### **Nass- und Trockendeposition "wet & dry"**

Die Niederschlagsproben wurden mit einem "wet & dry"-Sammler (nach Georgii, modifiziert) gewonnen. Der Sammler hat ein tonnenformiges Gehäuse aus Polyethylen. Durch einen Regensensor gesteuert, werden zwei Gefässe wechselseitig zugedeckt bzw. freigegeben. Während einem Niederschlagsereignis steht ein Polyethylen-Trichter offen, der das Niederschlagswasser in eine Polyethylen-Flasche leitet. Das Gerät wird beheizt, so dass Schnee im Trichter schmilzt und ebenfalls erfasst wird. Während der niederschlagsfreien Zeit wird ein Rezeptor, ein umgekehrter Frisbee, für die trockene Deposition, d.h. für den sedimentierenden Staub, freigegeben. Dieser Wurfteiler hat wegen seiner aerodynamischen Form ideale Eigenschaften als Staubrezeptor. Wie in Windkanalversuchen gezeigt wurde, entstehen unterhalb der Randlinie kaum Turbulenzen, so dass sedimentierter Staub nicht mehr ausgeweht wird (Hall & Upton 1988).

Die nassen Depositionsproben wurden - falls vorhanden - jeweils wöchentlich eingeholt. Im Labor wurden Regenmenge (gravimetrisch), elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert bestimmt. Der pH-Wert wurde zur Berechnung der Protonenfracht weiter verwendet. Die Einzelproben wurden jeweils anteilmässig zu Vier-Wochen-Sammelproben vereinigt. In diesen Sammelproben wurden die wichtigsten Ionen (Kationen:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ; Anionen:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) bestimmt. In der Trockendeposition wurde ab Mitte Juli 2001 vierwöchentlich Ammonium, Nitrat und Sulfat bestimmt.

##### **Bulk**

Der Bulksammler ist ein immer offenes Sammelgefäss (Trichter und Flasche) für Regen und sedimentierenden Staub. Zu Vergleichszwecken wurden pro Periode acht Geräte vierwöchentlich exponiert.

**Schwebestaub (Low vol, TSP)**

Schwebestaub wurde gesammelt, indem durch einen nach unten gerichteten horizontalen Celulosenitratfilter (Porengrösse  $0.45\mu\text{m}$ ) Luft mit einem Durchsatz von ca. 630 l/h (entspricht ungefähr dem Atemvolumen) gesaugt wird.

Seit Mitte Juli wurde nach der gravimetrischen Bestimmung des Staubgewichtes in wöchentlichen Proben Ammonium, Nitrat und Sulfat analysiert.

**Atmosphärische Stickstoffkomponenten: Denuder, Aerosolfilter**

Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) wurden mit Denudern gemessen. Ein Denuder ist ein beschichtetes Glasrohr, dessen Einsatz die effiziente Trennung zwischen Gas- und Aerosolphasen und die Bestimmung von Gasen in Spurenkonzentrationen erlaubt. Je nach Beschichtung der Denuder werden unterschiedliche Gase gesammelt. Zur Quantifizierung der Partikelphase (Aerosol) (Nitrat, Ammonium) wurde der Luftstrom nach den Denuderrohren durch einen beschichteten Filter geleitet. (Methode bei Krieg et al. 1997 beschrieben.)

Mit den Denudermesswerten wird die gasförmige Interzeption von Salpetersäure und Ammoniak geschätzt, mit den Aerosolfiltermessungen die trockene Interzeption von Nitrat und Ammonium.

Bis Mitte Juli 2001 wurde vierzehntäglich, anschliessend bis Anfangs November wöchentlich und dann vierwöchentlich gesammelt.

**Ammoniak und Stickstoffdioxid mit Passivsammlern**

Ammoniak wurde gleichzeitig auch mit Hilfe von Passivsammlern gemessen (Methode in Thöni et al. in press).

Für die Stickstoffdioxidmessung wurden Passivsammler nach Palmes (FUB-Typ) verwendet. Für Tänikon und Mauren wurde  $\text{NO}_2$  mit kontinuierlichen Systemen gemessen (durch NABEL resp. AfU TG).

Mit den Messwerten kann die gasförmige Interzeption von  $\text{NH}_3$  bzw.  $\text{NO}_2$  geschätzt werden.

### 3.3 Qualitätskontrolle

#### 3.3.1 Analytische Qualitätssicherung

Tabellen und Abbildungen befinden sich in 7.1 Anhang A.

- Sämtliche Analysen wurden doppelt durchgeführt. Die mittleren Standardabweichungen betragen zwischen 0.4% (Sulfat in TD) und 2.8% (Ammonium in ND), und sind in Tab. A1 (Anhang) dargestellt.
- Blindproben wurden parallel zu den Proben im Feld gelagert, mitbehandelt und analysiert. In Tabelle A2 (Anhang) sind die Blindwerte mit den jeweiligen Messwerten verglichen. Einzelne Minimalwerte bei der  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}_2$ -Bestimmung mit Passivsammlern lagen nahe bei den Blindwerten. Bei den meisten anderen Analysen sind die Blindwerte im Vergleich zu den Proben niedrig. Die Blindwerte wurden von den Analysewerten abgezogen.
- Aus den Blindresultaten wurde die Nachweisgrenze (= 2 x die Standardabweichung des Blindmittelwertes) der jeweiligen Methode bestimmt. Es gab keine Probleme mit den Nachweisgrenzen (Tab. A3 im Anhang).
- Beim Vergleich mit Standardreferenzmaterial (Tab A4 im Anhang) zeigte sich eine gute Übereinstimmung der gemessenen Werte mit den Sollwerten, ausser bei einer sehr niedrigen Ammoniumkonzentration. Da die simulierten Regenproben alt sind, ist es möglich, dass Ammonium abgebaut wurde.
- Der Vergleich der Kationensumme mit der Anionensumme sowie der Vergleich der Leitfähigkeit, errechnet aus den analytisch bestimmten Ionen, mit der gemessenen Leitfähigkeit, je in Nassdeposition ermittelt, gibt Aufschluss über die allgemeine analytische Qualität (Abb. A1 im Anhang). Die errechnete Leitfähigkeit stimmte gut mit der gemessenen überein. Bei der Ionenbilanz überwogen, wie schon in den früheren Jahren, die Kationen. Grosse Abweichungen waren vor allem bei Proben mit hohen Calcium- oder Ammonium-Werten zu finden. Vermutlich enthalten die Niederschlagsproben auch das Anion Carbonat, welches nicht bestimmt wurde und in der Ionenbilanz fehlt.
- Der Schwebestaub bestand zu 15 - 100% aus Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat (Abb. A2 im Anhang). Ein Vergleich der Stoffmengenkonzentration von Nitrat & Sulfat zu Ammonium zeigte, dass Ammonium zu einem hohen Mass als Nitrat und Sulfat vorlag (Jahresmittel:  $\text{NH}_4^+$  82 mmol/m<sup>3</sup>; Summe  $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$  93 mmol/m<sup>3</sup>). Diese Auswertung kann auch als analytische Qualitätssicherung angesehen werden (Abb. A3 im Anhang).

### 3.3.2 Vergleich verschiedener Methoden

Die Abbildungen zu den Vergleichsmessungen befinden sich in 7.2 Anhang B.

- Die Ammoniakkonzentration in der Luft wurde nicht nur mit der Denuder-methode, sondern auch mit Passivsammlern, einem völlig unabhängigen Messsystem, bestimmt (Abb. B1 und B2 im Anhang ). Im allgemeinen stimmen die Werte gut überein. Eindrücklich ist der hohe Peak Anfang November 2001, der mit beiden Methoden erfasst wurde.

Im Sommer gab es einige Wertepaare (22.5. bis 31.7.01) die in der Tendenz, nicht aber in der Höhe übereinstimmen. Alle diese Werte stammen von einer Serie Denuder, die am gleichen Tag mit Zitronensäure belegt wurden. Wir müssen nun annehmen, dass bei der Herstellung oder der Lagerung dieser Serie Denuder etwas nicht in Ordnung war. Während dieser Messperiode wurden die Ammoniakkonzentrationen der Passivsammler für die Auswertung verwendet.

- Neben der "wet & dry"-Sammlung wurden auch zwei bis acht immer offene Bulk-Gefäße exponiert. Die Summe der Fracht von "wet & dry" sollte in ungefähr der Fracht im Bulk entsprechen (Abb. B3 und B4 im Anhang ). Bei nur „wet“ zu Bulk sind die Bulkwerte wie erwartet bei Ammonium ca. 15%, bei Nitrat 10% höher . Von 5 Vergleichspaaren haben wir auch den trockenen Teil. Hier sind die Bulkwerte bei Ammonium um 8% höher, bei Nitrat um 5% tiefer als die Summe von "wet & dry". Diese Übereinstimmung ist gut.
- Eigentlich nicht als Qualitätskontrolle war der Vergleich von Aerosolfiltern und Schwebestaubfiltern gedacht. Die Übereinstimmung der gerechneten Konzentrationen in der Luft ist jedoch erstaunlich gut (Abb. B5 und B6 im Anhang), obwohl die Sammelrate unterschiedlich ist (AeF: 2 l/min; SW 10 l/min) und die Aerosolfilter mit einem Absorbens beschichtet sind. Dies hat auch zum Schluss geführt, Schwebestaub in der neuen Kampagne nicht mehr zu messen. In Tabelle 1 sind jeweils Mittel über 18 Werte aufgeführt:

**Tab. 1** Vergleich von Aerosolfiltern und Schwebestaubfiltern

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NH <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Schwebestaub	1.05	0.67
Aerosolfilter	1.17	0.60

## 4 Resultate: Beschreibung und Diskussion

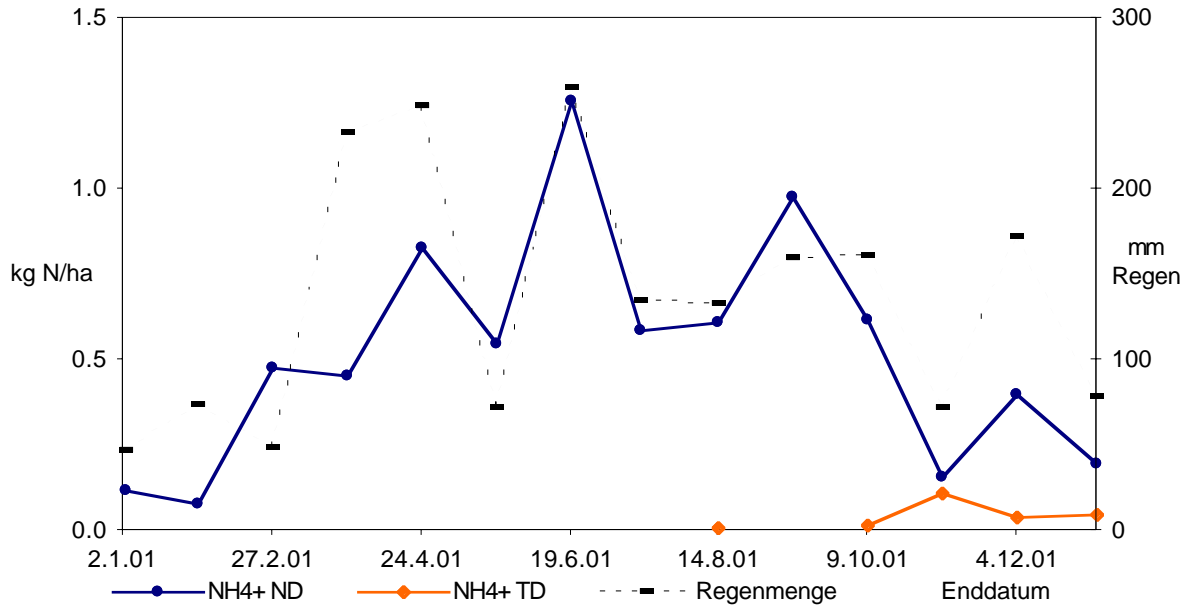
Die Vier-Wochen-Werte finden sich im Anhang 7.3 C, die Einzelresultate im Anhang 7.6 F. In Tabelle 2 sind die Quartals- und Jahreswerte der verschiedenen N-Komponenten aufgelistet.

**Tab. 2** Stickstoffkomponenten gemessen auf dem Bachtel: Quartals- und Jahreswerte 2001, gewichtet

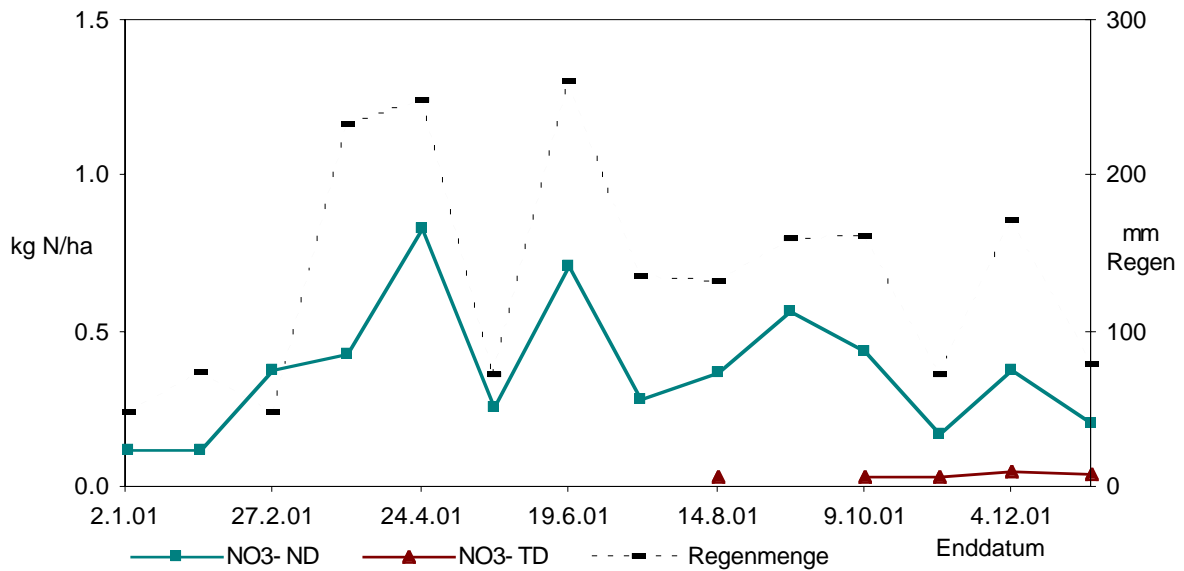
Exposition Enddatum Tage			N red				N ox				
			Den N-NH <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	AeF N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg/m <sup>3</sup>	ND N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg/ha	TD N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg/ha	Den N-HNO <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	AeF N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	ND N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg/ha	TD N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg/ha	PS N-NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
Beginn	3.1.01										
1	27.3.01	83	0.58	1.11	1.00					1.5	
2	19.6.01	84	2.52	1.34	2.63					0.8	
3	9.10.01	112	2.89	1.27	2.79					0.7	
4	3.1.02	86	2.09	1.54	0.75	0.194				1.5	
Beginn	3.1.01										
Jahr	3.1.02	365	2.09	1.32	7.17					1.1	

### 4.1 Stickstoff im Regen (wet) und in der Trockendeposition (dry)

In Abbildung 1 sind die vierwöchentlichen Frachten von Ammonium, in Abbildung 2 diejenigen von Nitrat im Vergleich mit der Regenmenge dargestellt (Daten in 7.3 Anhang C). Die Nitratfracht ist wie erwartet stark abhängig von der Regenmenge. Das Nitrat als Sekundärstoff wird relativ weit transportiert, bis es ausgerechnet wird. Auch beim Ammonium ist eine (etwas schwächere) Abhängigkeit von der Regenmenge auszumachen. Ammonium ist zwar auch ein Sekundärstoff, wird aber direkt, ohne Redox-Reaktion, aus Ammoniak gebildet und wird daher eher näher an der Quelle deponiert. Von der Trockendeposition liegen erst 5 Werte vom Herbst und Winter vor. Die Ammoniumwerte sind niedrig und unterschiedlich. Der Anteil an der Gesamtdeposition schwankt zwischen 1 und 40%. Die Nitratkonzentration in der Trockendeposition ist hingegen bei diesen 5 Messungen recht stabil und der Anteil schwankt zwischen 6 und 17%. Gesicherte Aussagen über Anteile können im Moment noch nicht gemacht werden.



