

# Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2022 Messbericht

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU),  
der OSTLUFT (AI, AR, GL, GR, SG, SH, TG, ZH, FL),  
der inNET (LU, NW, OW, SZ, UR, ZG),  
und der Kantone AG, BE, BL/BS, FR, NE, SO, JU, VS



Autorenschaft:  
Eva Seitler, Mario Meier  
Mai 2023

---

## Impressum

### Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

OSTLUFT (Kantone AI, AR, GL, GR, SG, SH, TG, ZH und Fürstentum Liechtenstein)

inNET (Kantone LU, NW, OW, SZ, UR, ZG),

Kantone AG, BE, BL/BS, FR, NE, SO, JU, VS

### Begleitgruppe Ammoniak-Immissionsmessungen

Agroscope	Reckenholz, Zürich	Christoph Ammann
BAFU	Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien	Reto Meier
Empa	Dübendorf, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik	Christoph Hüglin, Claudia Zellweger
FL	Fürstentum Liechtenstein, Amt für Umwelt	Bettina Göldi
IAP AG	Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Witterswil	Sabine Braun, Simon Tresch
inNET Monitoring AG		Christian Ruckstuhl, Hannah Wey
Kt. AG	Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt	Franziska Holzer Küng
Kt. AI	Amt für Umwelt	Sara Bachmann, Desireé Kleger
Kt. AR	Amt für Umwelt	Peter Federer
Kt. BE	Amt für Umwelt und Energie	Stefan Schär
Kt. BL/BS	Lufthygieneamt beider Basel	Enrica Sendelov, René Glanzmann
Kt. FR	Service de l'environnement / Amt für Umwelt	Daniel Clement, Marc Schwärzel
Kt. GL	Umweltschutz und Energie	Petra Vögeli, Sara Bachmann
Kt. GR	Amt für Natur und Umwelt	Hanspeter Lötscher
Kt. JU	Office de l'environnement	Stephanie Lazzara
Kt. LU	Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Fachbereich Luft und Strahlen	Roland Müller, Mirjam Utters
Kt. NE	Service de l'énergie et de l'environnement	Sylvain Reinauer
Kt. NW	Amt für Umwelt	Karin Odermatt
Kt. OW	Amt für Landwirtschaft und Umwelt	Marco Dusi
Kt. SG	Amt für Umwelt	Susanne Schlatter, Hanna Herich
Kt. SH	Interkantonales Labor, Schaffhausen, Immissionen	Roman Fendt
Kt. SO	Amt für Umwelt	Rolf Stampfli, Birgit Wittel
Kt. SZ	Amt für Umwelt und Energie	Christian Kiebele
Kt. UR	Amt für Umweltschutz, Abt. Immissionsschutz	Niklas Joos
Kt. VS	Dienststelle für Umwelt	Jean-Marc Fracheboud
Kt. ZG	Amt für Umwelt, Abt. Luft und Energie	Raphael Felber
Kt. TG	Amt für Umwelt	Aurelia Nyfeler
Kt. ZH	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abt. Luft, Klima und Strahlung	Roy Eugster
Meteotest AG		Beat Rihm

OSTLUFT	Zusammenschluss der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein zur gemeinsamen Überwachung der Luftqualität, Projektgruppe N-Deposition	Hanna Herich (SG), Jörg Sintermann (ZH)
WSL/LWF	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf Messungen auf LWF-Flächen	Maria Schmitt

#### **Autorenschaft**

Eva Seidler und Mario Meier  
FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG  
Alte Jonastrasse 83  
CH – 8640 Rapperswil  
E-Mail: [fub@fub-ag.ch](mailto:fub@fub-ag.ch), [www.fub-ag.ch](http://www.fub-ag.ch)

#### **Der Dank**

geht an alle Personen, welche die Passivsammler gewechselt haben oder auf eine andere Art die Untersuchungen unterstützt haben.

#### **Titelbild**

Station AIB, Brülisau Rossweid, Kanton Appenzell Innerrhoden (Foto: Sara Bachmann, AfU AI)

#### **PDF-Download**

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/studien.html>

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

#### **Disclaimer**

Dieser Bericht wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung, Résumé, Summary</b>	<b>1</b>
1.1	Zusammenfassung	1
1.2	Résumé	4
1.3	Summary	7
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>10</b>
2.1	Ausgangslage	10
2.2	Zielsetzung	11
2.3	Projektrahmen	12
<b>3</b>	<b>Methodisches</b>	<b>13</b>
3.1	Messsystem	13
3.2	Empfehlung für Messstandorte	13
3.3	Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionsklassen	14
3.4	Zeitraum und Umfang der Messungen	14
3.5	Langzeitmonitoring	15
3.7	Messstandorte im Überblick	16
3.8	Auswertung	19
3.8.1	Jahres-, Saison- und Monatsmittelwerte	19
3.8.2	Boxplots	19
<b>4</b>	<b>Resultate</b>	<b>20</b>
4.1	Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen	20
4.1.1	Messungen an 13 Standorten seit 2000	20
4.1.2	Messungen an 19 Standorten seit 2004	22
4.1.3	Messungen an 30 Standorten seit 2008	24
4.1.4	Messungen an 58 Standorten seit 2013	28
4.2	Vergleich mit Critical Levels	31
4.3	Vergleich mit Emissionsentwicklung	33
4.4	Berechnung von Konzentrationskarten	34
4.5	Zeitreihen der einzelnen Standorte	36
4.6	Jahresverläufe der Konzentrationen	60
4.7	Beispiele regionaler Messnetze	63
4.7.1	Kanton Bern	63
4.7.2	Kanton Solothurn	64
4.7.3	Kanton Schaffhausen	65
4.7.4	Kanton Graubünden	67
4.7.5	Kanton Luzern, Höhen transekt	68
4.7.6	Zentralschweizer Kantone und Ostluft	68
<b>5</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>75</b>
7.1	Standort-Umplatzierungen	75
7.2	Beschreibung der Standorte	76
7.3	Jahresmittelwerte der Standorte	80
7.4	Standorte und Jahreswerte der regionalen Messnetze	82
7.5	Weitere Standorte	83
<b>8</b>	<b>Glossar</b>	<b>86</b>

# 1 Zusammenfassung, Résumé, Summary

## 1.1 Zusammenfassung

### Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz von 2000 bis 2022

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) trägt heutzutage in der Schweiz von allen reaktiven Stickstoffverbindungen anteilmässig am meisten zur Stickstoffbelastung von empfindlichen Ökosystemen bei. Damit ist Ammoniak wesentlich für die Überdüngung (Eutrophierung) und Versauerung solcher Systeme verantwortlich. Zu diesen empfindlichen Ökosystemen gehören u.a. Wälder, Hoch- und Flachmoore, artenreiche Naturwiesen und Heidelandschaften. Ammoniak trägt aber auch zum sekundären Feinstaub bei. Feinstaub hat grosse negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Der Handlungsbedarf zur Minderung der Ammoniakbelastung in der Schweiz ist gross, weshalb die Belastungssituation und deren Entwicklung immissionsseitig überwacht wird.

Dieser Bericht beschreibt die Resultate der Ammoniakmessungen in der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein, welche im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), der OSTLUFT, der inNET/in-LUFT und verschiedener Kantone sowie des Fürstentums Liechtenstein durchgeführt werden. Gezeigt werden Messungen zwischen 2000 und 2022 an insgesamt 94 Standorten. An 13 dieser Standorte wird die  $\text{NH}_3$ -Konzentration seit 2000 durchgehend gemessen, an sechs weiteren Standorten seit 2004, an elf zusätzlichen Standorten seit 2008 und an 28 weiteren seit 2013. An 36 der 94 Standorte wurden die Messungen nach 2013 aufgenommen oder zwischendurch ausgesetzt. Die Standorte repräsentieren unterschiedliche Belastungstypen und reichen von intensiver Tierproduktion bis hin zu extensiv bewirtschafteten Alpweiden, sowie verkehrsnahen und innerstädtischen Standorten.

Das Ziel der Messungen ist die Beurteilung der Immissionssituation, um Veränderungen über einen längeren Zeitraum beobachten zu können. Dabei werden auch die Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen im Jahresverlauf sowie die räumliche Variation zwischen unterschiedlichen Standorttypen aufgezeigt.