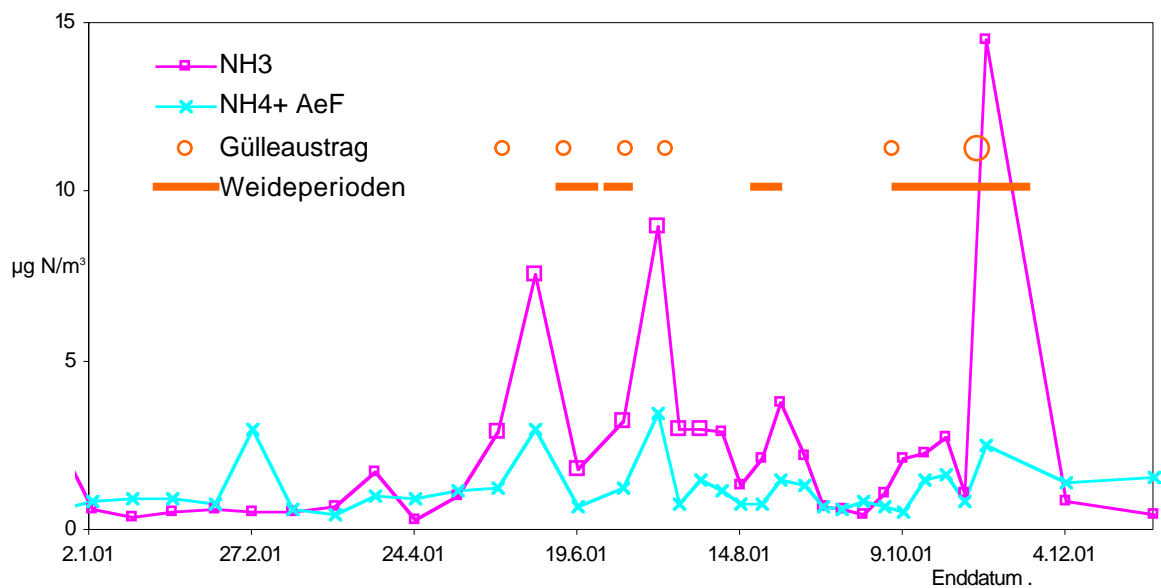
**Abb. 1** Ammonium im Regen (wet) und der Trockendeposition (dry) verglichen mit der Regenmenge, vierwöchentliche Messwerte von der Station Bachtel



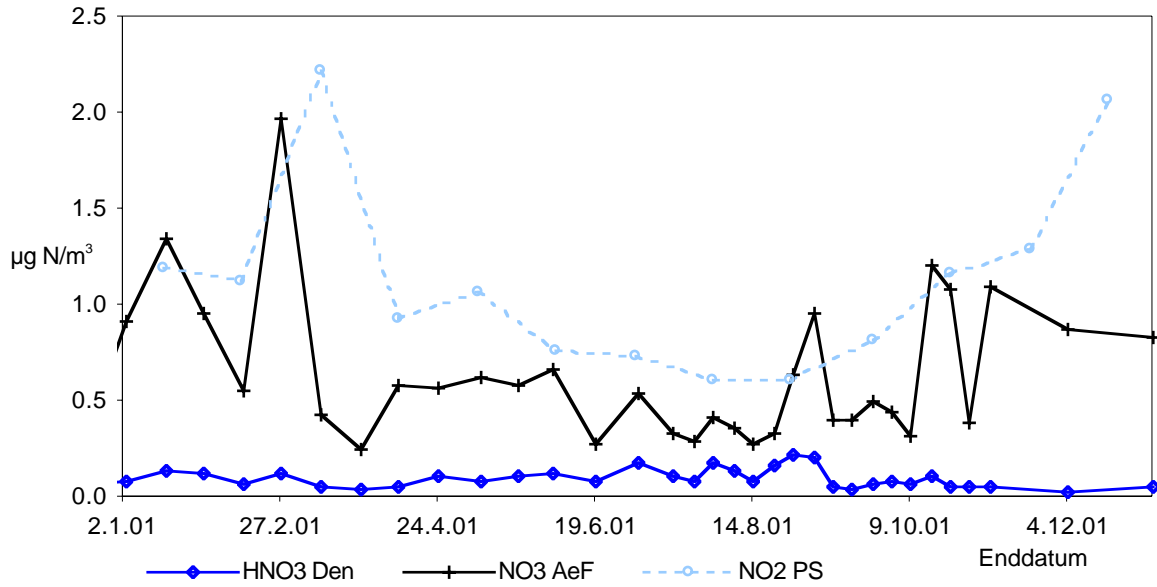
**Abb. 2** Nitrat im Regen (wet) und der Trockendeposition (dry) verglichen mit der Regenmenge, vierwöchentliche Messwerte von der Station Bachtel

## 4.2 Stickstoff gasförmig (Denuder) und in Aerosolpartikeln (Filter)

In Abbildung 3 werden die Ammoniak- und Ammoniumkonzentrationen im Verlauf des Jahres 2001 dargestellt, in Abbildung 4 diejenigen von Salpetersäure, Nitrat und Stickoxid ( $\text{NO}_2$ ), (Einzelwerte sind in 7.6 Anhang F, Tabelle F1 für Denuder und Filter, Tabelle F8 für  $\text{NO}_2$ -Passivsammler). Wie erwartet sind die Ammoniakkonzentrationen im Sommer höher, und zeigen mehrere Peaks, die meistens mit Gülleaustrag in der näheren Umgebung (Umkreis von 150 m) oder Weidegang erklärt werden können. Am 3.11.01 wurde direkt um die Station herum Gülle ausgetragen. Die Ammoniakkonzentration dieser Messperiode erreicht dann auch einen Spitzenwert. Eine Ausnahme bildet der Wert der Probe vom 19.6.01: hier zeigen Ammoniak und Ammonium (Aerosol) trotz Gülleaustrag niedrige Werte. Im Gegenzug finden wir eine hohe Regenmenge und hohe Ammoniumfracht. Der Juni 2001 war ein sehr regenreicher Monat, so dass die gas- und partikelförmigen N-Anteile ausgewaschen wurden. Bei den oxidierten Komponenten (Abb. 4) sind die Werte von Nitrat und  $\text{NO}_2$  in der kalten Jahreszeit höher, die Salpetersäurekonzentration hingegen ist im Sommer am höchsten.

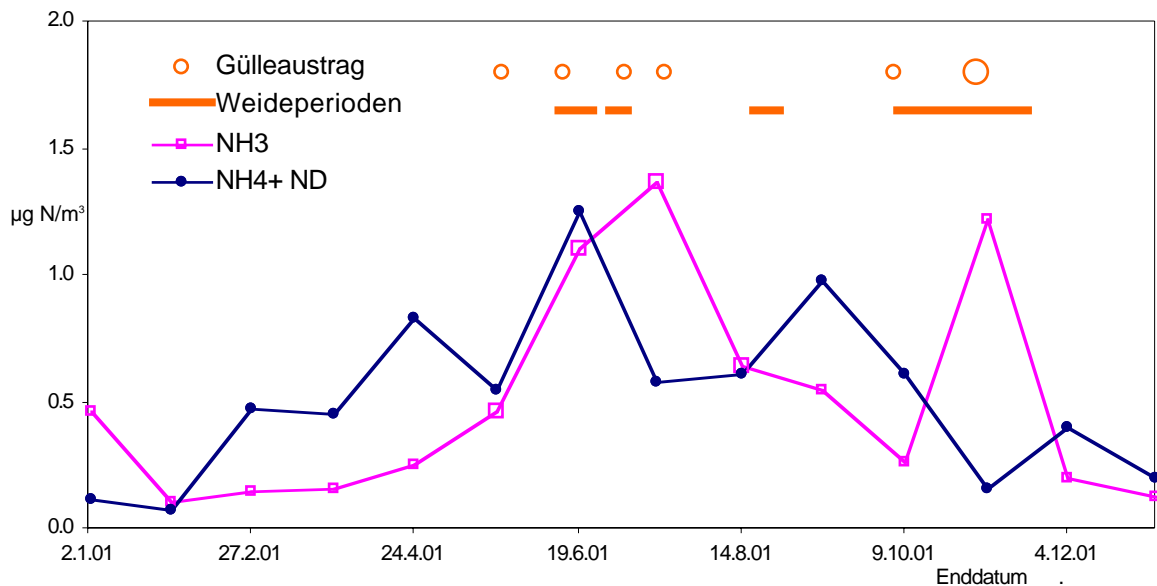


**Abb. 3** Ammoniak (Denuder\*) und Ammonium (Aerosolfilter): Verlauf der Konzentrationen im Jahre 2001 von der Station Bachtel, Angaben von Gülleaustrag und Weidegang  
 Messperioden: 5.12.00 – 16.7.01 je 2 Wochen, – 6.11.01 je 1 Woche, – 3.1.02 je 4 Wochen  
 \*Die sieben mit grösseren Quadraten dargestellten Ammoniakwerte stammen aus Passivsammlermessungen (siehe auch Abb. B2)



**Abb. 4** Salpetersäure (Denuder), Nitrat (Aerosolfilter) und  $\text{NO}_2$  (Passivsammler): Verlauf der Konzentrationen im Jahre 2001 von der Station Bachtel

In Abbildung 5 werden die N-Frachten aus Ammonium (wet) und Ammoniak (berechnet mit einer mittleren Depositionsgeschwindigkeit, siehe Kap. 4.4) verglichen. Es zeigt sich, mit Ausnahme vom 19.6.01, eine Gegenläufigkeit. Der emittierte Ammoniak wird bei Regen sofort wieder ausgewaschen, bei trockener Witterung hingegen bleibt er länger gasförmig.



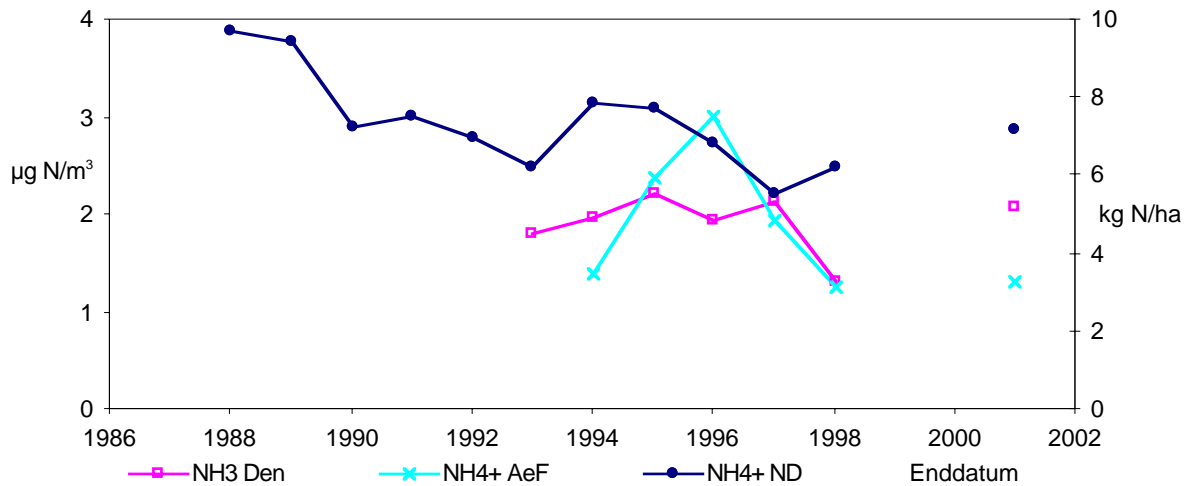
**Abb. 5** N-Frachten von Ammonium im Regen (wet) und Ammoniak (Denuder\*) verglichen in vierwöchentlichen Proben von der Station Bachtel, Angaben von Gülleaustrag und Weidegang

\*Die vier mit grösseren Quadraten dargestellten Ammoniakwerte stammen aus Passivsammlermessungen (siehe auch Abb. B2)

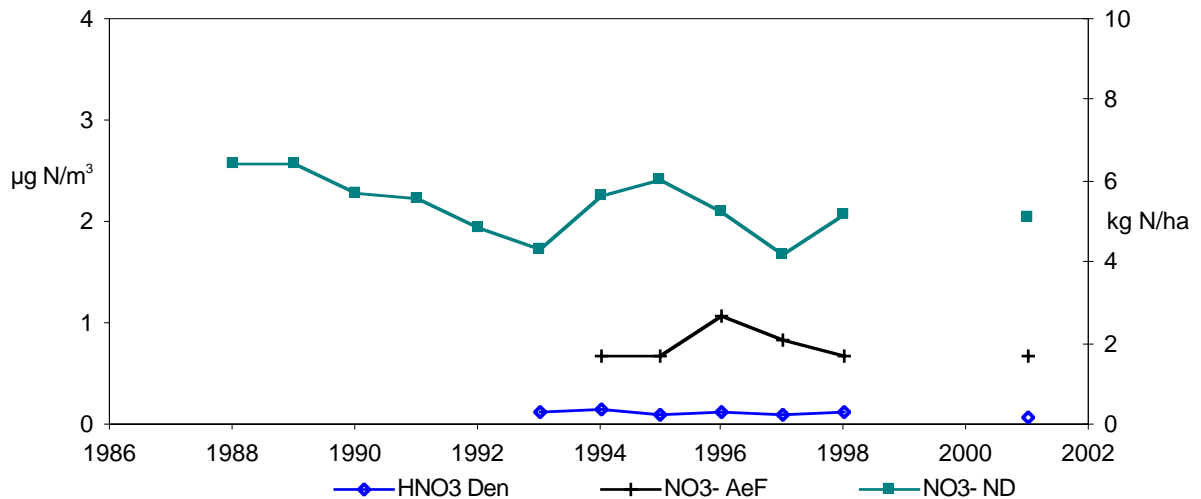


### 4.3 Vergleich der Stickstoffmessungen über die letzten Jahre

Verschiedene Stickstoffkomponenten werden schon seit Jahren bei der Station Bachtel gemessen. In 7.4 Anhang D, Tabelle D1 sind die Jahreswerte aufgelistet. Aus den Abbildungen 6 und 7 ist die Entwicklung zu sehen. Die Werte schwanken von Jahr zu Jahr, es ist weder eine gesicherte Ab- noch Zunahme zu sehen.



**Abb. 6** Eintrag von reduziertem Stickstoff gemessen an der Station Bachtel über die letzten Jahre.



**Abb. 7** Eintrag von oxidiertem Stickstoff gemessen an der Station Bachtel über die letzten Jahre.

### 4.4 Geschätzte Stickstoffdeposition in "Feld" und "Wald", Vergleich mit "critical loads"

Zur Abschätzung des Eintrags von Stickstoffkomponenten wurde die gemessene Konzentration von gasförmigen und Aerosol-Stickstoffkomponenten in der Luft

je mit repräsentativen Depositionsgeschwindigkeiten gekoppelt (Rihm 1996, angepasst an die Winterlänge der Standorte gemäss Fischer-Riedmann 1995). In früheren Arbeiten wurden mittlere Depositionsgeschwindigkeiten nach Hurmi (et al. 1993) verwendet, für diesen Bericht wurden die früheren Werte umgerechnet. Diese Annäherung an die Eintragsmenge wird als "inferential technique" bezeichnet (Sutton et al. 1994). In dieser Arbeit wurden die mittleren Jahres-Depositionsgeschwindigkeiten für "Feld" und "Wald" benützt. "Feld" ist stellvertretend für halbnatürliche Grasgebiete (z.B. Streumagerwiesen, aber auch Hochmoore).

Für den Gesamt-Stickstoff wurden die Einträge aus der Nassdeposition direkt eingesetzt.