Die Passivsammler wurden von der FUB-Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG bereitgestellt und analysiert. Die Auswahl und Betreuung der Messstandorte erfolgte durch die Standortbetreiber. Ammoniakmessungen können stark von lokalen Quellen oder Senken am Messstandort beeinflusst sein. Dementsprechend müssen die Standorte so ausgewählt und gepflegt werden, dass die freie Anströmbarkeit der Passivsammler jederzeit gewährleistet ist und die Messung nicht durch wechselnde Vegetation beeinflusst wird.

Die höchsten Ammoniakkonzentrationen und stärksten jahreszeitlichen Schwankungen wurden in Gebieten mit intensiver Tierproduktion gemessen, wo die Jahresmittel von Ammoniak Werte von 6–15  $\mu\text{g m}^{-3}$  erreichten. In Regionen mit Ackerbau lagen die Jahresmittelwerte bei 2–6  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Acht ländliche Standorte an Autobahnen oder verkehrsreichen Durchgangsstrassen, die Konzentrationen von 2–5  $\mu\text{g m}^{-3}$  aufwiesen, sind durch den Verkehr und die Landwirtschaft beeinflusst. In Städten wurden Konzentrationen von 2–4  $\mu\text{g m}^{-3}$  mit geringem Jahresgang beobachtet. Im Jahr 2022 lag der Median der Jahresmittelwerte aller 94 Standorte bei 4.3  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Die Jahresmittelwerte lagen 2022 im obersten Drittel der 23 gemessenen Jahre und erreichten nicht die höchsten Werte von 2018 bis 2020, obwohl das Jahr 2022 deutlich das wärmste seit Messbeginn war, gefolgt von 2018 und 2020. Die beobachtete Variabilität von Jahr zu Jahr wird stark durch die Witterung beeinflusst, da sich diese sowohl auf die

Emissionen wie auch auf die atmosphärischen Umwandlungs- und Depositionsprozesse auswirkt.

### Fazit

- An den meisten der 13 Standorte, an denen seit 2000 ununterbrochen gemessen wurde, blieb die Ammoniakkonzentration ähnlich hoch. Eine Reduktion der Ammoniakkonzentrationen kann in diesem Zeitraum nicht beobachtet werden (Abbildung Z 1).
- Die konstant hohen Ammoniakkonzentrationen zeigen, dass die umgesetzten Massnahmen zur Emissionsreduktion in der Landwirtschaft nicht ausreichen, um die Ammoniakimmissionen flächendeckend zu senken.
- Die Ammoniakbelastung ist am höchsten in Gebieten mit intensiver Tierproduktion ( $6\text{--}15\ \mu\text{g m}^{-3}$ ).
- In Gebieten, in denen mehrheitlich Ackerbau betrieben wird, sind die Ammoniakkonzentrationen ( $2\text{--}6\ \mu\text{g m}^{-3}$ ) und die saisonalen Schwankungen meist kleiner als in Gebieten mit Tierproduktion.
- Die höchsten Konzentrationen werden in Perioden mit verbreitet zeitgleicher Gülleausbringung gemessen.
- Im Dezember und Januar sind die Werte im Jahresverlauf in der Regel am niedrigsten.
- Mehrere Messstandorte in der gleichen Geländekammer können unterschiedlich hohe Ammoniakkonzentrationen aufweisen, zeigen aber meistens parallele Verläufe der Jahreswerte.
- Die Konzentrationen des gasförmigen Ammoniaks tragen wesentlich zum Stickstoffeintrag in empfindliche Ökosysteme bei. Die kritischen Eintragsraten (Critical Loads) werden in der Schweiz bei den empfindlichen Ökosystemen grossräumig überschritten. Auch die in Bezug auf die Direktwirkungen von Ammoniak festgelegten kritischen Konzentrationen (Critical Levels) zum Schutz der Vegetation in naturnahen Ökosystemen werden in der Schweiz vielerorts überschritten.
- Die vorhandenen Messungen erlauben es, ein auf Emissionserhebungen basierendes Ausbreitungsmodell zu kalibrieren, welches eine flächendeckende Darstellung der Ammoniakkonzentrationen erlaubt.

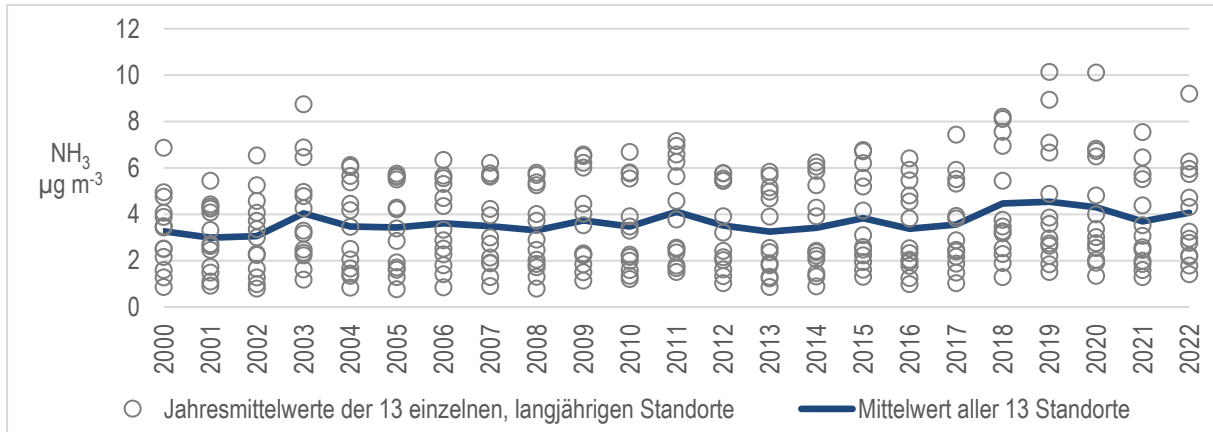


Abb. Z 1 Mittelwert der Ammoniakkonzentrationen  
 Mittelwert (durchgezogene Linie) und Einzelwerte (Kreise) der Ammoniak-Jahresmittelkonzentrationen aller 13 Standorte, an denen seit 2000 durchgehend gemessen wird.

### Ausblick

Die Messungen werden 2023 an den meisten Standorten weitergeführt. Zehn Standorte im Kanton Jura und einer im Kanton Wallis wurden vorerst nur 2022 betrieben. Im Kanton Solothurn wurden drei Standorte aufgehoben und durch drei neue ersetzt. Im OSTLUFT-Gebiet werden einige Standorte wechselnd im Zweijahresrhythmus beprobt. Die Kantone Uri und Basel-Landschaft erweiterten ihr Messnetz Anfang bzw. Mitte 2022.

Eine langfristige Messung der Ammoniakkonzentration ist notwendig, um die Wirksamkeit von Massnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen immissionsseitig zu überprüfen.

## 1.2 Résumé

### Mesures des immissions d'ammoniac en Suisse entre 2000 et 2022

De tous les composés azotés réactifs l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est le polluant le plus important pour les écosystèmes sensibles et un des principaux responsables de leur surfertilisation (eutrophisation) et acidification. Parmi ses écosystèmes sensibles figurent entre autres les forêts, les hauts-marais et bas-marais, les prairies naturelles riches en espèces ou les landes. L'ammoniac contribue aux poussières fines secondaires. Les poussières fines ont des effets négatifs sur la santé humaine. Il y a fort à faire pour réduire la pollution par l'ammoniac en Suisse, c'est pourquoi sa charge polluante et son évolution sont suivis.

Ce rapport décrit les résultats des mesures d'ammoniac en Suisse et la Principauté du Liechtenstein qui sont réalisées sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), OSTLUFT, inNET/in-Luft, et plusieurs autres cantons, ainsi que la Principauté du Liechtenstein. Présenté sont les mesures effectuées entre 2000 et 2022 sur 94 sites. Treize de ces stations sont entrées en fonction en 2000, six ont été ajoutées en 2004, onze en 2008 et 28 en 2013. À 36 des 94 stations, les mesures ont débuté après 2013 ou ont été temporairement interrompues. Elles sont représentatives de différents types d'exposition : de la région d'élevage intensif jusqu'au pâturage alpin extensif, en passant par des sites urbains ou proches d'axes routiers.

Ces mesures ont pour objectif principal de fournir une vue d'ensemble des immissions d'ammoniac sur différents sites et de mettre en évidence l'évolution des concentrations sur une longue période, ainsi que les variations saisonnières et entre différents types de sites.