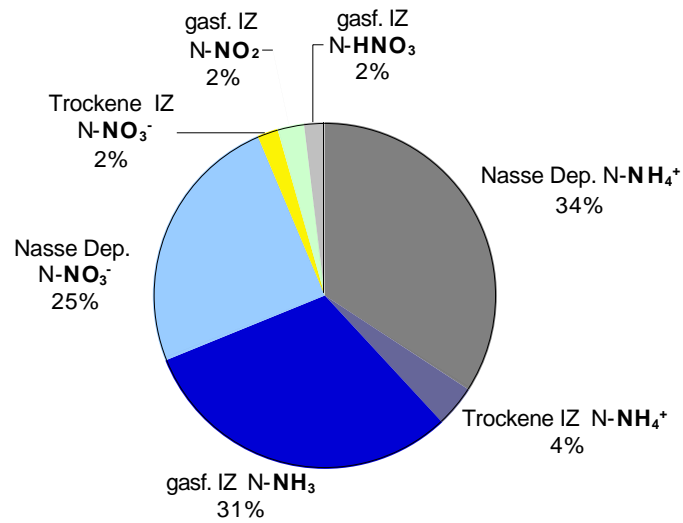
Diese Abschätzung des Gesamt-Stickstoff-Eintrages ist mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet. Diese liegen nur wenig auf der Seite der Analytik und Feldarbeit (meist deutlich kleiner als  $\pm 10\%$ ), hingegen können bei der Sammlung der Proben je nach Technik Probleme auftreten: Bei der Nassdeposition wird der Eintrag tendenziell eher unterschätzt, da z.B. Schnee meist nicht vollständig gesammelt wird. Ebenfalls wird der Eintrag aus dem Nebel nicht berücksichtigt. Für die Nassdeposition muss bei einzelnen Standorten mit Unsicherheiten von  $\pm 20\%$  gerechnet werden. Bei den gasförmigen und Aerosol-Komponenten wird mit 50% Abweichung vom "richtigen" zum Modelleintrag gerechnet. Die grössten Unsicherheitsfaktoren sind die Depositionsgeschwindigkeiten. Diese sind sehr variabel, abhängig von der Komponente, den meteorologischen Begebenheiten sowie auch von der Rauheit der Oberfläche, welche die Interzeption stark beeinflusst. Eine Frage ist auch, ob gewisse Komponenten z.T. doppelt gesammelt werden. Wird z.B. gasförmiges  $\text{NH}_3$  als Ammoniumaerosol und/oder im Regen noch einmal erfasst? Mit der Überlegung, dass der grösste Teil der Inhaltstoffe bei der Tropfenbildung durch Kondensation eingesammelt wird (rain out) und nur am Anfang der Regens beim Fallen des Tropfens noch Stoffe in die wässrige Phase gelangen (wash out) (Barbieri/Pozzi 2001), kann jedoch angenommen werden, dass nur zu einem geringen Anteil die gleichen resp. umgewandelten Moleküle erfasst werden.

Die in dieser Arbeit verwendeten Depositionsgeschwindigkeiten (siehe Tab. E1 im Anhang) gelten als gute Mittel für die Jahreswerte. Die Schätzungen der Gesamtdeposition in der Schweiz mit Hilfe der Methode nach Rihm, verglichen mit den im EMEP aus Emissionen und atmosphärischen Transportmodellen geschätzten Einträgen variieren nur wenig ( $\pm 5\%$ ). Die Ergebnisse aus dem Modell Rihm, verglichen mit gemessenen Werten, schwanken an den Einzelstandorten in der Grössenordnung von  $\pm 30\%$  (Beat Rihm, pers. Mitteilung).

In 7.5 Anhang E, Tab E1 ist die Berechnung für den Standort Bachtel zu sehen. Im Jahr 2001 wurde für das Ökosystem "Feld" ein Eintrag von 21 kg N/(ha\*Jahr) berechnet, für "Wald" 34 kg N/(ha\*Jahr).

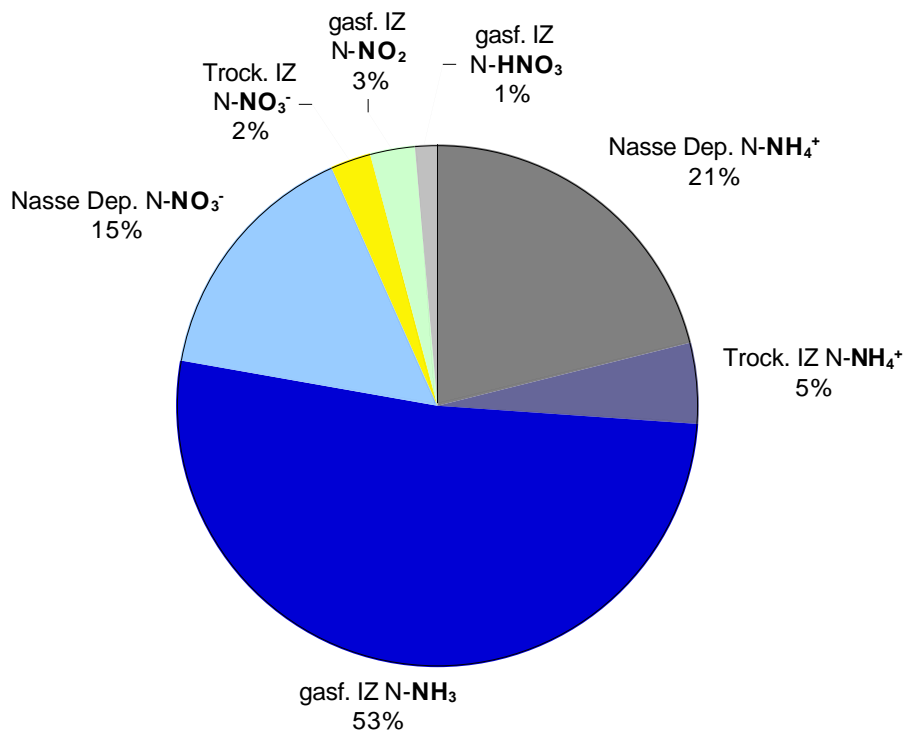
## Stickstofffrachten "Feld"

21 kg/(ha\*Jahr)



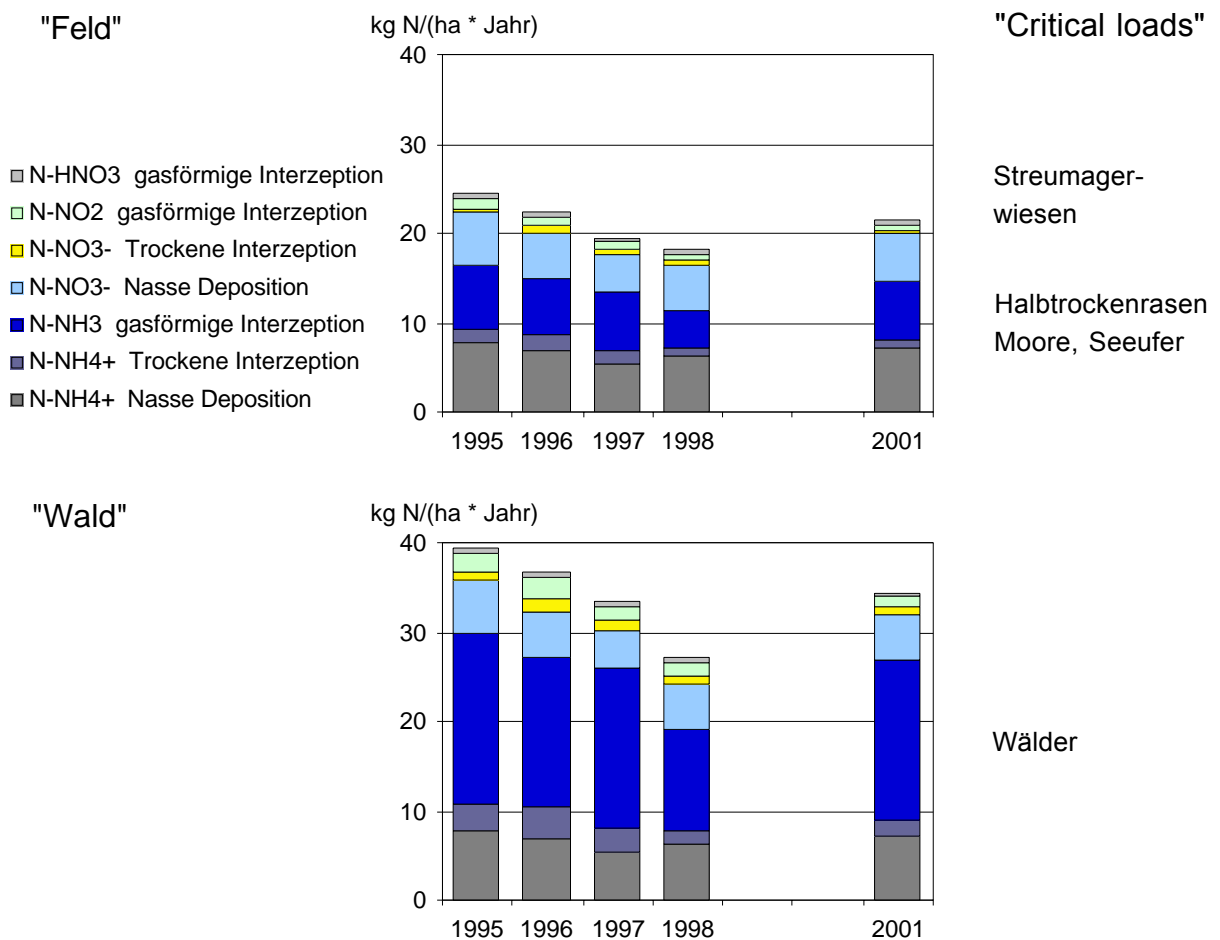
## Stickstofffrachten "Wald"

34 kg/(ha\*Jahr)



**Abb. 8** Depositionsfrachten der N-Komponenten im voralpinen Raum. Angaben für "Feld" und "Wald", gestützt auf Messungen über das Jahr 2001 am Bachtel. Die Einträge aus Trocken- und Gasinterzeption sind auf Grund von Erfahrungswerten für mittlere Depositionsraten hochgerechnet.

Abbildung 8 (Daten in 7.5 Anhang E, Tab. E1) zeigt die geschätzten Einträge aufgeteilt auf die verschiedenen N-Komponenten als Kuchendiagramme. Auffallend ist der grosse Anteil der reduzierten Komponenten, bei "Feld" zwei Drittel, bei "Wald" sogar fast 80%, wobei bei „Feld“ der N-Eintrag durch Ammoniak etwa gleich gross war wie durch die nasse Deposition, bei „Wald“ durch Ammoniak etwa doppelt so hoch (stärkere Interzeption) als durch die nasse Deposition. Der höhere Eintrag über reduzierte N-Verbindungen entspricht dem Standort Bachtel, der weit ab vom Verkehr (NO<sub>2</sub>-Emission) gelegen ist, jedoch landwirtschaftlich genutzt wird. Bei den oxidierten N-Verbindungen dominierte Nitrat in der Nassdeposition.



**Abb. 9** N-Einträge in "Feld" und "Wald," aufgeteilt auf die verschiedenen N-Komponenten, gestützt auf Messungen an der Station Bachtel über die letzten Jahre

In der Abbildung 9 sind die geschätzten "Düngungen aus der Luft" in den Jahren 1995 bis 1998 und 2001 bei der Station Bachtel dargestellt mit der Angabe, welche Pflanzengemeinschaften wieviel N ertragen. Eine Streumagerwiese („critical load range“ nach Rihm 1996 bei 20 – 30 kg N/(ha\*Jahr)) erträgt die eingebrachten N-Frachten gerade noch, für montane Halbtrockenrasen (10 - 15 kg N/(ha\*Jahr)), Moore und Seeufer (5 – 10 kg N/(ha\*Jahr)) sowie Wälder (15 –

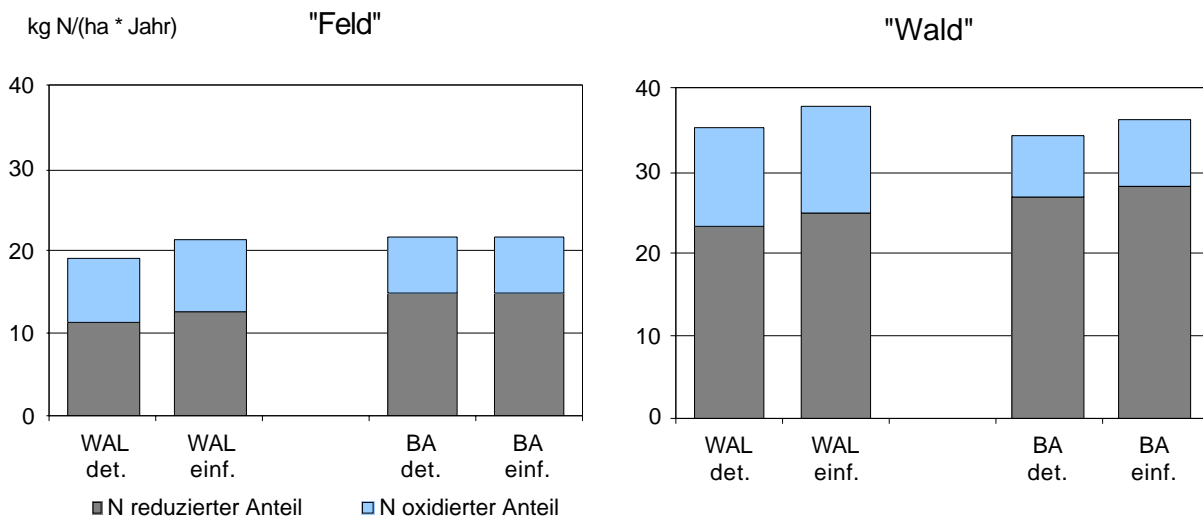
20 kg N/(ha\*Jahr)) werden die "critical loads" z.T. massiv überschritten. Bei der Abschätzung des Stickstoffeintrags in Ökosysteme wurde die Trockendeposition aus Staubbiederschlag (dry) noch nicht berücksichtigt, da zu wenige Werte vorhanden sind.

Das Verhältnis der reduzierten Komponenten zu den oxidierten blieb sich über die Jahre in etwa gleich. In Rihm (2000) wird im 1x1-Kilometer-Raster, in dem die Bachtelstation liegt, eine N-Deposition von 30 bis 40 kg N/(ha\*Jahr) angegeben. Dies deckt sich gut mit den von uns gefundenen Werten in den letzten Jahren (Abb. 9), da der betreffende Quadratkilometer relativ stark bewaldet ist.

Ausser Ammoniak, welches als solches emittiert und zum grössten Teil in der Nähe der Entstehung wieder deponiert wird, entstehen die anderen gemessenen N-Komponenten durch chemische oder physikalische Umwandlung und werden mehr oder weniger weit als Gase, in Aerosolen und Regentropfen verfrachtet. Für den Standort Bachtel kann daher angenommen werden, dass zwei Drittel des Stickstoffs ins „Feld“ und etwa die Hälfte in den „Wald“ überwiegend durch Ferntransport eingetragen wird.

## 4.5 Modellvergleich

Die Abschätzung der N-Einträge anhand der relevanten N-Komponenten in der Nassdeposition (wet only), der Gasphase (Denuder) und auf Aerosolfilter kombiniert mit mittleren Jahres-Depositionsgeschwindigkeiten zeigt gute Resultate. ("detailliertes Schätzmodell"). Zusätzlich wurde ein "vereinfachtes Schätzmodell" mit Daten aus rein passiven Messsystemen (Bulk, NH<sub>3</sub>-PS, NO<sub>2</sub>-PS) entwickelt. Die Modellparameter des "vereinfachtes Schätzmodells" wurden aufgrund der Daten von vier verschiedenen Orten in der Schweiz (Bachtel, Wallisellen, Basel-Land und Innerschweiz) und in verschiedenen Jahren, bei denen sowohl mit aktiven wie passiven Methoden gemessen wurde, berechnet. Dabei wurden die Stickstofffrachten im Bulk in einer linearen Regression mit der Summe der errechneten Frachten aus dem Niederschlag (wet only), Nitrat- und Ammoniumaerosolen und der gasförmigen Salpetersäure verglichen (Thöni et al., Bericht in Vorbereitung). Abbildung 10 zeigt als Beispiel die Vergleiche bei Bachtel und Wallisellen (Werte im Anhang G, Tab. G1). Die Werte des "detaillierten Modells" stimmen gut mit denen des "vereinfachten Modells" überein.