Les capteurs passifs ont été fournis par l'entreprise FUB - Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG et les analyses effectuées par son laboratoire. Le choix des emplacements et leur suivi ont été assurés par les exploitants des réseaux concernés. Les concentrations d'ammoniac sont parfois fortement influencées par les sources et les puits situés au voisinage immédiat des stations. Celles-ci doivent donc être choisies et entretenues de manière à assurer une ventilation sans entraves dans toutes les directions et à éviter toute influence de la végétation environnante.

Les concentrations d'ammoniac les plus élevées et les variations les plus fortes ont été enregistrées dans les régions pratiquant l'élevage intensif d'animaux. Les concentrations annuelles d'ammoniac y atteignaient entre 6 et 15  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Dans les régions de grandes cultures, elles se situaient entre 2 et 6  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Les concentrations de huit stations rurales situées en bordure d'autoroute ou des routes fréquentées, où elles subissent l'influence conjuguée du trafic et de l'agriculture, variaient entre 2 et 5  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Dans les villes, les concentrations fluctuent entre 2 et 4  $\mu\text{g m}^{-3}$  avec de faibles variations saisonnières. La médiane des concentrations annuelles pour les 94 stations était de 4.3  $\mu\text{g m}^{-3}$  en 2022. Les valeurs moyennes annuelles en 2022 se situaient dans le tiers supérieur des 23 années mesurées, et n'ont pas atteint les plus hautes valeurs de 2018 à 2020, quant bien même l'année 2022 était l'année la plus chaude jamais mesurée, suivie de 2018 et 2020. Les variations interannuelles observées sont nettement influencées par les conditions météorologiques qui impactent les émissions, ainsi que les processus de transformation dans l'atmosphère et de dépôt.



## Conclusions

- Sur la majorité des 13 stations ayant fait l'objet d'un suivi ininterrompu depuis 2000, les concentrations d'ammoniac sont restées à peu près constantes. Aucune diminution n'a été constatée pendant cette période. (Fig. R 1)
- Les concentrations d'ammoniac constamment élevées montrent que les mesures mises en œuvre pour réduire les émissions agricoles de l'ammoniac ne sont pas suffisantes pour réduire les immissions d'ammoniac de manière générale.
- Les stations situées en zone de production animale intensive se caractérisent par des concentrations élevées (6–15  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).
- Là où les grandes cultures dominent, les concentrations sont moins élevées (2–6  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) et présentent moins de variations saisonnières que dans les régions d'élevage.
- Les concentrations les plus élevées sont enregistrées durant les périodes d'épandages de lisier simultanés et à large échelle.
- Les concentrations d'ammoniac sont les plus faibles en décembre et en janvier.
- Plusieurs stations de mesure dans le même compartiment de terrain peuvent montrer des concentrations de différents niveaux, mais souvent avec une évolution parallèle des valeurs annuelles.
- L'ammoniac gazeux contribue substantiellement aux dépôts azotés dans les écosystèmes sensibles. En Suisse, les charges critiques d'azote nutritif sont dépassées sur de vastes étendues. Quant aux niveaux critiques, fixés en fonction des effets directs de l'ammoniac sur la végétation, elles sont également dépassées en maints endroits du pays.
- Les valeurs mesurées permettent de calibrer un modèle de dispersion sur la base des inventaires d'émissions qui permet la présentation des concentrations d'ammoniac sur l'ensemble de la Suisse.

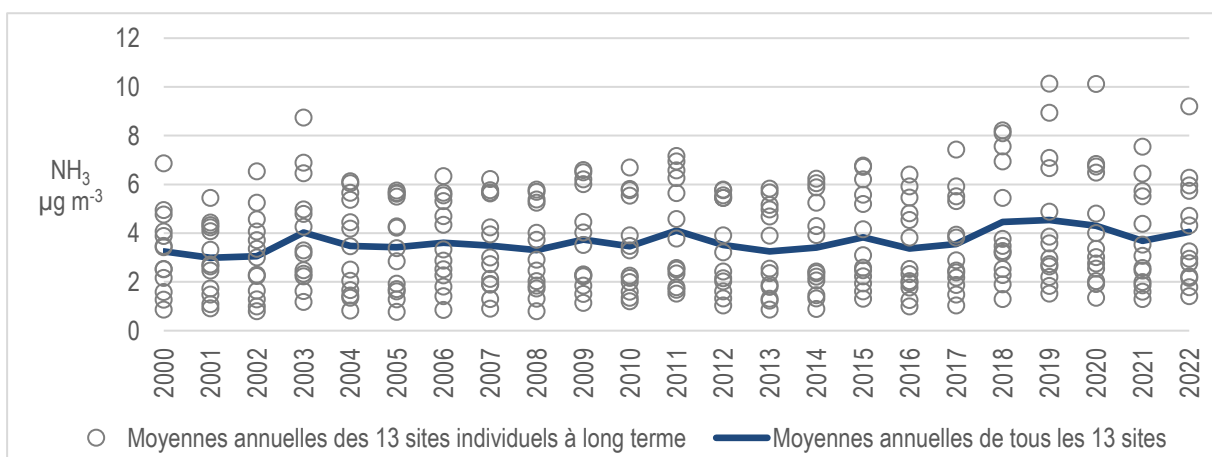


Fig. R 1 Concentrations d'ammoniac en moyenne annuelle  
Moyennes annuelles (ligne continue) et valeurs individuelles (cercles) des 13 stations qui mesurent l'ammoniac depuis 2000.

## Perspectives

Les mesures se poursuivent en 2023 dans la plupart des stations. Dix sites dans le canton du Jura et un dans le canton du Valais ont provisoirement été exploités seulement en 2022. Dans le canton de Soleure, les mesures ont été arrêtées à trois sites, qui sont rem-placés par trois nouveaux. Dans la région d'OSTLUFT, plusieurs sites seront relevés tous les deux ans, en alternance. Les cantons d'Uri et de Bâle-Campagne ont élargi leur réseau de mesure respectivement début et mi-2022.

L'observation permanente des concentrations d'ammoniac en Suisse est nécessaire pour vérifier si les mesures prises pour diminuer les émissions se reflètent au niveau des immissions.

## 1.3 Summary

### Monitoring ambient ammonia concentrations in Switzerland between 2000 and 2022

Of all reactive nitrogen compounds ammonia (NH<sub>3</sub>) is the major contributor to nitrogen pollution of sensitive ecosystems, resulting in over-fertilisation (eutrophication) and acidification of such systems. These sensitive ecosystems include, among others, forests, raised bogs, fens, species-rich meadows, and heathlands. Ammonia also contributes to secondary particulate matter. Particulate matter has severe negative impacts on human health. There is a strong need for action to reduce ammonia emissions in Switzerland and therefore it's essential to monitor ambient ammonia concentrations to evaluate their temporal changes.

This report describes the results of the ambient ammonia measurements in Switzerland and Principality of Liechtenstein conducted on behalf of the Federal Office for the Environment (FOEN), OSTLUFT (air quality monitoring of cantons in eastern Switzerland and Liechtenstein), the inNET/in-LUFT (air quality monitoring of cantons in central Switzerland), several cantons and the Principality of Liechtenstein. Shown are measurements between 2000 and 2022 at 94 sites. A total of 13 sites have been operational since 2000, 6 were added in 2004, 11 in 2008 and 28 in 2013. At the remaining 36 locations, monitoring started after 2013 or was temporarily interrupted. The sites represent various exposure situations: from intensive animal production to extensive alpine pastures, as well as near roads and in urban areas.

The main goal of these measurements is to record ambient ammonia concentrations at various sites in Switzerland and to monitor long-term changes. They also aim at monitoring the development of ambient concentrations of ammonia throughout the year, as well as the differences between various types of sites.

The passive samplers were provided and analysed by FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG. The selection of the measurement locations and the operation of each site were ensured by the various network operators. Local sources or sinks have a strong influence on the ambient ammonia concentrations. Thus, the sites have to be selected and maintained so as to ensure a freely circulating airflow at all times and to avoid the influence of changes in the surrounding vegetation on the measurements.

The highest ammonia concentrations and greatest seasonal fluctuations were found in regions with intensive livestock farming, where annual concentrations reached 6 to 15 µg m<sup>-3</sup>. Values in cultivated crop areas ranged from 2 to 6 µg m<sup>-3</sup>. 8 rural sites near motorways or busy roads with annual averages of 2 to 5 µg m<sup>-3</sup> are influenced by both traffic and agriculture. At urban sites concentrations of 2 to 4 µg m<sup>-3</sup> with small annual cycle were measured. In 2022, the median of all 94 sites was 4.3 µg m<sup>-3</sup>.