**Abb. 10** Vergleich von geschätzten Stickstoffeinträgen mit "detailliertem Modell" (det.) und "vereinfachtem Modell" (einf.) bei der Station Bachtel (BA) 2001 und Wallisellen (WAL) 2000

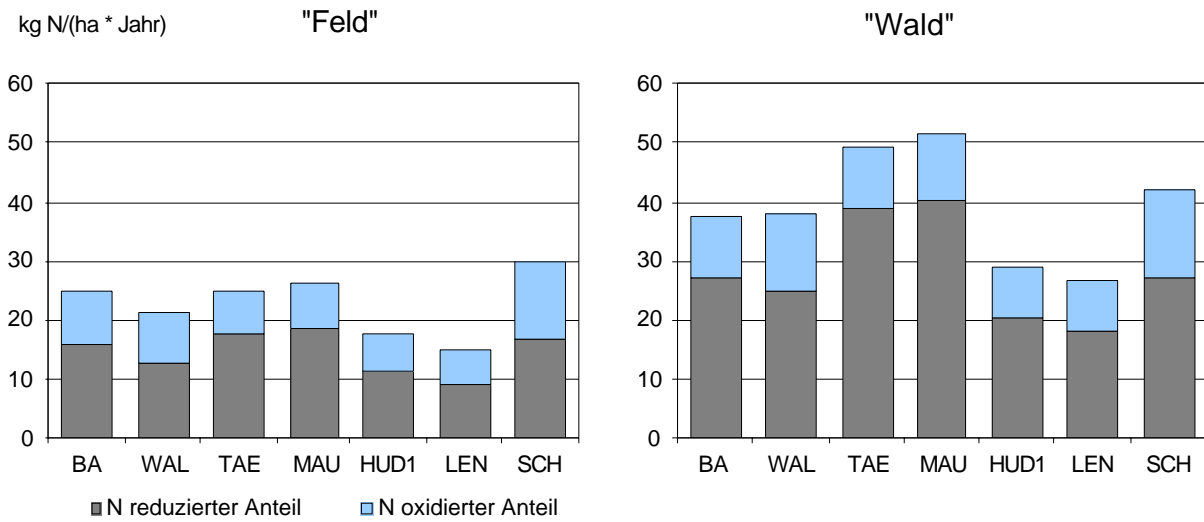
#### 4.6 Weitere N-Messungen im OSTLUFT-Gebiet

In den letzten zwei Jahren wurde von uns im Auftrag des BUWAL und des Kantons Thurgau an weiteren Standorten im OSTLUFT-Gebiet Stickstoffmessungen (Ammoniak mit Passivsammlern, Nitrat und Ammonium im Bulk-Niederschlag) durchgeführt. In der Tabelle H1 (Anhang 7.8) sind die Standorte beschrieben. Tabelle 3 zeigt die Ammoniakwerte. Die Stationen Tänikon und Mauren liegen in intensiv bewirtschaftetem Land und zeigen dies auch mit deutlich höheren Werten. In unmittelbarer Nähe der Messstellen im Hudelmoos, beim Lengwiler Weiher und bei Schänis gibt es keine landwirtschaftlichen Aktivitäten und folgerichtig sind auch die Ammoniakkonzentration niedriger. Der Messort in Wallisellen liegt in einem Schrebergarten am Siedlungsrand und zeigt auch relativ niedrige Werte.

**Tab. 3** Ammoniakkonzentrationen ( $N-NH_3$ ) an verschiedenen Orten in der Ostschweiz

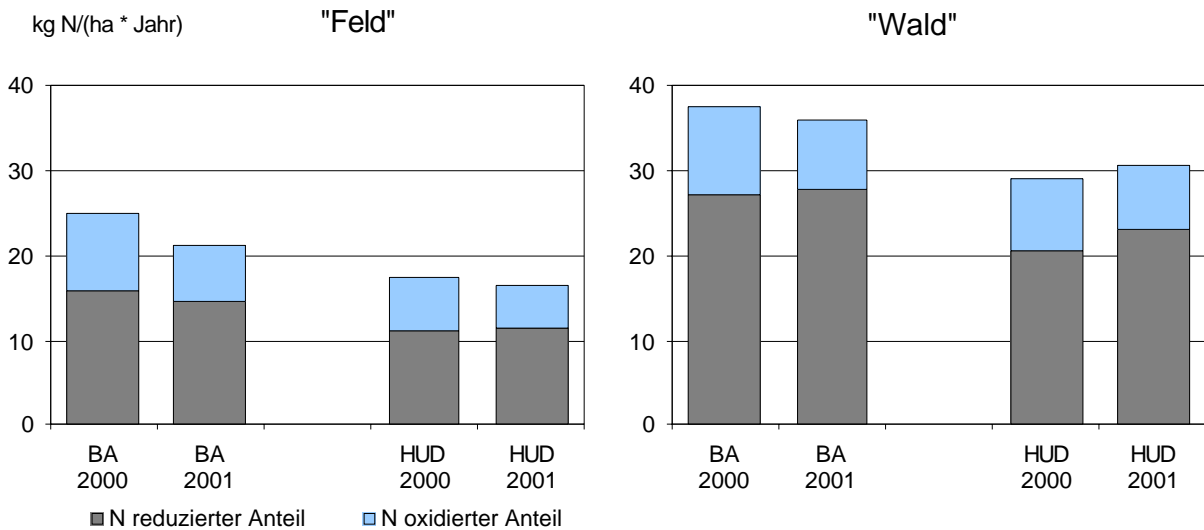
Standort	Abk.	Jahresmittelwert $N-NH_3$ $\mu g/m^3$	
		2000	2001
Bachtel	BA	1.9	2.1
Wallisellen	WAL	1.7	
Tänikon	TAE	3.4	3.7
Mauren	MAU	3.4	3.5
Hudelmoos	HUD	1.3	1.7
Lengwiler Weiher	LEN	1.2	
Schänis	SCH	1.4	

In Abbildung 11 (Werte im Anhang G, Tabelle G3) sind die geschätzten Stickstoffeinträge, die mit dem in Kapitel 4.5 beschriebenen "vereinfachten Schätzmodell" berechnet wurden, dargestellt. Bei den Gesamtstickstoffeinträgen ins "Feld" sieht es etwas anders aus als bei den Ammoniakkonzentrationen. Die Station Schänis zeigt zwar beim reduzierten Stickstoff einen etwa gleich hohen N-Eintrag wie der Bachtel, aber einen viel höheren Anteil an Nitrat. Die Regenmenge ist bei der Station Schänis am höchsten, so wurde trotz des ländlichen Charakters und wenig landwirtschaftlicher Tätigkeit der höchste N-Eintrag aller sieben Stationen erreicht. Der N-Eintrag bei Tänikon und Mauren ist ähnlich hoch wie beim Bachtel, sie haben zwar deutlich höhere Ammoniakkonzentrationen, aber weniger Regen. Anders sieht es beim N-Eintrag in den "Wald" aus. Da das Ammoniak auf der rauhen Oberfläche des Waldes sehr schnell deponiert wird, haben nun die Stationen Tänikon und Mauren die höchsten Werte. Hudelmoos und Lengwilerweiher zeigen die niedrigsten N-Einträge bei "Feld" und "Wald". Wallisellen „Wald“ hat den gleichen Gesamt-N-Eintrag wie der Bachtel, der oxidierte Anteil ist aber höher (WAL 34%, BA 28%). Hier spiegelt sich wohl die Nähe zum Verkehr wider.



**Abb. 11** Stickstoffeinträge an verschiedenen Orten im OSTLUFT-Gebiet (abgeschätzt mit dem „vereinfachten Modell“)

Abbildung 12 zeigt die Stickstoffeinträge im Vergleich der Jahre 2000 und 2001 bei der Station Bachtel und Hudelmoos. Es gab keine grossen Verschiebungen (Werte im Anhang G, Tab. G3).



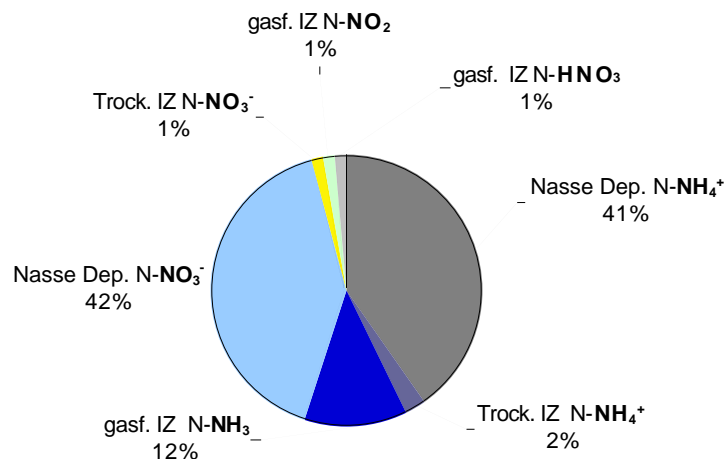
**Abb. 12** Stickstoffeinträge bei der Station Bachtel (BA) und Hudelmoos (HUD) im Vergleich der Jahre 2000 und 2001 (abgeschätzt mit dem „vereinfachten Modell“)



#### 4.7 Exemplarische Abschätzung des Anstiegs bei Hofdüngeraustrag

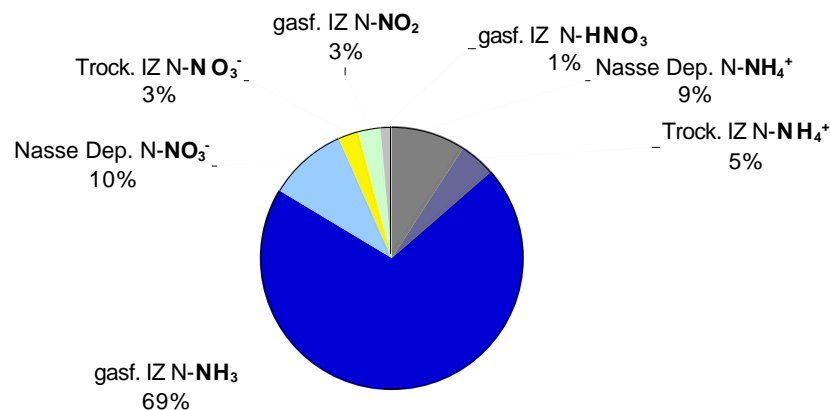
Stickstofffrachten "Feld", ohne Gülleaustrag

2.1 kg/(ha\*4 Wochen), 27.3.01 – 24.4.01



Stickstofffrachten "Feld", mit Gülleaustrag

1.8 kg/(ha\*4 Wochen), 9.10.01 – 6.11.01



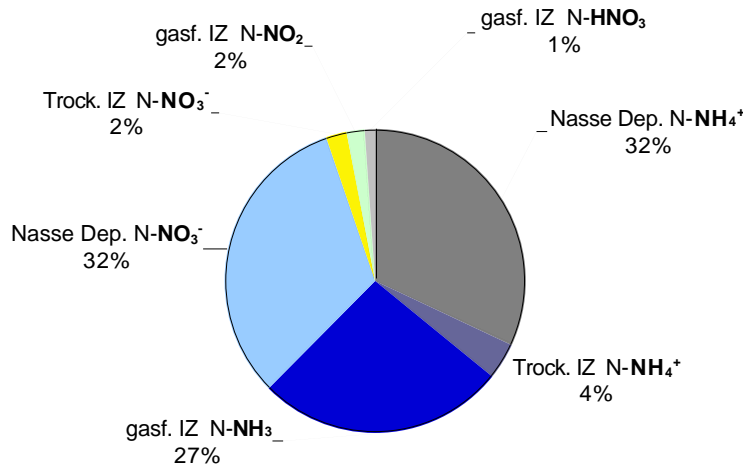
**Abb. 13** Einfluss landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die N-Einträge im freien „Feld“. Angaben gestützt auf zwei vierwöchige Messperioden an der Station Bachtel mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Aktivität. Die Einträge aus Trocken- und Gasin-terzeption sind auf Grund von Erfahrungswerten für mittlere Depositionsraten hoch-gerechnet.

Auf dem Bachtel wurden zwei Monatsperioden ausgewählt, um den Anstieg des Ammoniak-N Eintrages bei Hofdüngeraustrag zu zeigen. In der ersten Periode wurde weder Gülle ausgetragen noch geweidet, in der zweiten wurde ge-weidet und intensiv direkt um die Station Gülle ausgebracht (siehe auch Abbil-dung 3). Für die Berechnung der Frachten aus den Aerosolen und den gasförmig-

gen Komponenten wurden die Jahres-Depositionsgeschwindigkeiten verwendet. Abbildung 13 zeigt den Anteil der N-Einträge der verschiedenen Stickstoffkomponenten ins "Feld", Abbildung 14 in den "Wald". Der Anteil des N-Eintrags aus dem Ammoniak ohne Gülleaustrag beträgt im "Feld" 12% im "Wald" 27%. Bei der Periode mit Gülleaustrag sind diese Werte 69% resp. 83%.

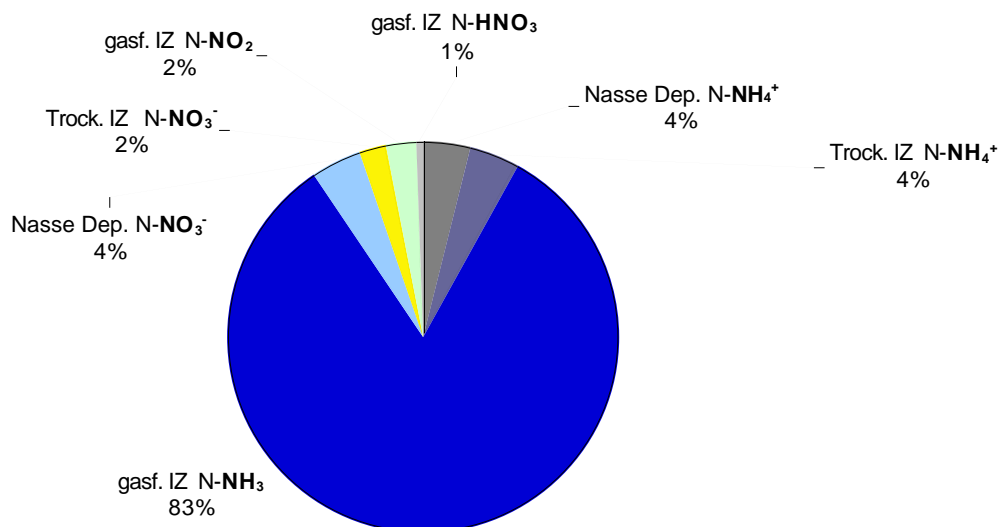
#### Stickstofffrachten "Wald", ohne Gülleaustrag

2.6 kg/(ha\*4 Wochen), 27.3.01 – 24.4.01



#### Stickstofffrachten "Wald", mit Gülleaustrag

4.0 kg/(ha\*4 Wochen), 9.10.01 – 6.11.01



**Abb. 14** Einfluss landwirtschaftlicher Aktivitäten auf die N-Einträge in den „Wald“. Angaben gestützt auf zwei vierwöchige Messperioden an der Station Bachtel mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Aktivität. Die Einträge aus Trocken- und Gasin-terzeption sind auf Grund von Erfahrungswerten für mittlere Depositionsraten hochgerechnet.

## 5 Kommentar und Ausblick

Mit den N-Parametern aus "wet & dry" (Ammonium und Nitrat) sowie den gasförmigen (Ammoniak, Salpetersäure und Stickstoffdioxid) und partikelgebundenen (Ammonium und Nitrat) Anteilen kann der Eintrag von Stickstoff in den Voralpenraum gut abgeschätzt werden. Mit einem vereinfachten Modell kann eine gute Abschätzung des Stickstoffeintrages auch mit einfachen Passivsammelmethoden (Bulk, Ammoniak- und NO<sub>2</sub>-Passivsammlern), die nur wenig Infrastruktur benötigen, erreicht werden.

Eine separate Messung des Schwebstaubes ist nicht nötig, da ungefähr die gleiche Fraktion gemessen wird wie mit dem beschichteten Aerosolfilter. Hingegen wird seit Sommer 2001 auch der Anteil der N-Fracht durch sedimentierenden Staub bestimmt. Diese Komponente konnte in den Jahreswerten im vorliegenden Bericht noch nicht berücksichtigt werden. Aus Sicht dieser und weiterer Messungen (z.B. Thöni/Seitler 2002) kann eventuell für die N-Eintragsabschätzungen auf die Erfassung von gasförmigem HNO<sub>3</sub> verzichtet werden, da nur wenige % des N-Eintrags aus dieser Komponente stammen. Hingegen muss NO<sub>2</sub> berücksichtigt werden. Bei der Station Bachtel fällt diese Komponente kaum ins Gewicht, an strassennahen Standorten kann es hingegen einen höheren Beitrag zur Überdüngung von halbnatürlichen Standorten leisten.

Bei der Bachtel-Station (halbintensiv bewirtschaftet) wird im 2002 weiter gemessen. Zusätzlich wurde bei Tänikon (FAT) eine Station aufgebaut, um Messdaten aus der Umgebung mit intensiver Landwirtschaft zu erhalten. Die Messintervalle wurden z.T. auf 2- bis 4-Wochen-Perioden verlängert. Bei der Station Schänis werden im Rahmen des Landesforstinventars von der WSL seit Jahren Nitrat und Ammonium in Bulkproben gemessen. Im Auftrag der Ostluft werden nun, wie schon im Jahr 2000 im Auftrag des BUWAL, die Ammoniak- und Stickstoffdioxid-Konzentrationen von der FUB ermittelt. Dies soll eine Abschätzung der Stickstoffdeposition in einem landwirtschaftlich kaum genutzten Gebiet erlauben.

Diese Messungen sollen einerseits eine bessere Abschätzung der N-Einträge in verschiedenen belasteten Gebieten ermöglichen und andererseits Grundlagen für die Erfolgskontrolle der Massnahmen zur Emissionsminderung von Ammoniak liefern. Es ist darum nötig und sinnvoll, die Messungen der Einzelkomponenten auf dem Bachtel (mässig intensive Landwirtschaft) und in Tänikon (intensive Landwirtschaft) einige Jahre weiterzuführen. Mit der vereinfachten Erfassung der N-Einträge in Schänis werden im Jahre 2002 auch Daten für einen extensiv

bewirtschafteten Standort zugänglich. Von Vorteil wäre es, nach dem vereinfachten Modell noch weitere Stationen mit anderen meteorologischen und emissionsbezogenen Eigenheiten zu untersuchen.

## 6 Literatur

- Barbieri, A., Pozzi, S. 2001: Acidifying deposition - Southern Switzerland. Env. doc. 134, BUWAL, Bern
- Fischer-Riedmann, A. 1995: Atmosphärische Konzentration und Deposition von N-haltigen Komponenten im Wald des hydrologischen Einzugsgebietes Erlenbach im Alptal. Diss. ETH Nr. 11035
- Hall, Upton, 1988: Atmospheric Environment 22, 1383-1394
- Hurni, P., Kopse, D., Braun, M. 1993: Stickstoffeinflüsse in vier ausgewählten Regionen, Anhang B von: Der Stickstoffhaushalt der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 209, BUWAL, Bern
- Krieg, F., Peier, E., Müller, H. 1997: Depositionsuntersuchungen in Wallisellen und auf dem Bachtel – Resultate 1996. FUB im Auftrag des AWEL Kt. ZH
- Rihm, B. 1996: Critical loads of nitrogen and exceedances – eutrophying atmospheric Deposition. Environmental Serie No. 275. BUWAL, Bern
- Rihm, B. 2000: Stickstoff-Eintrag im Voralpenraum, Gebiet OSTLUFT. Kurzbericht mit Kartenanhang an das AfU Kt. AI
- Sutton, M. A., Ashman, W. A. H., Schjørring, J. K. 1994: Dry deposition of reduced nitrogen. Tellus 46B, 255 – 273
- Thöni, L., Müller, H., Seitler, E. 1999: Depositionsuntersuchungen im Kanton Zürich – Bachtel – Resultate 1998. FUB im Auftrag des AWEL Kt. ZH
- Thöni, L., Seitler, E., Blatter, A., Neftel, A., in press: A passive sampling method to determine ammonia in ambient air. Proc. of Int. Conf: Measuring air pollutants by diffusive sampling, Montpellier, 26. – 28. Sept. 2001
- Thöni, L., Seitler, E. 2002: Stickstoffhaltige Gas- und Aerosolkomponenten in Payerne, auf Rigi-Seebodenalp und in Zürich, 2000/2001. Bezugsquelle: BUWAL, Abteilung Luftreinhaltung und NIS, CH-3003 Bern

## **7 Anhang**

7.1	Anhang A: Qualitätskontrolle	29
7.2	Anhang B: Vergleichsmessungen	33
7.3	Anhang C: Vier-Wochen-Mittel aller Stickstoffkomponenten	36
7.4	Anhang D: Werte über die letzten Jahre	37
7.5	Anhang E: Schätzung des N-Eintrags	38
7.6	Anhang F: Einzelwerte aller gemessenen Komponenten	39
7.7	Anhang G: Konzentrationen und Schätzung des N-Eintrags im übrigen OSTLUFT-Gebiet	46
7.8	Anhang H: Geografische Standortbeschreibung	48

## 7.1 Anhang A: Qualitätskontrolle

**Tab. A1** Mittlere relative Standardabweichungen der Doppelanalysen

	Den <b>N-NH<sub>3</sub></b>	AeF <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	SW <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	TD <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	ND <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	SW <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	TD <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	ND <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>
<b>RSD (Mittel) / %</b>	<b>1.7</b>	<b>1.7</b>	<b>2.4</b>	<b>2.0</b>	<b>2.8</b>	<b>1.7</b>	<b>0.4</b>	<b>1.2</b>
Anzahl Proben	34	34	23	5	14	23	5	14
	Den <b>N-HNO<sub>3</sub></b>	AeF <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	SW <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	TD <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	ND <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	ND <b>pH</b>		
<b>RSD (Mittel) / %</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>1.2</b>	<b>0.6</b>		
Anzahl Proben	34	34	23	5	14	48		

**Tab. A2** Blindwerte im Vergleich zu den Proben

	Den <b>N-NH<sub>3</sub></b> mg/l	AeF <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	SW <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	PS (1) <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	TD <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	ND <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	SW (2) <b>Staub</b> mg			
<b>Blinds Mittel</b>	<b>0.048</b>	<b>0.18</b>	<b>0.47</b>	<b>0.014</b>	<b>0.023</b>	<b>0.028</b>	<b>1.66</b>			
SD	0.008	0.06	0.14	0.011	0.010	0.008	0.38			
Anzahl Blinds	6	7	4	90	4	5	8			
% von Minimalwert	2.7	14.3	10.2	78.6	8.9	26.4	92.3			
% von Median	0.6	5.5	4.8	13.9	1.0	7.8	54.7			
<b>Proben Mittel</b>	<b>10.3</b>	<b>4.0</b>	<b>9.5</b>	<b>0.16</b>	<b>2.20</b>	<b>0.41</b>	<b>3.32</b>			
MIN	1.8	1.2	4.7	0.02	0.26	0.11	1.79			
MED	8.0	3.2	9.9	0.10	2.21	0.36	3.03			
MAX	50.4	11.4	16.3	0.76	5.65	1.00	5.89			
Anzahl Proben	34	34	23	190	5	14	23			
	Den <b>N-HNO<sub>3</sub></b> mg/l	AeF <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> mg/l	SW <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> mg/l	PS <b>NO<sub>2</sub></b> abs	TD <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> mg/l	ND <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> mg/l	SW <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> mg/l	TD <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> mg/l	ND <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> mg/l	
<b>Blinds Mittel</b>	<b>0.003</b>	<b>0.11</b>	<b>0.16</b>	<b>0.027</b>	<b>0.013</b>	<b>0.003</b>	<b>2.18</b>	<b>0.013</b>	<b>0.009</b>	
SD	0.002	0.02	0.04	0.015	0.006	0.002	0.13	0.012	0.010	
Anzahl Blinds	10	9	4	12	4	5	4	4	2	
% von Minimalwert	0.5	5.5	1.5	52.1	0.2	1.7	23.8	0.4	3.3	
% von Median	0.2	2.0	1.1	28.9	0.2	1.0	13.5	0.3	1.1	
<b>Proben Mittel</b>	<b>1.76</b>	<b>6.8</b>	<b>20.3</b>	<b>0.105</b>	<b>6.73</b>	<b>0.30</b>	<b>17.4</b>	<b>4.10</b>	<b>0.76</b>	
MIN	0.51	2.0	10.3	0.052	5.43	0.16	9.2	3.42	0.27	
MED	1.60	5.5	14.5	0.094	6.24	0.27	16.1	4.04	0.78	
MAX	5.16	24.5	35.7	0.205	8.68	0.78	28.8	5.01	1.36	
Anzahl Proben	34	34	23	13	5	14	23	5	14	

(1) Blindwerte 2000

(2) keine echten Blindwerte, zu unterschiedlicher Jahreszeit tariert und ausgewogen, deshalb Verschiebung

Die Blindproben der Aerosolfilter und NH<sub>3</sub>-Passivsammler werden während der Expositionszeit im Kühlschrank gelagert, alle anderen Blindproben reisen mit und werden im Feld mindestens so lange deponiert, wie Proben exponiert werden.

**Tab. A3** Nachweisgrenzen der Methoden

<b>Aktivsammlung Luft</b>	Den <b>N-NH<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	AeF <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	SW <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	Den <b>N-HNO<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	AeF <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	SW <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	SW <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> µg/m <sup>3</sup>
Expositionsdauer							
1 Woche	0.004	0.05	0.03	0.0002	0.006	0.002	0.007
2 Wochen	0.002	0.03	0.01	0.0001	0.003	0.001	0.004
4 Wochen	0.001	0.01		0.0001	0.001		
<b>Passivsammlung Luft</b>	PS <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> µg/m <sup>3</sup>			PS <b>N-NO<sub>2</sub></b> µg/m <sup>3</sup>			
	0.3			0.2			
<b>Passivsammlung Niederschlag</b>	ND <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> kg/ha			ND <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> kg/ha			ND <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> kg/ha
NS	0.001			0.0001			0.002
10 mm (tiefer Wochenwert)	0.01			0.001			0.02
100 mm (hoher Wochenwert)	0.03			0.002			0.05
250 mm (hoher Vierwochenwert)							
<b>Passivsammlung Trockendeposition</b>	TD <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> kg/ha			TD <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> kg/ha			TD <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> kg/ha
	0.0003			0.0001			0.0005

Die Nachweisgrenzen von Denuder und Schwebstaub wurden mit dem mittleren Luftdurchsatz für die jeweilige Methode berechnet.

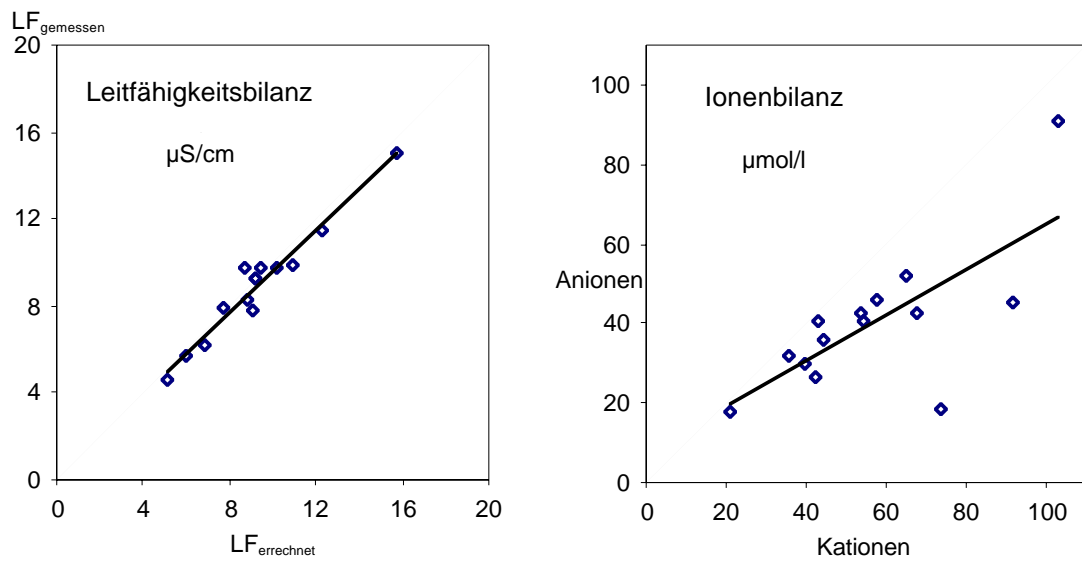
**Tab. A4** Messung von Standardreferenzmaterial, simuliertes Regenwasser von NIST

		<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> mg/l	<b>Cl<sup>-</sup></b> mg/l	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> mg/l	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> mg/l
Simulierter Regen I	<b>gemessen</b>	<b>0.032</b>	<b>0.25</b>	<b>0.47</b>	<b>2.79</b>
	soll	(0.12)	(0.23)	(0.53)	2.69 ± 0.03
Simulierter Regen II	<b>gemessen</b>	<b>1.10</b>	<b>0.90</b>	<b>6.89</b>	<b>10.3</b>
	soll	(1.06)	(0.94)	7.19 ± 0.16	10.6 ± 0.1

Die Sollwerte mit Standardabweichungen sind zertifiziert.

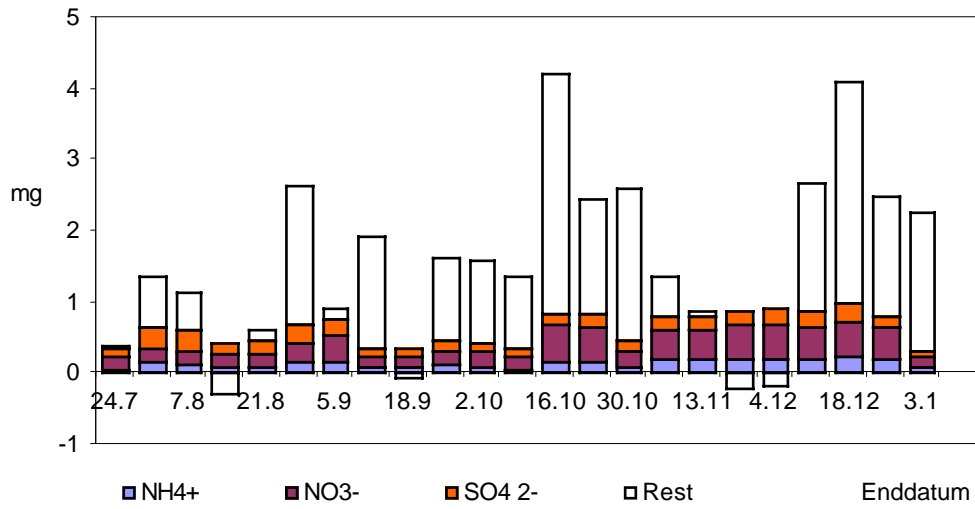
Die simulierten Regenwasser sind mindestens 8 Jahre alt. Es konnte kein geeignetes, neues Referenzmaterial gefunden werden. Dies kann den grossen Unterschied bei der niedrigeren Konzentration von Ammonium erklären, da Ammonium kein sehr stabiles Ion ist.





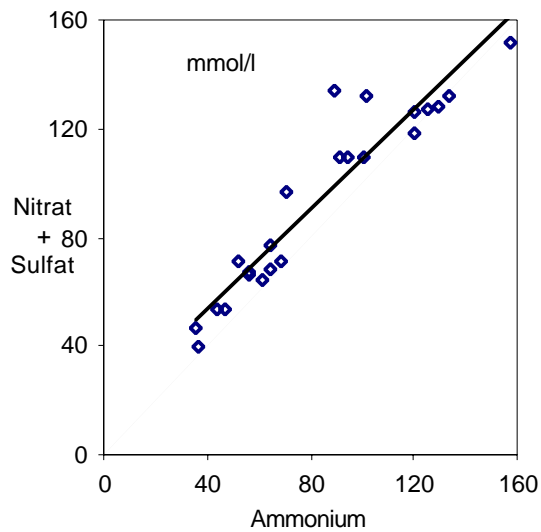
**Abb. A1** Ionen- und Leitfähigkeitsbilanz bei den Niederschlagsproben

Die Werte der Leitfähigkeits- und Ionenbilanzen sind in 7.6 Anhang F4.