In 2022, the annual mean values were in the top third of the 23 years measured so far. However, they did not reach the highest values measured in 2018 and 2020, even though 2022 was clearly the warmest year since temperature recordings started in Switzerland, followed by 2018 and 2020. The year-to-year variability is strongly influenced by meteorological conditions as they affect emissions and at the same time atmospheric transformation and deposition processes.

### Conclusions

- Very little change was observed at the 13 locations where ammonia concentrations were monitored since the year 2000. No reduction in ammonia concentrations has been observed during this period. (Fig. S 1)
- The constantly high ammonia concentrations show that the measures implemented to reduce agricultural ammonia emissions are not sufficient to effectively reduce ammonia levels throughout Switzerland.
- Values were generally highest in areas with intensive animal production ( $6\text{--}15\ \mu\text{g m}^{-3}$ ).
- In areas with predominant crop farming, both concentrations ( $2\text{--}6\ \mu\text{g m}^{-3}$ ) and fluctuations were lower compared to areas with livestock farming.
- The highest ammonia concentrations are measured during periods with widespread simultaneous slurry application.
- Ammonia concentrations were at most sites lowest during December and January.
- Sites located in similar terrains may show different levels of ammonia concentrations, yet the development of the annual mean values is usually very similar.
- The concentrations of gaseous ammonia contribute substantially to the deposition of nitrogen into sensitive ecosystems. The critical loads for nutrient nitrogen are exceeded in most parts of Switzerland. The ammonia concentrations also exceed the critical levels set to protect vegetation from direct exposure in many regions of Switzerland.
- The measured ammonia concentrations facilitate the calibration of a dispersion model based on emission inventories, providing a nationwide presentation of the ammonia concentrations.

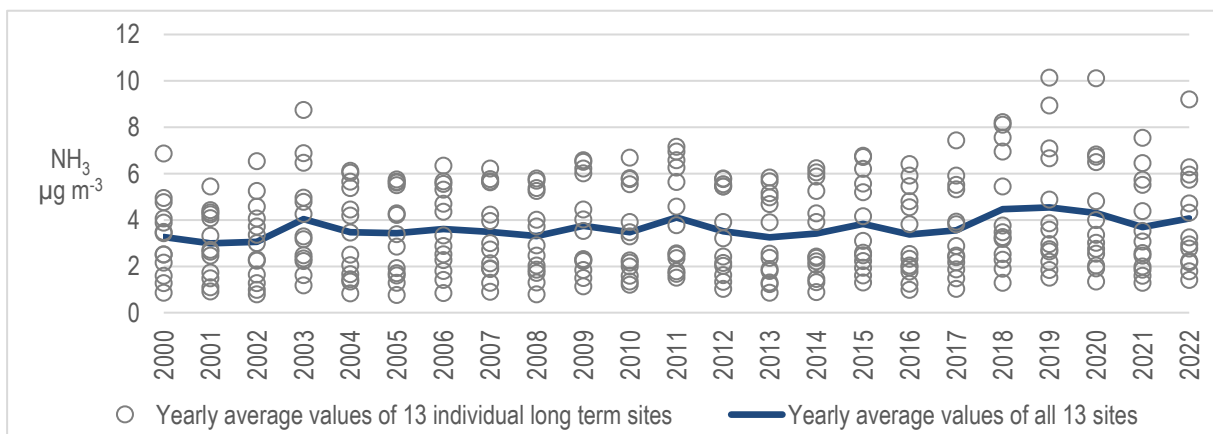


Fig. S 1 Annual mean of ammonia concentrations  
Average (solid line) and single values (circles) of the annual mean ammonia concentrations from all 13 sites with continuous measurements since 2000.

## **Outlook**

In 2023 measurements will be continued at most of the sites. Ten locations in the canton of Jura and one in the canton of Valais were for now only operated in 2022 and won't be continued in 2023. In the OSTLUFT area, some locations are sampled alternately every two years. The cantons of Uri and Basel-Landschaft were adding new sites to their existing measuring network at the beginning and mid-2023, respectively.

Monitoring the long-term development of ambient ammonia concentrations is essential to document the efficiency of measures aimed at reducing ammonia emissions.

## 2 Einleitung

### 2.1 Ausgangslage

Ammoniakemissionen führen zu bedeutenden Stickstoffeinträgen in empfindliche Ökosysteme wie Wälder, Moore und oligotrophe Stillgewässer, was langfristig zur Bodenversauerung, Überdüngung und einer Verschiebung der Artenzusammensetzung führt. Emittiertes Ammoniak wird teilweise in der näheren Umgebung der Emissionsquellen deponiert, es bildet jedoch auch mit Säuren – vor allem mit Salpeter- und Schwefelsäure aus Verbrennungsprozessen – Aerosole, die über weite Strecken transportiert werden können (EKL 2013). In Bezug auf die Masse ist Ammonium das weitaus wichtigste beteiligte Kation im Feinstaub. An NABEL-Standorten wurden im Jahresdurchschnitt 4 bis 9 % Ammonium-Anteil in PM10 gemessen (Empa 2021). Während winterlicher Inversionen konnte gezeigt werden, dass etwa die Hälfte des PM10 (Empa 2006) und bis zu zwei Drittel des PM1 aus Ammoniumnitrat und -sulfat bestehen (PSI/uwe 2007).

In der Schweiz betragen die Ammoniakemissionen im Jahr 2021 rund 54'000 Tonnen NH<sub>3</sub> (FOEN 2023). Die Landwirtschaft verursachte davon 94 % und ist damit die grösste Quelle. Weitere Ammoniak-Emittenten sind der Verkehr, Industrie und Gewerbe und die Haushalte mit je 2 % Anteil (BAFU 2023). Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft in der Schweiz sanken zwischen 1990 und 2000 – vor allem wegen der Reduzierung der Tierbestände – von rund 65'000 auf 54'000 Tonnen Ammoniak pro Jahr, und nahmen seit 2000 auf 50'000 Tonnen NH<sub>3</sub> pro Jahr ab (FOEN 2023). Somit liegen die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft nach wie vor deutlich über der Zielsetzung von 25'000 Tonnen Ammoniak-Stickstoff pro Jahr, was rund 30'000 Tonnen NH<sub>3</sub> entspricht (BAFU 2013, BAFU & BLW 2016).

Landwirtschaftsland ist nach Gülleausbringung eine starke Ammoniakquelle. In Zeiträumen, in denen keine Gülle ausgebracht wird, sind landwirtschaftliche Flächen, abhängig von der Art und dem Zustand der Vegetation, jedoch eine mehr oder weniger starke Senke für Ammoniak. Im Gegensatz dazu bietet überbautes Gebiet wenig Senken.

Sowohl die direkte Belastung der Vegetation mit gasförmigem Ammoniak als auch die durch Ammoniak und Ammoniumsalze zusammen mit oxidierten Stickstoffverbindungen (NO<sub>x</sub>) verursachten Stickstoffeinträge, haben schädliche Auswirkungen auf empfindliche Ökosysteme. Um den Langzeitwirkungen erhöhter Ammoniak-Konzentrationen Rechnung zu tragen, wurden im Rahmen des UNECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Genfer Luftreinhaltekonvention, CLRTAP) folgendermassen festgelegt (Cape et al. 2009, CLRTAP 2017, Kapitel III)<sup>1</sup>:

- NH<sub>3</sub>-Konzentration von 1 µg m<sup>-3</sup> für empfindliche Moose und Flechten und Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind
- NH<sub>3</sub>-Konzentration von 3 µg m<sup>-3</sup> für höhere Pflanzen. Aufgrund der Schätz-Unsicherheit wird jedoch ein Bereich von 2–4 µg m<sup>-3</sup> angegeben.

---

<sup>1</sup> Gemäss Cape et al. (2009) gibt es für die NH<sub>3</sub>-Messungen zur Ermittlung der Critical Levels keine standardisierte Höhe über der Vegetation. Es wird auf die Bedeutung einer genügenden Höhe über der Vegetation hingewiesen (üblicherweise 1.5 m bei kurzer Vegetation), um Unsicherheiten in Bezug auf den Einfluss der Vegetation und den damit im Zusammenhang stehenden vertikalen Gradienten möglichst auszuschalten.