**Abb. A2** Schwebstaub: Anteil von Ammonium, Nitrat und Sulfat am Gesamtstaub

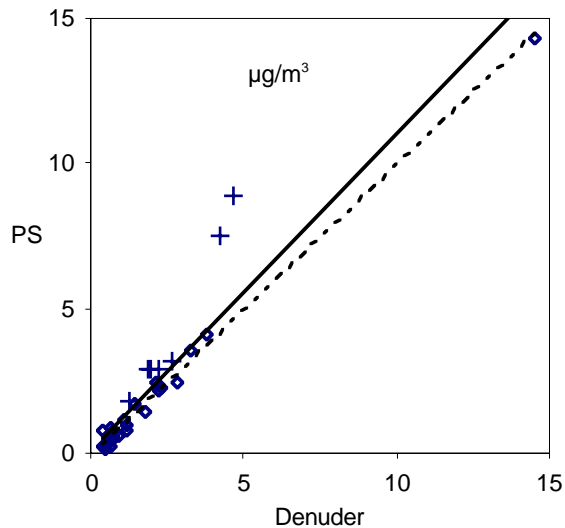
Die Massenanteile im Schwebstaubs sind in 7.6 Anhang F2.



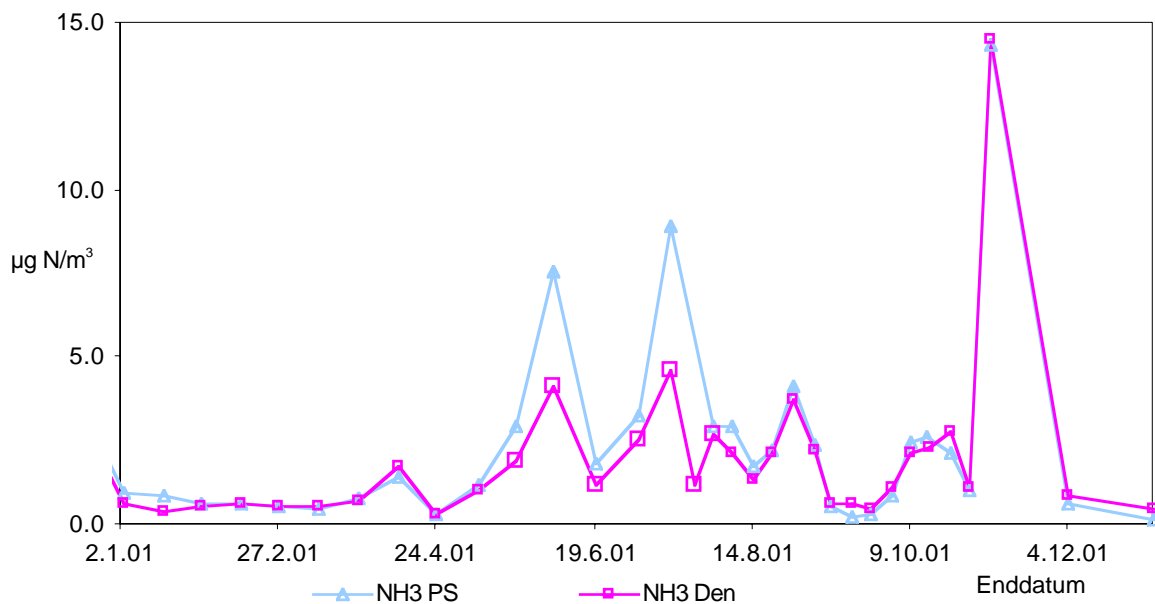
**Abb. A3** Schwebstaub: Vergleich der Stoffmengenkonzentrationen von Nitrat & Sulfat zu Ammonium

Die Einzelwerte der Schwebstaub-Stoffmengenkonzentrationen sind in 7.6 Anhang F3.

## 7.2 Anhang B: Vergleichsmessungen

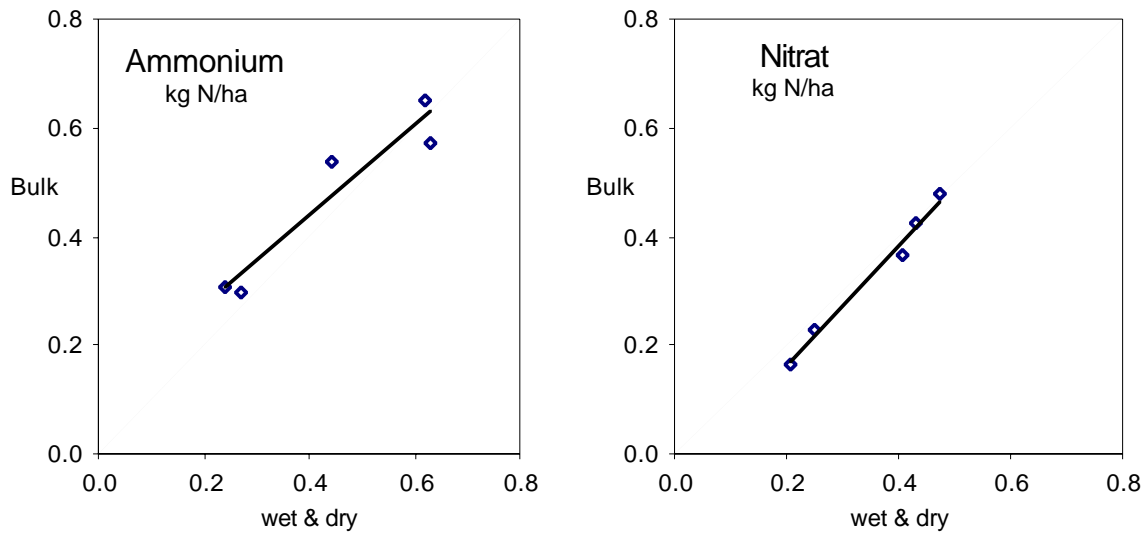


**Abb. B1** Vergleich von Ammoniak, gemessen mit Denudern und Passivsammlern  
 + = fehlerhafte Charge Denuder vom 22.5. – 7.8.01  
 Trendlinien: durchgezogen = alle Datenpaare,  
 gestrichelt = ohne die Werte vom 22.5. – 7.8.01

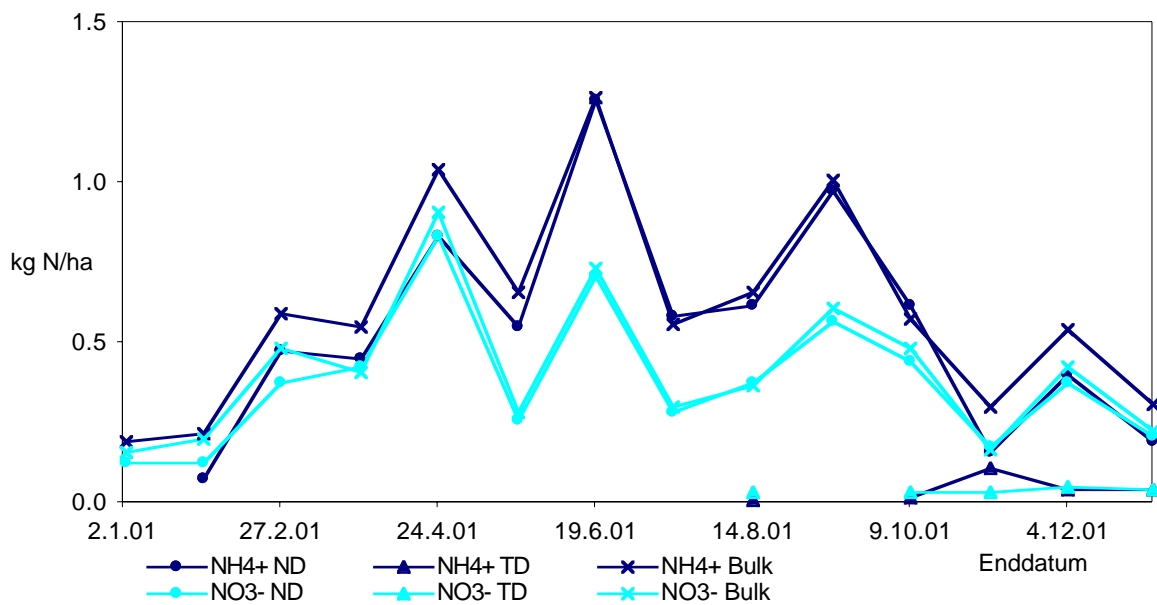


**Abb. B2** Vergleich von Ammoniak, gemessen mit Denudern und Passivsammlern. Die sieben vergrößert dargestellten Denuderwerte entstammen aus einer wahrscheinlich fehlerhaften Charge, sie werden im Bericht durch Passivsammlerwerte ersetzt.

Die Ammoniakwerte der Denuder sind in 7.6 Anhang F1, die Passivsammlerwerte sind in 7.6 Anhang F9. Zum Vergleich wurden die Mittelwerte aus 6 PS verwendet.

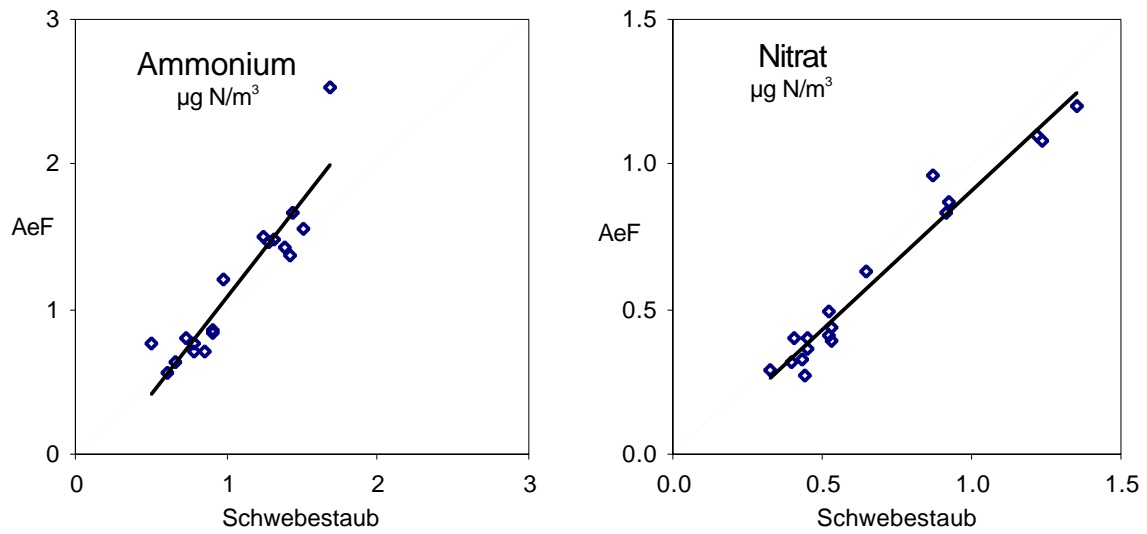


**Abb. B3** Ammonium und Nitrat in der aufsummierten ND und TD (wet & dry) im Vergleich zum Bulk

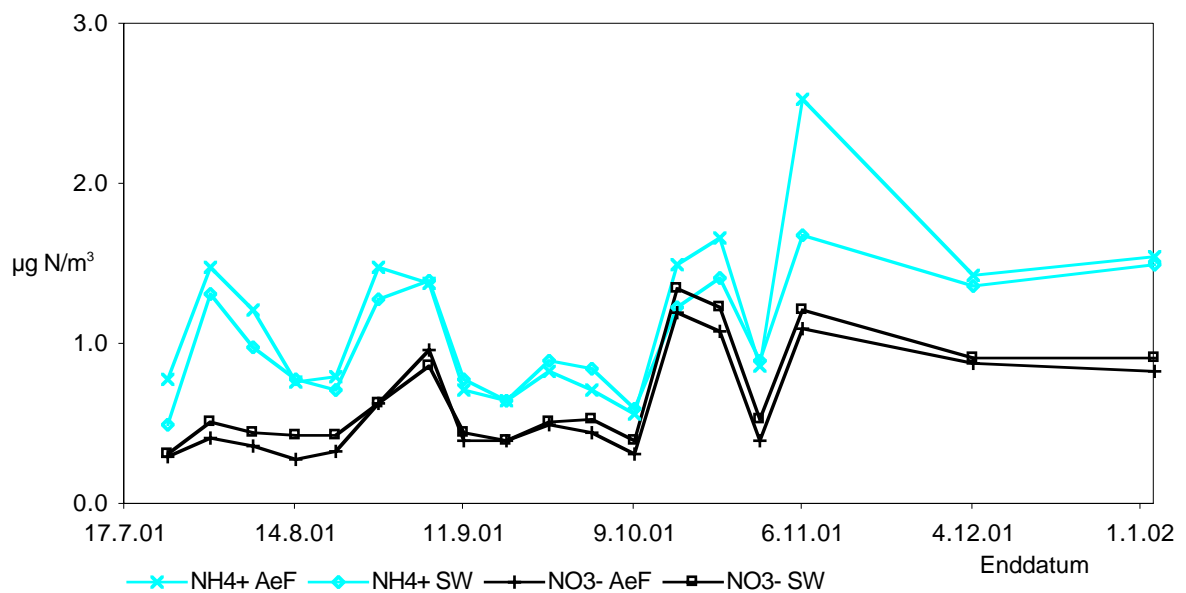


**Abb. B4** Ammonium und Nitrat in der ND (wet), in der TD (dry) und im Bulk im Verlauf des Jahres

Die Werte von ND und TD sind in 7.6 Anhang F5, die Bulk-Werte sind in 7.6 Anhang F7.



**Abb. B5** Vergleich von Ammonium und Nitrat im Schwebestaub und in den Aerosolfiltern



**Abb. B6** Vergleich von Ammonium und Nitrat im Schwebestaub und in den Aerosolfiltern im Jahresverlauf

Die Einzelwerte der Aerosolfilter in 7.6 Anhang F1, die Schwebestaub-Werte sind in 7.6 Anhang F3.

### 7.3 Anhang C: Vier-Wochen-Mittel aller Stickstoffkomponenten

**Tab. C1** 4-Wochen-Mittel aller gemessenen Stickstoffkomponenten auf dem Bachtel

N red	Exp.-ende	Den	AeF	SW	Bulk	ND	TD	TD/(ND+TD)	PS	
	Beginn	N-NH <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg/ha	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg/ha	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg/ha	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> %	N-NH <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	
	5.12.00									
	3.1.01	1.85	0.71		0.19	0.12			2.19	
	30.1.01	0.46	0.93		0.22	0.08			0.73	
	27.2.01	0.61	1.83		0.59	0.48			0.61	
	27.3.01	0.65	0.57		0.55	0.45			0.64	
	24.4.01	1.06	1.00		1.04	0.83			0.89	
	22.5.01	1.46	1.21		0.65	0.55			2.01	
	19.6.01	2.63	1.82		1.27	1.25			4.58	
	16.7.01	3.47	2.25		0.56	0.58			5.77	
	14.8.01	1.83	1.06	0.88	0.66	0.61	0.005	1	2.69	
	11.9.01	2.25	1.11	1.06	1.01	0.98			2.41	
	9.10.01	1.07	0.70	0.75	0.57	0.61	0.013	2	0.97	
	6.11.01	5.07	1.64	1.31	0.30	0.16	0.108	41	4.96	
	4.12.01	0.85	1.44	1.37	0.54	0.40	0.043	10	0.67	
	3.1.02	0.47	1.56	0.89	0.31	0.19	0.044	18	0.16	
<b>Jahreswerte*</b>		<b>1.68</b>	<b>1.32</b>		<b>8.26</b>	<b>7.17</b>			<b>2.08</b>	
<i>kursiv: Denuderwerte vermutlich nicht korrekt, für Auswertungen Werte von PS verwendet</i>										
N ox	Exp.-ende	Den	AeF	SW	Bulk	ND	TD		PS	Exp.-ende
	Beginn	N-HNO <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg/ha	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg/ha	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg/ha		N-NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	Beginn
	5.12.00									22.12.00
	3.1.01	0.071	0.62		0.16	0.12			1.19	16.1.01
	30.1.01	0.128	1.16		0.20	0.12			1.12	13.2.01
	27.2.01	0.097	1.22		0.48	0.37			2.22	13.3.01
	27.3.01	0.044	0.35		0.41	0.43			0.94	10.4.01
	24.4.01	0.083	0.58		0.91	0.84			0.70	8.5.01
	22.5.01	0.098	0.61		0.29	0.26			0.76	5.6.01
	19.6.01	0.099	0.46		0.73	0.71			0.74	3.7.01
	16.7.01	0.155	0.45		0.30	0.29			0.61	31.7.01
	14.8.01	0.123	0.34	0.43	0.37	0.37	0.035	9	0.61	27.8.01
	11.9.01	0.168	0.60	0.61	0.61	0.57			0.82	25.9.01
	9.10.01	0.071	0.42	0.46	0.48	0.44	0.031	6	1.16	23.10.01
	6.11.01	0.070	0.95	1.08	0.17	0.17	0.035	17	1.29	20.11.01
	4.12.01	0.032	0.88	0.92	0.43	0.38	0.048	11	2.07	18.12.01
	3.1.02	0.051	0.84	0.54	0.23	0.21	0.040	16		
<b>Jahreswerte*</b>		<b>0.094</b>	<b>0.68</b>		<b>5.60</b>	<b>5.15</b>			<b>1.10</b>	

\* Die Jahreswerte beziehen sich auf den Zeitraum vom 3.1.01 - 3.1.02  
(Jahreswerte NO<sub>2</sub>: 22.12.00 - 18.12.01)

## 7.4 Anhang D: Werte über die letzten Jahre

**Tab. D1** Stickstoffeintrag auf dem Bachtel über die letzten Jahre

Jahr	Den	AeF	ND	Den	AeF	ND
	<b>N-NH<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> kg/ha	<b>N-HNO<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> kg/ha
1988			9.70			6.48
1989			9.48			6.48
1990			7.29			5.72
1991			7.54			5.58
1992			6.98			4.84
1993	1.82		6.27	0.14		4.36
1994	1.96	1.38	7.87	0.15	0.69	5.67
1995	2.21	2.40	7.77	0.12	0.68	6.02
1996	1.94	3.01	6.83	0.13	1.08	5.29
1997	2.12	1.94	5.52	0.11	0.84	4.24
1998	1.32	1.27	6.24	0.13	0.69	5.22
1999						
2000						
2001	2.09 *	1.32	7.17	0.09	0.68	5.15

\* z.T. Passivsammlerwerte verwendet, da Denuder für 7 Perioden fehlerhaft.