Der Gesamteintrag von Stickstoff setzt sich aus der Nass- und Trockendeposition von oxidierten und reduzierten stickstoffhaltigen Verbindungen zusammen. Dieser Stickstoff-Eintrag liegt weiträumig über den im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention festgelegten Critical Loads für Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme (CLRTAP 2017, Kapitel V; Bobbink et al. 2022; EKL 2020; EKL 2014, Thimonier et al. 2019). In der Schweiz werden die Critical Loads für Stickstoff auf fast 90 % der Waldflächen, einem Drittel aller Trockenwiesen und -weiden, fast allen Hochmooren und drei Viertel der Flachmoore überschritten (BAFU 2018). Die grossflächige und teilweise massive Überdüngung mit Stickstoff führt u.a. zu einer Reduktion der Artenvielfalt (BAFU 2011, Roth et al. 2013, Roth et al. 2015). Der Anteil des hauptsächlich von der Landwirtschaft stammenden Ammoniaks und Ammoniums macht dabei je nach Standort 50-90 % des gesamten Stickstoffeintrags aus (Seitler et al. 2021).

Für Ammoniak gibt es im Anhang 7 der Luftreinhalteverordnung (LRV) keinen Immissionsgrenzwert. Critical Loads und Critical Levels sind jedoch von der Bedeutung her mit Immissionsgrenzwerten der LRV gleichwertig (BAFU 2020)<sup>2</sup>. Bei deren Überschreitung müssen die Immissionen demnach als übermässig bezeichnet werden. Damit sind die Behörden gemäss LRV verbindlich aufgefordert, Massnahmen zur Minderung der massgeblich durch Ammoniak verursachten übermässigen Stickstofffrachten zu treffen. Zur Beurteilung der Übermässigkeit von Stickstoffeinträgen und Ammoniak-Immissionen anhand von Critical Loads und Levels steht den kantonalen Fachstellen eine Vollzugshilfe zur Verfügung (BAFU 2020).

Seit 2022 ist die Abdeckung von Güllelagern gesetzlich vorgeschrieben (LRV), wobei in den Kantonen unterschiedliche Übergangsfristen gelten (KOLAS und KVU 2022). Der Einsatz von emissionsmindernden Techniken zur Gülleausbringung ist seit 2022 in den Kantonen Thurgau und Luzern sowie ab 2024 schweizweit obligatorisch (mit Ausnahmen, Agridea 2022). Im Fürstentum Liechtenstein ist der Einsatz von emissionsmindernden Techniken zur Gülleausbringung ab 2023 Pflicht. Zudem sind folgende Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft Stand der Technik und daher gemäss Art. 4 LRV grundsätzlich anzuwenden: Optimierung der Stallhaltungssysteme und Tierhaltungsformen (Stall- und Laufhofreinigung, Abluftreinigung etc.), Stickstoff optimierte Fütterung und bedarfsgerechte Düngung (BAFU & BLW 2021A & B, UNECE 2014, Cercl'Air 2002, KOLAS 2006, KVU 2006, Agridea & Landwirtschaftsamt Thurgau 2006, Kanton Luzern uwe 2007, Kanton Appenzell Ausserrhoden 2008).

## 2.2 Zielsetzung

Das zentrale Ziel der Messungen ist die gesamtschweizerische, langfristige Erfassung und Darstellung der Ammoniak-Immissionssituation. Dabei soll die Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen im Jahresverlauf, die räumliche Variation sowie die unterschiedlichen Belastungen an verschiedenen Standorttypen aufgezeigt werden. Die Messungen dienen auch der Kalibrierung und Validierung der modellierten Ammoniakkonzentrationen.

Ein wesentliches Ziel des langfristig angelegten Ammoniak-Monitorings an verschiedenen Standorten in der Schweiz ist die Erfolgskontrolle von Massnahmen zur Reduktion von Am-

---

<sup>2</sup> Gemäss EKL (2014) soll Ammoniak in erster Linie aufgrund seines hohen Anteils an den Stickstoffeinträgen beurteilt werden, da die Critical Loads die prioritär zu berücksichtigenden Belastungsgrenzen sind.

moniakemissionen in der Landwirtschaft (Ressourcenprojekte, Massnahmenpläne, Umsetzung der Vollzugshilfen Landwirtschaft des BAFU und des BLW). Die Reduktion der Ammoniakemissionen ist nötig zum Schutz der Ökosysteme vor Eutrophierung und Versauerung sowie zur Minderung der Feinstaubbelastung (BAFU 2020, Cercl'Air 2002, EKL 2020, KOLAS 2006, BBI 2009, EKL 2013, EKL 2014).

## 2.3 Projektrahmen

In diesem Bericht werden die Resultate der Ammoniakmessungen in der Aussenluft mit Passivsammlern im Zeitraum von 2000 bis 2022 präsentiert. Im Berichtsjahr 2022 umfasste das Messnetz total 164 Standorte in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein. Die Zeitreihen von 94 Standorten, an denen 2022 seit mindestens zwei Jahren gemessen wurde, werden in Kapitel 4.5 als Boxplots dargestellt und im Anhang (Kap. 7.2 & 7.3) tabellarisch aufgeführt. Liegen mehrere Standorte nahe beisammen, wurde jeweils ein repräsentativer Standort ausgewählt. In Kapitel 4.7 und Anhang 7.4 werden räumlich verdichteten Messnetze dargestellt und beschrieben. Auf 25 Standorte aus weiteren verdichteten Messnetzen wird in eigenen Berichten der inNET und OSTLUFT eingegangen. 20 Standorte wurden 2022 erstmals betrieben, diese werden in diesem Bericht nur im Anhang 7.5 beschrieben.

Ausgehend von einer Evaluation der Begleitgruppe Ammoniakimmissionsmessungen empfahl der Cercl'Air im Jahr 2016 schweizweit koordinierte NH<sub>3</sub>-Immissionsmessungen basierend auf einem minimalem langjährigen Messnetz von 25 Standorten (Kap. 3.5, Cercl'Air 2016). 24 dieser Standorte sind Teil des in diesem Bericht präsentierten Immissionsmessnetzes, ein Standort wurde aufgehoben und konnte nicht ersetzt werden.

Die Messungen erfolgen im Auftrag des BAFU, der OSTLUFT, des Fürstentums Liechtenstein (seit 2008) sowie der Kantone Luzern und Freiburg (seit 2006), Zug (seit 2007), Bern (seit April 2008), Thurgau (seit August 2008), Graubünden (seit 2009), Aargau, Appenzell Innerrhoden, Ob- und Nidwalden, Schwyz, St. Gallen und Uri (seit 2010), Solothurn (seit 2011), Neuenburg (seit 2012), Zürich, Schaffhausen und Basel-Land (seit Frühling 2012), Glarus (seit 2015), Appenzell Ausserrhoden (seit 2019), Jura und Wallis (2022) und werden durch die FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG an unterschiedlich belasteten Standorten in der Schweiz durchgeführt. Einige Daten stammen aus regionalen Projekten, wie z.B. der Umsetzung des Ressourcenprogramms des BLW durch die Kantone.<sup>3</sup>

Die detaillierte Beschreibung aller 2022 betriebenen Standorte, die gemessenen NH<sub>3</sub>-Konzentrationen sowie die modellierten Emissionen und Konzentrationen werden in den Standortdatenblättern dargestellt (Seitler et al. 2023).

---

<sup>3</sup> Art. 77 LwG, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/ressourcen--und-gewaesserschutzprogramm/ressourcenprogramm.html>, Stand 16.04.2020



## 3 Methodisches

### 3.1 Messsystem

Die Messungen wurden mit Passivsammlern nach VDI 3869 Blatt 4 durchgeführt. Bis 2003 wurden Zürcher-Passivsammler eingesetzt, anfangs 2004 wurde auf Radiello-Passivsammler, und ab Anfang 2018 auf die Ferm-Passivsammler umgestellt. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der drei Messmethoden wurde durch Parallelmessungen an verschiedenen Standorten untersucht. Die Zürcher Passivsammler wurden auf die Radiello-Passivsammler kalibriert. Die Übereinstimmung zwischen Radiello und Ferm ist sehr gut (Abb. 52).

Die Richtigkeit der Passivsammlermessungen wurde mit einer unabhängigen aktiven Messmethode (Denuder, VDI 3869 Blatt 3) sowie durch weitere Vergleichsmessungen und regelmässige Qualitätskontrollen laufend überprüft. An wechselnden NABEL-Stationen werden die Passivsammler seit 2008 mit NABEL-Minidenudern (Abb. 51) und seit 2011 mit Spektrometern zur kontinuierlichen Messung von Ammoniak (Cavity Ring Down Spectroscopy) kontinuierlich verglichen.

Sammel- und Messmethoden, Vergleichsresultate und Aspekte zur Qualitätssicherung sind in einem separaten Methodenbericht (Seitler & Thöni 2009) sowie in Dämmgen et al. (2010) beschrieben.

Vergleichsmessungen haben gezeigt, dass die Expositionsdauer der Radiello- und Ferm-Sammler (1, 2, 4 oder 6 Wochen) keinen Einfluss auf die gemessenen Werte hat (Seitler 2015, Seitler 2022).

### 3.2 Empfehlung für Messstandorte

Die Standorte für Ammoniakmessungen sollen so gewählt werden, dass so weit wie möglich die regionale Immissionsbelastung erfasst werden kann. Dazu sollen folgende Kriterien beachtet werden:

- Platzierung auf einem offenen Feld mit freier Anströmbarkeit.
- Die Sammler sollen an einem Mast oder Kandelaber befestigt werden. In keinem Fall in einer Baumkrone oder in einer Hecke!
- WMO/GAW und das EMEP empfehlen für Schadstoffe, die mit der Vegetation reagieren können (wie z. B. Ozon) eine Expositionshöhe von 3 bis 5 m über Boden (WMO 2017, EMEP).
- Von Bäumen, Büschen, Hecken oder hochwachsenden Kulturen (z.B. Mais) soll genügend Abstand (horizontal ein Mehrfaches der Vegetationshöhe) gewählt werden.
- Die Passivsammler müssen jederzeit und langfristig frei anströmbar bleiben, d.h. nachwachsende Vegetation (Gras, Büsche) muss regelmässig zurückgeschnitten werden.
- Der Standort soll regelmässig (mindestens vierteljährlich) fotografiert werden, von Vorteil werden die Bilder in vier Himmelsrichtungen jeweils mit der Messstelle im Vordergrund aufgenommen.
- Jegliche Veränderungen in der Umgebung, wie z.B. neue Bauten, Strassen sowie getroffene Massnahmen zur Emissionsminderung von  $\text{NH}_3$  sollen ebenfalls rapportiert und dokumentiert werden.

Weichen die Messstandorte von diesen Empfehlungen ab, wird dies in den Standortdatenblättern begründet. Beispielsweise wurden niedrigere Expositionshöhen von Standorten mit vorangegangenen Messungen nicht den Empfehlungen angepasst, um die Vergleichbarkeit der Daten beizubehalten. Höhere Expositionshöhen werden bewusst gewählt, um z.B. die Immissionen eines grossräumigeren Bereiches oder die Situation über den Baumkronen zu erfassen.

Ergänzend können für Fallstudien, wie z.B. die Überprüfung der Wirksamkeit von kantonalen Massnahmen, Standorte in unmittelbarer Nähe von Emissionsquellen gewählt werden.

### 3.3 Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionsklassen

Angelehnt an die Belastungstypen der NABEL-Stationen werden die Standorte anhand ihrer geografischen Lage und der unterschiedlichen Emittenten in deren Umgebung in acht luft-hygienische Belastungstypen eingeteilt:

<b>Alp</b> , oberhalb 1800 m ü. M.	<b>Ländlich</b> , verkehrsbelastet
<b>Ländlich</b> , oberhalb 900 m ü. M.	<b>Vorstädtisch</b>
<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	<b>Städtisch</b>
<b>Ländlich</b> , Autobahn	<b>Städtisch</b> , verkehrsbelastet

Anhand der Höhe der Ammoniak-Jahresmittelwerte (2018 bis 2022) wurden die Standorte zusätzlich in Immissionsklassen eingeteilt. Diese Einteilung ist an die Critical Levels für Ammoniak gemäss UNECE 2007 angelehnt:

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

### 3.4 Zeitraum und Umfang der Messungen

Seit 2000 werden in der Schweiz  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen in der Luft erfasst. An 13 Standorten wird seit 2000, an 19 Standorten seit 2004 und an 30 Standorten seit 2008 durchgehend gemessen, seit 2013 sind es 58 Standorte mit ununterbrochenen Messreihen. In einigen Kantonen wurde Ammoniak im Zusammenhang mit der Erfolgskontrolle der Ressourcenprojekte gemäss Artikel 77a und 77b des Landwirtschaftsgesetzes (nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen) gemessen. Eine Auswahl dieser Standorte – z.B. jeweils ein Standort aus einem regional verdichteten Messnetz – wurde in diese Auswertung miteinbezogen. Anfang 2019 wurden (vor allem im OSTLUFT-Gebiet) neue Standorte in empfindlichen Ökosystemen eingerichtet. Bei mehreren Standorten in einem kleinräumigen Gebiet wurde für die Auswertung in diesem Bericht jeweils ein Standort ausgewählt. Insgesamt werden 94 Standorte im Hauptteil dieses Berichtes berücksichtigt, die alle mindestens zwei Jahre betrieben wurden. Die Anzahl vollständiger Messjahre jedes Standortes ist in Tabelle 1 aufgeführt. In Kapitel 7.3, Tabelle 14 ist detailliert ersichtlich, welche Standorte wann beprobt wurden. Weitere Standorte aus verdichteten Messnetzen oder Standorte, die erst ein Jahr betrieben wurden, sind im Anhang (Kap. 7.4 und 7.5) aufgelistet.

### 3.5 Langzeitmonitoring

Das Ammoniak-Immissionsmessnetz entwickelte sich dynamisch aufgrund unterschiedlicher Fragestellungen diverser Fachstellen und Auftraggeber. Als Basis für die Beurteilung der langfristigen Entwicklung der Ammoniakkonzentrationen in der Schweiz erarbeitete die Begleitgruppe Ammoniakimmissionsmessungen im Jahr 2016 ein schweizweites Messkonzept. Dabei wurden, unter Berücksichtigung bestehender langjähriger Messreihen, 25 Standorte für ein langfristiges minimales Ammoniak-Monitoring identifiziert (Meier et al. 2016).

Auf dieser Grundlage hat der Cercl'Air den kantonalen Fachstellen empfohlen, die genannten Standorte langfristig zu betreiben und nicht abgedeckte Regionen mit zusätzlichen Messstandorten zu ergänzen. Er hat zudem festgehalten, dass es zur Beantwortung spezifischer Fragestellungen lokal verdichtete Messreihen braucht (Cercl'Air 2016).

Von den 25 für das Langzeitmonitoring vorgeschlagenen Messstandorten wurden 20 zur langfristigen Beurteilung von schweizweiten Trends der Ammoniakkonzentration (LZM) sowie fünf als Hochimmissionsstandorte (MAX) definiert. Zwei LZM-Standorte wurden seither ersetzt, ein MAX-Standort musste aufgehoben werden<sup>4</sup>. Die Standorte des Langzeitmonitorings sind in Tabelle 1 fett hervorgehoben.

---

<sup>4</sup> Sagno SA wurde durch Sagno Reservoir SARE ersetzt, SZ-03 wurde durch SZ-01 ersetzt. Von den Hochimmissionsstandorten (MAX) musste der Standort Schüpfheim 1 bereits Mitte 2016 aufgehoben werden, der Ersatzstandort SCHÜ 3 und die weiteren Standorte in Schüpfheim weisen deutlich tiefere Immissionen auf.

### 3.7 Messtandorte im Überblick

In Abbildung 1 werden die Messtandorte dargestellt und in Tabelle 1 kurz beschrieben (ausführlicher in Kapitel 7.2, Tabelle 13 sowie in den Standortdatenblättern: Seitler et al. 2023).

Tab. 1

Standorte der Messungen 2022

Einteilung der Standorte nach Belastungstypen und Immissionsklassen. Das mehrjährige Jahresmittel ist (wo vorhanden) aus den Jahren 2018–2022 berechnet worden. Die schwarzen Linien trennen Belastungstypen, die grauen Linien Immissionsklassen innerhalb eines Belastungstyps.

Die Standorte des minimalen Langzeitmonitorings sind fett hervorgehoben.