Bei den Ammoniakwerten sind die Gülleperioden mitberücksichtigt.

## 7.5 Anhang E: Schätzung des N-Eintrags

**Tab. E1** Schätzung des N-Eintrags in "Feld" und "Wald" mit Hilfe von Depositionsgeschwindigkeiten nach Rihm (1996), Jahreswerte 1995 – 1998 und 2001 sowie 2 Vier-Wochen-Perioden, in kg/ha, gemessen auf dem Bachtel.

Stickstoffkomponenten	V <sub>dep</sub>  mm/s	N-Eintrag						
		Jahreswerte					4 Wochen-Werte	
		1995	1996	1997	1998	2001	27.3. - 24.4.01	9.10. - 6.11.01
kg N/(ha * Jahr)							kg N/(ha * 4 W.)	
<b>Feld</b>								
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Nasse Deposition		7.8	6.8	5.5	6.3	7.3	0.16	0.83
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Trockene Interzeption	2	1.5	1.9	1.2	0.8	0.8	0.08	0.05
N-NH <sub>3</sub> gasförmige Interzeption	10	7.0	6.1	6.7	4.2	6.6	1.23	0.26
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Nasse Deposition		6.0	5.3	4.2	5.2	5.3	0.17	0.84
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Trockene Interzeption	4	0.4	0.7	0.5	0.4	0.4	0.05	0.03
N-NO <sub>2</sub> gasförmige Interzeption	1.5	1.1	1.2	0.8	0.7	0.5	0.05	0.03
N-HNO <sub>3</sub> gasförmige Interzeption	15	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.03	0.03
Summe reduziert		16.3	14.8	13.4	11.2	14.7	1.5	1.1
Summe oxidiert		8.0	7.7	6.1	7.0	6.7	0.3	0.9
<b>Total</b>		<b>24.4</b>	<b>22.5</b>	<b>19.5</b>	<b>18.3</b>	<b>21.4</b>	<b>1.75</b>	<b>2.06</b>
<b>Wald</b>								
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Nasse Deposition		7.8	6.8	5.5	6.3	7.3	0.16	0.83
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> Trockene Interzeption	2	3.0	3.8	2.5	1.6	1.7	0.16	0.10
N-NH <sub>3</sub> gasförmige Interzeption	27	18.9	16.5	18.1	11.2	17.8	3.31	0.69
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Nasse Deposition		6.0	5.3	4.2	5.2	5.3	0.17	0.84
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Trockene Interzeption	4	0.9	1.4	1.1	0.9	0.9	0.09	0.06
N-NO <sub>2</sub> gasförmige Interzeption	3	2.1	2.3	1.6	1.5	1.0	0.09	0.05
N-HNO <sub>3</sub> gasförmige Interzeption	15	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4	0.03	0.03
Summe reduziert		29.8	27.1	26.0	19.1	26.7	3.6	1.6
Summe oxidiert		9.5	9.6	7.4	8.2	7.6	0.4	1.0
<b>Total</b>		<b>39.3</b>	<b>36.6</b>	<b>33.5</b>	<b>27.3</b>	<b>34.3</b>	<b>4.01</b>	<b>2.60</b>



## 7.6 Anhang F: Einzelwerte aller gemessenen Komponenten

Gemessen am Standort Bachtel im Jahr 2001.

**Tab. F1** Einzelwerte der Denuder und Filter

Expositions- ende		Den <b>N-NH<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	AeF <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> µg/m <sup>3</sup>	Den <b>N-HNO<sub>3</sub></b> µg/m <sup>3</sup>	AeF <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> µg/m <sup>3</sup>
5.12.00	16:28				
19.12.00	7:30	3.19	0.54	0.06	0.30
3.1.01	11:15	0.64	0.86	0.08	0.91
17.1.01	9:40	0.38	0.94	0.14	1.35
30.1.01	13:50	0.56	0.93	0.12	0.96
14.2.01	10:05	0.67	0.79	0.07	0.55
27.2.01	9:35	0.53	3.03	0.13	1.97
13.3.01	16:05	0.57	0.65	0.05	0.44
27.3.01	13:15	0.74	0.48	0.04	0.25
10.4.01	15:55	1.77	1.01	0.06	0.59
24.4.01	14:20	0.34	0.98	0.11	0.58
9.5.01	8:30	1.03	1.16	0.08	0.63
22.5.01	7:50	1.95	1.27	0.12	0.58
4.6.01	18:05	4.17	3.04	0.12	0.66
19.6.01	7:45	1.21	0.69	0.08	0.28
4.7.01	14:50	2.59	1.29	0.18	0.54
16.7.01	17:20	4.60	3.46	0.12	0.33
24.7.01	16:15	1.18	0.78	0.09	0.29
31.7.01	9:40	2.68	1.49	0.18	0.42
7.8.01	17:40	2.17	1.22	0.14	0.36
14.8.01	9:20	1.36	0.77	0.09	0.28
21.8.01	15:10	2.15	0.81	0.17	0.33
28.8.01	17:05	3.75	1.48	0.22	0.64
5.9.01	9:10	2.20	1.38	0.20	0.96
11.9.01	9:00	0.67	0.71	0.06	0.41
18.9.01	10:40	0.61	0.65	0.05	0.40
25.9.01	18:30	0.47	0.84	0.08	0.50
2.10.01	10:45	1.09	0.72	0.09	0.44
9.10.01	9:40	2.13	0.57	0.07	0.32
16.10.01	14:30	2.29	1.51	0.11	1.20
23.10.01	16:00	2.79	1.67	0.06	1.08
30.10.01	14:50	1.12	0.87	0.06	0.40
6.11.01	9:20	14.50	2.53	0.06	1.10
4.12.01	8:06	0.85	1.44	0.03	0.88
3.1.02	12:10	0.47	1.56	0.05	0.84

**Tab. F2** Massenanteile der Ionen im Schwebstaub

Expositionsende		Staub mg	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg	Rest mg
16.7.01	17:15					
24.7.01	16:07	0.4	0.07	0.15	0.12	0.06
31.7.01	9:40	1.3	0.15	0.20	0.31	0.68
7.8.01	17:30	1.1	0.12	0.19	0.30	0.53
14.8.01	9:40	0.1	0.09	0.17	0.16	-0.28
21.8.01	15:05	0.6	0.09	0.18	0.19	0.15
28.8.01	16:55	2.6	0.15	0.26	0.29	1.95
5.9.01	9:00	0.9	0.18	0.37	0.22	0.12
11.9.01	9:00	1.9	0.08	0.15	0.13	1.56
18.9.01	10:30	0.3	0.08	0.16	0.11	-0.05
25.9.01	18:20	1.6	0.11	0.22	0.15	1.17
2.10.01	10:35	1.6	0.10	0.20	0.11	1.16
9.10.01	9:35	1.4	0.07	0.15	0.11	1.04
16.10.01	14:20	4.2	0.15	0.54	0.17	3.38
23.10.01	15:50	2.4	0.16	0.49	0.19	1.61
30.10.01	14:45	2.6	0.10	0.20	0.17	2.14
6.11.01	9:15	1.3	0.18	0.45	0.16	0.56
13.11.01	14:10	0.9	0.19	0.44	0.16	0.07
20.11.01	16:25	0.6	0.21	0.47	0.20	-0.23
4.12.01	8:00	0.7	0.21	0.49	0.20	-0.16
11.12.01	16:00	2.7	0.21	0.44	0.23	1.77
18.12.01	13:35	4.1	0.24	0.46	0.28	3.11
25.12.01	14:30	2.5	0.19	0.45	0.17	1.69
3.1.02	12:00	2.3	0.07	0.16	0.08	1.95

**Tab. F3** Einzelwerte des Schwebstaubs

Expositionsende		Staub µg/m <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> µg/m <sup>3</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mmol/m <sup>3</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/m <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mmol/m <sup>3</sup>	Summe <sub>NO<sub>3</sub>+SO<sub>4</sub></sub> mmol/m <sup>3</sup>
16.7.01	17:15								
24.7.01	16:07	4	0.49	0.32	1.16	35	23	24	47
31.7.01	9:40	15	1.31	0.52	3.49	94	37	73	110
7.8.01	17:30	12	0.98	0.45	3.14	70	32	65	97
14.8.01	9:40	2	0.78	0.43	1.79	56	31	37	68
21.8.01	15:05	6	0.72	0.43	1.96	51	31	41	72
28.8.01	16:55	29	1.28	0.64	3.09	91	46	64	110
5.9.01	9:00	9	1.40	0.87	2.30	100	62	48	110
11.9.01	9:00	25	0.78	0.45	1.67	56	32	35	67
18.9.01	10:30	3	0.66	0.40	1.22	47	28	26	54
25.9.01	18:20	17	0.90	0.52	1.54	64	37	32	69
2.10.01	10:35	18	0.85	0.53	1.30	61	38	27	65
9.10.01	9:35	16	0.61	0.39	1.24	43	28	26	54
16.10.01	14:20	46	1.24	1.35	1.82	88	96	38	134
23.10.01	15:50	28	1.42	1.24	2.12	102	88	44	132
30.10.01	14:45	30	0.90	0.53	1.90	64	38	40	77
6.11.01	9:15	16	1.68	1.21	1.95	120	86	41	127
13.11.01	14:10	10	1.67	1.13	1.84	119	81	38	119
20.11.01	16:25	7	1.86	1.19	2.27	133	85	47	133
4.12.01	8:00	4	0.96	0.66	1.17	69	47	24	72
11.12.01	16:00	29	1.80	1.08	2.49	129	77	52	129
18.12.01	13:35	47	2.19	1.21	3.19	156	86	66	153
25.12.01	14:30	29	1.74	1.18	2.05	125	84	43	127
3.1.02	12:00	21	0.50	0.33	0.79	36	24	16	40
Halbjahresmittel, gewichtet						82	52	40	93

**Tab. F4** Vier-Wochen-Werte der Nassdeposition; Niederschlag, Leitfähigkeitsbilanz, Ionenbilanz

Expositions- ende		Nassdeposition				
		NS	LF <sub>gemessen</sub>	LF <sub>berechnet</sub>	ΣKationen	ΣAnionen
		mm	µS/cm	µS/cm	µmol/l	µmol/l
5.12.00	16:30					
3.1.01	11:05	48	6.8	6.3	39.1	30.3
30.1.01	13:45	74	5.1	4.7	20.4	18.0
27.2.01	9:30	48	15.7	15.1	102.9	91.0
27.3.01	13:10	232	5.9	5.8	42.2	26.9
24.4.01	14:10	249	10.1	9.8	42.9	40.6
22.5.01	7:45	72	10.9	9.9	91.4	45.9
19.6.01	7:40	260	9.0	7.9	54.2	40.6
16.7.01	17:15	135	9.1	9.4	73.5	18.7
14.8.01	9:40	132	9.4	9.8	67.0	43.3
11.9.01	9:00	160	8.7	9.9	65.0	52.4
9.10.01	9:35	161	12.2	11.6	57.6	46.2
6.11.01	9:15	73	8.8	8.3	53.6	43.1
4.12.01	8:00	171	7.6	8.0	35.2	32.2
3.1.02	12:00	78	9.2	9.3	43.7	36.1

**Tab. F5** Vier-Wochen-Werte der Nass- und Trockendeposition; Einzelionenfrachten

Expositions- ende		Nassdeposition							
		Na <sup>+</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		kg/ha	kg N/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg N/ha	kg/ha
5.12.00	16:30								
3.1.01	11:05	0.029	0.12	0.011	0.009	0.11	0.04	0.12	0.22
30.1.01	13:45	0.016	0.08	0.010	0.002	0.07	0.02	0.12	0.20
27.2.01	9:30	0.067	0.48	0.064	0.016	0.15	0.11	0.37	0.66
27.3.01	13:10	0.197	0.45	0.058	0.070	0.86	0.29	0.43	1.17
24.4.01	14:10	0.137	0.83	0.063	0.026	0.12	0.24	0.84	1.68
22.5.01	7:45	0.033	0.55	0.120	0.039	0.38	0.04	0.26	0.65
19.6.01	7:40	0.139	1.26	0.160	0.061	0.56	0.21	0.71	2.38
16.7.01	17:15	0.114	0.58	0.164	0.057	0.74	0.18	0.29	1.26
14.8.01	9:40	0.112	0.61	0.194	0.045	0.49	0.18	0.37	1.51
11.9.01	9:00	0.144	0.98	0.100	0.047	0.28	0.20	0.57	1.66
9.10.01	9:35	0.200	0.61	0.092	0.045	0.21	0.31	0.44	1.49
6.11.01	9:15	0.113	0.16	0.042	0.035	0.28	0.19	0.17	0.47
4.12.01	8:00	0.113	0.40	0.028	0.025	0.10	0.19	0.38	0.84
3.1.02	12:00	0.139	0.19	0.014	0.022	0.05	0.19	0.21	0.43
kg N/(ha * Jahr)		1.52	7.18	1.11	0.49	4.28	2.36	5.15	14.4
Expositions- ende		Trockendeposition						N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>							
		kg N/ha						kg N/ha	kg/ha
16.7.01	17:15	0.005						0.035	0.072
14.8.01	9:40	0.005						0.035	0.072
11.9.01	9:00	0.013						0.031	0.066
9.10.01	9:35	0.108						0.035	0.097
6.11.01	9:15	0.043						0.048	0.087
4.12.01	8:00	0.044						0.040	0.078
3.1.02	12:00	0.044						0.040	0.078