Nr. (Karte Abb.1)	LZM Code	Standort Name	Kt. / Land	Höhe m ü.M.	Belastungstyp	Mehrfähriges			Messreihe	Boxplots (Kap. 4.5) Abb. Nr.	
						Immis- sionskl. $\mu\text{g m}^{-3}$	Jahres- mittel* $\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl vollst. Jahre			
1	TRS	Triesenberg	FL	1307	Ländlich, > 900 m ü. M.	< 1	0.8	2	2021 - 22	12	
2	<b>LZM</b>	<b>CHA</b>	<b>Chaumont</b>	NE	1136	Ländlich,	1 – 3	1.4	23	2000 - 22	
3	RAN	Merishausen Hagenturm	SH	900	oberhalb 900 m ü. M.		1.5	4	2019 - 22		
4	<b>LZM</b>	<b>RIG</b>	<b>Rigi-Seebodenalp</b>	SZ	1031		1.8	23	2000 - 22	13	
5	AIB	Brülisau	AI	956			1.9	2	2021 - 22		
6	GAK	Gais	AR	966			2.1	2	2021 - 22		
7	<b>LZM</b>	<b>ZB 01</b>	<b>Zugerberg 1</b>	ZG	990		2.1	23	2000 - 22		
8	FRÜE	Früebüel	ZG	980			2.4	16	2007 - 22		
9	BA	Bachtel	ZH	930			2.6	23	2000 - 22	14	
10	ZIGE	Zigerhütli	ZG	989			2.8	16	2007 - 22		
11	AIO	Oberegg	AI	1071	Ländlich, > 900 m ü. M.	3 – 5	3.2	12	2010 - 21	15	
12	NTW	Trimmis	GR	703	Ländlich,	1 – 3	1.7	2	2021 - 22		
13	<b>LZM</b>	<b>SARE</b>	<b>Sagno Reservoir</b>	TI	820	unterhalb 900 m ü. M.	1.8	9	2014 - 22	16	
14	WH	Winterthur	ZH	513			1.9	2	2021 - 22		
15	AEG	Knonau	ZH	449			2.0	4	2019 - 22		
16	TAB	Turbenthal	ZH	641			2.1	3	2019 - 20, 22		
17	RAF	Hüntwangen	ZH	399			2.1	10	2013 - 22		
18	ROPF	Pfahlbautenweg	ZH	537			2.1	1	2022	17	
19	WBM	Mollis	GL	831			2.2	5	2018 - 22		
20	SCH	Schänis	SG	630			2.4	22	2000, 02 - 22		
21	HUD 0	Hudelmoos 0	TG	518			2.7	6	2000, 14, 19 - 22		
22	IMM	Immenberg	TG	547			2.8	2	2021 - 22	18	
23	GMO	Gänsemoos	BE	797			2.8	4	2019 - 22		
24	VTG	Gwatt	BE	558	Ländlich,	3 – 5	3.1	14	2009 - 22	19	
25	BRIS	Brislach	BL	450	unterhalb 900 m ü. M.		3.2	10	2013 - 22		
26	IEB	Bärau	BE	725			3.3	14	2009 - 22		
27	<b>LZM</b>	<b>PAY</b>	<b>Payerne</b>	VD	489		3.3	23	2000 - 22	20	
28	RO	Root Michaelskreuz	LU	791			3.6	22	2001 - 22		
29	<b>LZM</b>	<b>WTG1</b>	<b>Gimmiz Dach</b>	BE	444		3.7	14	2009 - 22		
30	HEMO	Hessigkofen Moosgasse	SO	605			3.9	12	2011 - 22		
31	ILN 01	Illnau-Effretikon 1	ZH	540			4.1	8	2015 - 22		
32	DEB	Näfels	GL	436			4.1	8	2015 - 22		
33	BENN	Bennwil	BL	540			4.2	10	2013 - 22		
34	MI01	Misery	FR	607			4.2	15	2008 - 22	21	
35	N14	Domat/Ems	GR	570			4.2	14	2009 - 22		
36	<b>LZM</b>	<b>BIR1</b>	<b>Birrfeld 1</b>	AG	393		4.2	13	2010 - 22		
37	<b>LZM</b>	<b>WTGS</b>	<b>Gimmiz Süd</b>	BE	444		4.3	13	2010 - 22		
38	HBL	Lotzwil	BE	509			4.5	14	2009 - 22		
39	FRAU	Kloster Frauental	ZG	395			4.5	16	2007 - 22	22	
40	<b>LZM</b>	<b>VU01</b>	<b>Vuisternens-en-Ogoz</b>	FR	850		4.6	17	2006 - 22		
41	<b>LZM</b>	<b>SZ-01</b>	<b>Schwyz Bauschli</b>	SZ	490		4.7	13	2010 - 22		
42	INWI	Inwil	ZG	437			4.8	16	2007 - 22		
43	<b>LZM</b>	<b>TÄN</b>	<b>Tänikon</b>	TG	538		4.8	23	2000 - 22		
44	KBR	Uznach	SG	408			4.9	3	2020 - 22	23	
45	SSH	Stein	AR	722			4.9	4	2019 - 22		
46	<b>LZM</b>	<b>AIG</b>	<b>Gonten</b>	AI	898		5.0	13	2010 - 22		

LZM = Standort des Langzeitmonitorings

\* Jahre 2018 - 2022

Nr. (Karte Abb.1)	LZM Code	Standort Name	Kt. / Land	Höhe m ü.M.	Belastungstyp	Mehrfähriges			Messreihe	Boxplots (Kap. 4.5) Abb. Nr.
						Immis- sionskl. $\mu\text{g m}^{-3}$	Jahres- mittel* $\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl vollst. Jahre		
47	RRI	Rugell	FL	431	Ländlich,	5 – 8	5.1	4	2019 - 22	
48	KIT	Kirchberg	SG	740	unterhalb 900 m ü. M.		5.2	4	2019 - 22	24
49	NMS	Malans	GR	529			5.2	14	2009 - 22	
50	MAEM	Matzendorf Emet	SO	594			5.2	12	2011 - 22	
51	BSZ	Ziegelbrücke	GL	424			5.3	8	2015 - 22	
52	KAP	Kappel am Albis	ZH	527			5.5	9	2013 - 20, 22	25
53	GEF	Gelfingen	LU	572			5.5	7	2016 - 22	
54	SAM2	Suhretal 2	AG	493			5.7	13	2010 - 22	
55	LZM	NZI 01	GR	527			5.7	14	2009 - 22	26
56	BRM	Beromünster NABEL	LU	797			5.8	6	2017 - 22	
57	SHkl	Neunkirch Erspel	SH	420			6.0	10	2013 - 22	25
58	ZUZ	Zuzwil	SG	533			6.0	2	2021 - 22	
59	LZM	WAU 16.4	LU	499			6.0	17	2006 - 22	26
60	LZM	MAU 01	TG	439			6.3	23	2000 - 22	27
61		ZG-02	ZG	420			6.5	13	2010 - 22	
62	LZM	NEU 02	LU	735			6.8	17	2006 - 22	26
63		NRB	GL	411			6.8	4	2018 - 19, 21 - 22	27
64	LZM	MAG	TI	203			6.8	23	2000 - 22	
65		OW-02	OW	560			6.9	13	2010 - 22	
66	LZM	NW-03	NW	466			7.0	13	2010 - 22	28
67		EST	FL	441			7.0	15	2008 - 22	
68		SCHÜ 00	LU	735			7.1	23	2000 - 22	
69		TUG01	SZ	409			7.2	4	2019 - 22	29
70	MAX	HÄG	SG	555			7.4	20	2003 - 22	
71	LZM	URI 01	UR	455			7.4	13	2010 - 22	30
72		NE 03	NE	431			7.6	11	2012 - 22	29
73		BAV	FL	473			7.7	15	2008 - 22	
74		ALB	SG	420	Ländlich,	> 8	8.1	5	2018 - 22	31
75		HOL 01	LU	590	unterhalb 900 m ü. M.		9.0	23	2000 - 22	
76		SIN3	AG	519			9.3	13	2010 - 22	
77	MAX	NGD 01	GR	615			9.5	12	2011 - 22	32
78	MAX	APS	AI	820			9.7	20	2003 - 22	
79	LZM	ESC 07	LU	498			10.4	19	2004 - 22	
80		WAU 13	LU	501			10.6	19	2004 - 22	33
81		WEIN	TG	422			10.7	13	2009 - 15, 17 - 22	
82	MAX	ESC 14	LU	541			15.2	17	2006 - 22	
83		OSD	ZH	410	Ländlich,	1 – 3	1.9	2	2021 - 22	34
84		NET	ZH	409	verkehrsbelastet		2.6	2	2021 - 22	
85		WIG	GL	455	Ländlich, verkehrsbel.	3 – 5	3.6	8	2015 - 22	35
86		SLI 01	FL	450	Ländlich, verkehrsbel.	5 – 8	5.3	11	2012 - 22	36
87	LZM	HAGN	SO	590	Ländlich, an Autobahn	1 – 3	2.1	12	2011 - 22	37
88		NV4	GR	270	Ländlich, an Autobahn	3 – 5	3.5	14	2009 - 22	38
89	LZM	SIO	VS	483			3.9	23	2000 - 22	
90	LZM	HAE	SO	431	Ländlich, an Autobahn	5 – 8	5.2	17	2006 - 22	39
91	LZM	BAS	BL	316	Vorstädtisch	1 – 3	2.9	23	2000 - 22	40
92	LZM	LUG	TI	280	Städtisch	1 – 3	2.7	23	2000 - 22	41
93		SOAL	SO	453	Städtisch, verkehrsbel.	1 – 3	2.6	12	2011 - 22	42
94		WIE	ZH	415	Städtisch, verkehrsbel.	3 – 5	4.6	13	2008, 10 - 20, 22	43