**Tab. F6** Einzelwerte der Nassdeposition; pH und Leitfähigkeit

Expositionsende		NS	LF	pH	H <sup>+</sup> -Konz.	H <sup>+</sup> -Fracht	Bemerkungen
		mm	µS/cm		µmol/l	µmol/m <sup>2</sup>	
12.12.00	7:45	1	13.5	7.32	0.0	0	wenig Schmutz
19.12.00	7:30	21	5.5	5.71	1.9	41	
26.12.00	11:15	6	5.2	6.54	0.3	2	
3.1.01	11:05	19	8.2	5.06	8.7	167	
10.1.01	10:45	54	3.2	5.35	4.5	243	kein Niederschlag
17.1.01	9:30	0					
24.1.01	15:12	6	20.9	4.54	28.8	159	
30.1.01	13:45	14	6.1	5.30	5.0	70	
6.2.01	15:40	22	6.9	5.62	2.4	54	kein Niederschlag 1 gr. Insekt
14.2.01	9:55	0					
20.2.01	15:20	3	83.2	7.24	0.1	0	
27.2.01	9:30	23	16.8	5.25	5.6	128	
6.3.01	8:20	53	4.0	5.97	1.1	56	
13.3.01	15:53	52	4.9	5.24	5.8	303	
20.3.01	14:50	63	5.1	5.26	5.5	345	
27.3.01	13:10	65	9.0	7.36	0.0	3	
3.4.01	14:45	15	12.0	5.07	8.5	126	2 Fliegen
10.4.01	15:50	93	6.7	5.59	2.6	240	
17.4.01	8:25	89	9.1	4.88	13.2	1169	
24.4.01	14:10	52	17.5	4.50	31.6	1640	
1.5.01	14:07	7	13.1	7.20	0.1	0	2 Fliegen
9.5.01	8:20	17	15.2	7.58	0.0	0	3 kl. Insekten
15.5.01	9:45	1	56.1	6.88	0.1	0	2 Fliegen
22.5.01	7:45	47	8.2	7.45	0.0	2	Blütenstaub
29.5.01	20:05	13	30.9	7.88	0.0	0	1 kl. Insekt
4.6.01	17:55	63	7.9	5.86	1.4	87	
12.6.01	15:05	113	7.4	5.66	2.2	248	
19.6.01	7:40	71	8.7	5.16	6.9	488	
26.6.01	15:30	1	22.4	4.90	12.6	11	3 Fliegen, übler Geruch
4.7.01	14:40	27	15.5	7.74	0.0	0	
11.7.01	14:45	30	12.1	7.60	0.0	1	
16.7.01	17:15	77	5.7	5.06	8.7	674	
24.7.01	16:07	60	8.6	4.94	11.5	684	kein Niederschlag
31.7.01	9:40	0					
7.8.01	17:30	48	9.5	6.87	0.1	7	
14.8.01	9:40	24	11.3	7.00	0.1	2	
21.8.01	15:05	25					w.o. offen, viele Ins. kein Niederschlag
28.8.01	16:55	0					
5.9.01	9:00	62	11.0	7.13	0.1	5	
11.9.01	9:00	74	9.7	4.98	10.5	779	
18.9.01	10:30	77	8.5	5.00	10.1	775	
25.9.01	18:20	58	17.2	4.55	27.9	1607	
2.10.01	10:35	5	36.0	8.22	0.0	0	
9.10.01	9:35	22	6.7	6.57	0.3	6	
16.10.01	14:20	0					kein Niederschlag
23.10.01	15:50	9	12.5	7.70	0.0	0	
30.10.01	14:45	46	8.5	4.99	10.3	477	
6.11.01	9:15	17	7.6	6.35	0.4	8	
13.11.01	14:10	40	6.3	5.67	2.1	84	
20.11.01	16:25	2	12.5	4.60	25.1	46	
27.11.01	20:00	72	9.9	4.78	16.7	1209	
4.12.01	8:00	58	5.6	4.97	10.7	616	
11.12.01	16:00	10	15.1	4.82	15.0	145	kein Niederschlag
18.12.01	13:35	0					
25.12.01	14:30	15	19.8	4.53	29.3	451	
3.1.02	12:00	53	5.0	5.17	6.8	358	

**Tab. F7** Werte der Bulkmessungen

Expositions- ende	NS			N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
	Mittel	RSD	Anzahl	Mittel	RSD	Anzahl	Mittel	RSD	Anzahl	Mittel	RSD	Anzahl
5.12.00 16:30	mm	%		kg N/ha	%		kg N/ha	%		kg N/ha	%	
3.1.01 11:05	<b>46</b>	2	8	<b>0.19</b>	5	3	<b>0.158</b>	3	8	<b>0.29</b>	2	8
30.1.01 13:45	<b>78</b>	14	8	<b>0.22</b>	21	3	<b>0.200</b>	12	8	<b>0.33</b>	14	8
27.2.01 9:30	<b>52</b>	3	8	<b>0.59</b>	5	3	<b>0.483</b>	5	8	<b>0.78</b>	4	8
27.3.01 13:10	<b>222</b>	17	8	<b>0.55</b>	17	3	<b>0.408</b>	13	8	<b>1.02</b>	13	8
24.4.01 14:10	<b>248</b>	3	8	<b>1.04</b>	10	3	<b>0.911</b>	4	8	<b>1.71</b>	6	8
22.5.01 7:45	<b>66</b>	8	8	<b>0.65</b>	34	3	<b>0.287</b>	13	8	<b>0.76</b>	17	8
19.6.01 7:40	<b>243</b>	5	8	<b>1.27</b>	1	2	<b>0.730</b>	12	8	<b>3.01</b>	19	8
16.7.01 17:15	<b>123</b>	2	8	<b>0.56</b>	1	2	<b>0.303</b>	4	8	<b>1.20</b>	6	8
14.8.01 9:40	<b>118</b>	6	8	<b>0.66</b>	13	2	<b>0.367</b>	15	8	<b>1.56</b>	22	8
11.9.01 9:00	<b>179</b>	2	8	<b>1.01</b>	3	3	<b>0.606</b>	4	8	<b>1.67</b>	4	8
9.10.01 9:35	<b>167</b>	7	8	<b>0.57</b>	16	3	<b>0.480</b>	13	8	<b>1.49</b>	10	8
6.11.01 9:15	<b>64</b>	3	8	<b>0.30</b>	9	3	<b>0.166</b>	3	8	<b>0.45</b>	7	8
4.12.01 8:00	<b>168</b>	2	8	<b>0.54</b>	8	3	<b>0.426</b>	3	8	<b>0.92</b>	4	8
3.1.02 12:00	<b>75</b>	0	2	<b>0.31</b>	0	2	<b>0.228</b>	3	2	<b>0.47</b>	2	2
Jahreswerte (ab 3.1.)	<b>1802</b>			<b>8.3</b>			<b>5.6</b>			<b>15.4</b>		

Es wurden zwei bis acht Bulks vierwöchentlich exponiert.

**Tab. F8** Werte der Stickstoffdioxid-Passivsammler

Expositions- Ende	Bachtel Station 3 PS N-NO <sub>2</sub>	
	Mittel	RSD
22.12.00 11:00	µg/m <sup>3</sup>	%
16.1.01 11:00	<b>1.19</b>	3
13.2.01 10:30	<b>1.12</b>	12
13.3.01 14:30	<b>2.22</b>	1
10.4.01 16:00	<b>0.94</b>	5
8.5.01 11:00	<b>1.07</b>	1
5.6.01 10:30	<b>0.76</b>	6
3.7.01 10:00	<b>0.74</b>	4
31.7.01 9:00	<b>0.61</b>	3
27.8.01 14:25	<b>0.61</b>	9
25.9.01 13:50	<b>0.82</b>	18
23.10.01 13:15	<b>1.16</b>	2
20.11.01 8:30	<b>1.29</b>	14
18.12.01 11:00	<b>2.07</b>	3
Mittelwerte	<b>1.12</b>	6

3 NO<sub>2</sub>-PS von UGZ wurden vierwöchentlich auf dem Bachtel Turm bei der Ansaugsonde der kontinuierlichen Ozonmessung exponiert.

**Tab. F9** Werte der Ammoniak-Passivsammler

Expositions- Ende	Bachtel links 3 PS N-NH <sub>3</sub>		Bachtel rechts 3 PS N-NH <sub>3</sub>		Bachtel beide 6 PS N-NH <sub>3</sub>	
	Mittel µg/m <sup>3</sup>	RSD %	Mittel µg/m <sup>3</sup>	RSD %	Mittel µg/m <sup>3</sup>	RSD %
5.12.00 16:33						
19.12.00 7:45	<b>4.11</b>	8	<b>3.03</b>	15	<b>3.57</b>	19
3.1.01 11:45	<b>1.04</b>	30	<b>0.85</b>	11	<b>0.95</b>	24
17.1.01 10:00	<b>1.05</b>	13	<b>0.70</b>	25	<b>0.84</b>	29
30.1.01 13:55	<b>0.65</b>	7	<b>0.59</b>	27	<b>0.61</b>	19
14.2.01 10:20	<b>0.58</b>	6	<b>0.70</b>	9	<b>0.64</b>	12
27.2.01 9:45	<b>0.56</b>	12	<b>0.59</b>	28	<b>0.57</b>	20
13.3.01 16:10	<b>0.44</b>	7	<b>0.49</b>	14	<b>0.47</b>	12
27.3.01 13:25	<b>0.69</b>	29	<b>0.93</b>	10	<b>0.81</b>	24
10.4.01 15:00	<b>1.42</b>	3	<b>1.52</b>	10	<b>1.47</b>	8
24.4.01 14:30	<b>0.42</b>	32	<b>0.15</b>	50	<b>0.31</b>	58
9.5.01 8:40	<b>1.07</b>	6	<b>1.31</b>	13	<b>1.19</b>	15
22.5.01 8:02	<b>3.03</b>	4	<b>2.85</b>	4	<b>2.94</b>	5
4.6.01 18:15	<b>7.27</b>	8	<b>7.90</b>	10	<b>7.59</b>	9
19.6.01 7:54	<b>1.75</b>	7	<b>1.85</b>	10	<b>1.80</b>	8
4.7.01 14:47	<b>3.25</b>	2	<b>3.22</b>	4	<b>3.23</b>	3
16.7.01 17:30	<b>9.92</b>	8	<b>8.01</b>	6	<b>8.97</b>	13
31.7.01 9:50	<b>2.72</b>	6	<b>3.24</b>	16	<b>2.98</b>	15
7.8.01 17:50	<b>3.07</b>	4	<b>2.83</b>	3	<b>2.95</b>	5
14.8.01 9:45	<b>1.72</b>	3	<b>1.79</b>	23	<b>1.76</b>	15
21.8.01 15:25	<b>2.12</b>	11	<b>2.34</b>	3	<b>2.23</b>	9
28.8.01 17:10	<b>4.21</b>	3	<b>4.14</b>	7	<b>4.18</b>	4
5.9.01 9:15	<b>1.97</b>	27	<b>2.82</b>	23	<b>2.40</b>	29
11.9.01 9:10	<b>0.64</b>	49	<b>0.44</b>	16	<b>0.56</b>	45
18.9.01 10:50	<b>0.08</b>	25	<b>0.36</b>	27	<b>0.25</b>	68
25.9.01 18:35	<b>0.30</b>	72	<b>0.34</b>	40	<b>0.32</b>	51
2.10.01 10:55	<b>0.63</b>	13	<b>1.11</b>	19	<b>0.87</b>	34
9.10.01 9:45	<b>2.22</b>	2	<b>2.65</b>	9	<b>2.48</b>	12
16.10.01 14:45	<b>2.27</b>	9	<b>2.71</b>	3	<b>2.30</b>	6
23.10.01 16:05	<b>2.50</b>	8	<b>2.17</b>	11	<b>2.49</b>	9
30.10.01 15:00	<b>1.05</b>	23	<b>1.02</b>	13	<b>1.04</b>	17
6.11.01 9:40	<b>14.33</b>	2	<b>14.45</b>	6	<b>14.39</b>	4
4.12.01 8:20	<b>0.70</b>	2	<b>0.61</b>	2	<b>0.67</b>	8
3.1.02 12:20	<b>0.14</b>	5	<b>0.17</b>	27	<b>0.16</b>	22
Jahresmittel (ab 3.1.01)	<b>2.06</b>		<b>2.08</b>		<b>2.07</b>	

Pro Messperiode (Ein- bis Vier-Wochen) wurden in zwei Schutzbüchsen je 3 NH<sub>3</sub>-Passivsammler exponiert.

## 7.7 Anhang G: Konzentrationen und Schätzung des N-Eintrags im übrigen OSTLUFT-Gebiet

**Tab. G1** Vergleich der Jahres-Gesamt-Stickstofffrachten berechnet mit den beiden Modellen

Standort	Jahr	N gesamt		N red. Anteil		N oxid. Anteil		Bemerkungen
		Feld	Wald	Feld	Wald	Feld	Wald	
Modell								
Wallisellen	2000							
	detailliert	19	35	11	23	8	12	
	vereinfacht	21	38	13	25	9	13	NO <sub>2</sub> geschätzt
Bachtel	2001							
	detailliert	21	34	15	27	7	8	
	vereinfacht	21	36	15	28	7	8	

**Tab. G2** Geschätzte und gemessene Stickstofffrachten im OSTLUFT-Gebiet  
(Bulk Schänis gemessen in der WSL)

Standort	Jahr	Regen mm/Jahr	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NH <sub>3</sub>		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>2</sub>		Bemerkungen
			Bulk gemessen	gasförmig Feld	gasförmig Wald	Bulk gemessen	gasförmig Feld	gasförmig Wald	
			kg/(ha*Jahr)						
<b>2000</b>									
Bachtel		2044	11.6	5.2	14.1	6.8	0.8	1.6	NO <sub>2</sub> geschätzt
Wallisellen		1019	6.5	6.2	16.8	4.2	3.5	7.1	
Tänikon		1193	5.9	11.5	31.3	4.4	2.2	4.5	
Mauren		957	6.9	11.6	31.6	4.3	2.7	5.4	
Hudelmoos		1047	6.4	4.5	12.3	4.3	1.4	2.8	
Lengwiler Weiher		907	4.4	4.3	11.9	3.7	1.5	3.1	
Schänis		2354	13.1	4.8	12.6	10.3	1.0	1.9	
<b>2001</b>									
Bachtel		1802	8.3	6.8	18.3	5.2	0.5	1.1	NO <sub>2</sub> geschätzt
Hudelmoos		1018	4.9	6.0	16.5	3.1	1.4	2.8	NO <sub>2</sub> geschätzt



**Tab. G3** Jahres-Gesamt-Stickstofffrachten im OSTLUFT-Gebiet geschätzt nach dem "vereinfachten Schätzmodell"

	<b>N</b> gesamt		<b>N</b> red. Anteil		<b>N</b> oxid. Anteil		Bemerkungen
	Feld	Wald	Feld	Wald	Feld	Wald	
Steigung	0.94	1.03	0.81	0.91	1.16	1.2	
Achsenabschnitt	1.5	3	1.3	2.3	0.2	0.8	
Standort							
<b>2000</b>							
Bachtel	25	38	16	27	9	11	NO <sub>2</sub> geschätzt
Wallisellen	21	38	13	25	9	13	
Tänikon	25	49	18	39	7	11	
Mauren	26	52	18	40	8	11	
Hudelmoos	17	29	11	20	7	9	
Lengwiler Weiher	15	26	9	18	6	8	
Schänis	29	42	17	27	13	15	
<b>2001</b>							
Bachtel	21	36	15	28	7	8	NO <sub>2</sub> geschätzt
Hudelmoos	16	31	11	23	5	7	NO <sub>2</sub> geschätzt

## 7.8 Anhang H: Geografische Standortbeschreibung

**Tab. H1** Geografische Beschreibung der Standorte mit N-Messungen im OSTLUFT-Gebiet

Code	Standort	Kanton	Höhe m ü.M	Koordinaten		Exposition	Neigung in Grad	Relief
BA	Bachtel	ZH	930	710.35	239.60	E	15	H
WAL	Wallisellen	ZH	470	687.95	252.80	–	0	E
TAE	Tänikon	TG	540	710.50	259.80	–	0	E
MAU	Mauren	TG	439	729.16	269.40	–	0	E
HUD1	Hudelmoos	TG	520	739.24	265.30	–	0	E
LEN	Lengwiler Weiher	TG	505	730.61	276.98	–	0	E
SCH	Schänis	SG	630	722.93	223.48	W	35	H

Relief: H = Hang, E = Ebene

Code	Standort	Standortbeschreibung landwirtschaftliche Nutzung	Verkehr im Umkreis <50 m
BA	Bachtel	ländlich, voralpin, Wiesen, Weiden	keiner
WAL	Wallisellen	Agglomeration, Siedlungsrand, Schrebergarten	kaum
TAE	Tänikon	ländlich, Dorfrand, intensive Landwirtschaft	Nebenstrasse ca.50m
MAU	Mauren	ländlich, Obstbau, Schrebergärten	schmale Nebenstr. 5 m
HUD1	Hudelmoos	ländlich, Naturschutzgebiet, "Schweinegürtel"	keiner
LEN	Lengwiler Weiher	ländlich, Naturschutzgebiet	keiner
SCH	Schänis	voralpin, Waldlichtung, Weiden in Nähe	keiner (Alpstrasse)