LZM = Standort des Langzeimonitorings  
MAX = Hochimmissionsstandort

\* Jahre 2018 - 2022

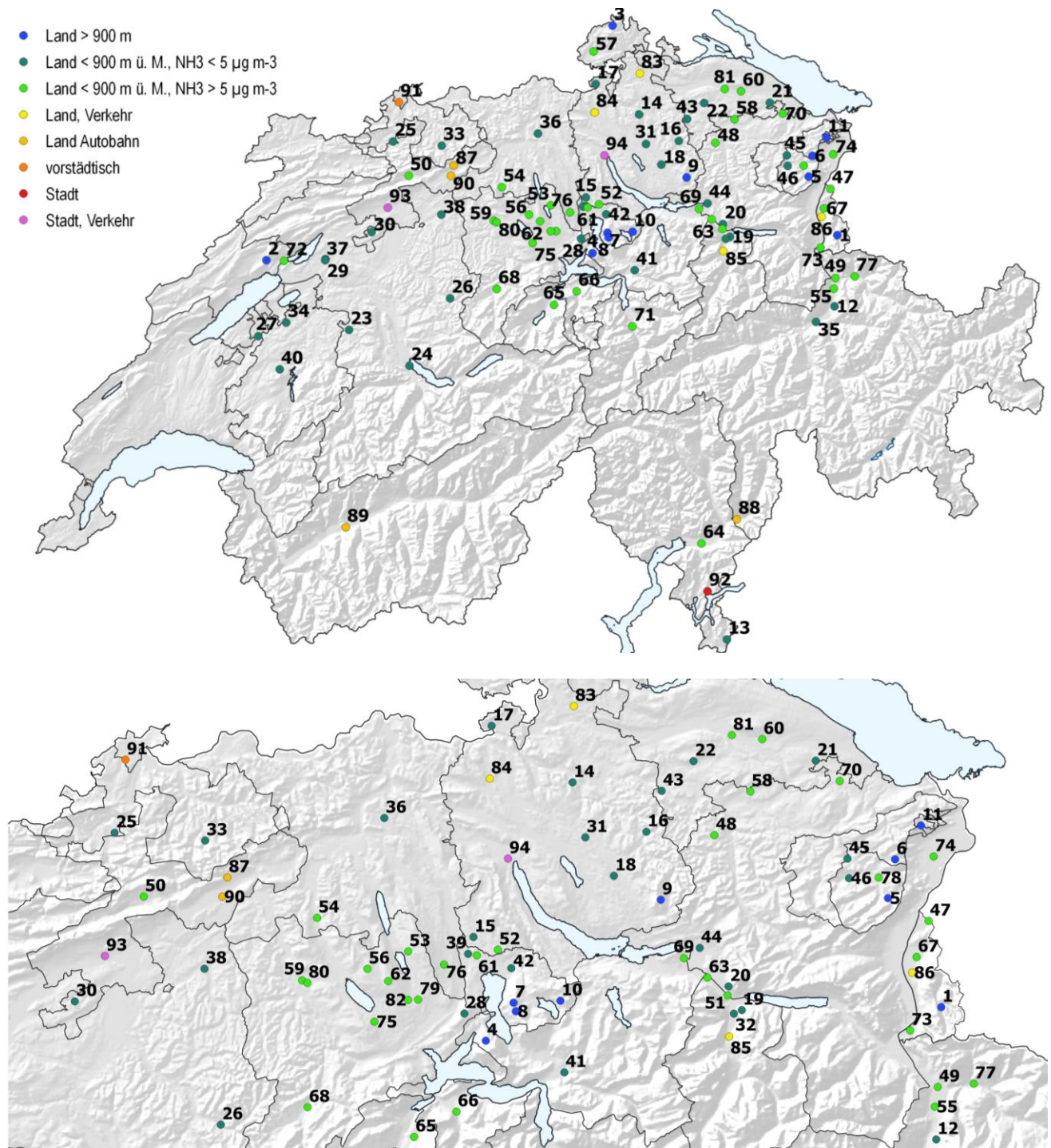


Abb. 1 Messnetz 2022, ganze Schweiz und vergrösserter Ausschnitt des dicht beprobten Mittellandes  
 Die Nummerierung entspricht den Standortnummern in Tabelle 1.  
 Programm: QGIS; Quelle Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo

## 3.8 Auswertung

### 3.8.1 Jahres-, Saison- und Monatsmittelwerte

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

Die Messperiode 1999/2000, im Bericht als 2000 beschrieben, stimmt nicht mit einem Kalenderjahr überein. Für die Berechnung dieser Jahresmittelwerte wurde als Ende der Messperiode der Messbeginn plus ein Jahr festgelegt.

Als Saisonmittelwerte wurden die Messwerte aus den folgenden Monaten zeitgewichtet berechnet:

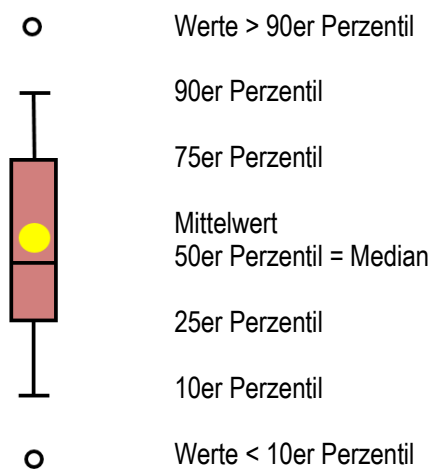
<b>Winter</b>	Dezember des Vorjahrs, Januar, Februar
<b>Frühling</b>	März, April, Mai
<b>Sommer</b>	Juni, Juli, August
<b>Herbst</b>	September, Oktober, November

Die Jahreswerte werden nur berücksichtigt, wenn mindestens 11 Monate vorhanden sind (ca. 85 %). Die Saisonmittelwerte werden verwendet, wenn mindestens 80 % und die Monatsmittel, wenn mindestens 50 % der Zeit gemessen wurde.

Monatsmittelwerte wurden als Grundlage für Boxplots und Verlaufsgrafiken genommen.

### 3.8.2 Boxplots

Die einzelnen Standorte sind als Boxplots dargestellt, welche die 10er, 25er, 50er (Median), 75er und 90er Perzentile zeigen. Werte oberhalb des 90er Perzentils respektive unterhalb des 10er Perzentils sind als Einzelpunkte eingezeichnet (siehe unten). Bei den Boxplots aus mehreren, seit 2000, 2004, 2008 und 2013 durchgehend gemessenen Standorten, sind auch die Mittelwerte als gelber Punkt markiert. Die Monatsmittelwerte eines Jahres bilden jeweils einen Boxplot.



## 4 Resultate

Die Resultate werden in diesem Bericht zusammengefasst dargestellt. Die Verläufe der Konzentrationen werden in den Standortdatenblättern (Seitler et al. 2023) dargestellt.

### 4.1 Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen

#### 4.1.1 Messungen an 13 Standorten seit 2000

An dreizehn Standorten wird bereits seit 2000 durchgehend gemessen (Tabelle 2). An einigen Standorten mussten die Passivsammler verschoben werden. Zum Teil wurden Parallelmessungen durchgeführt und wenn nötig die früheren Werte angepasst. In Kapitel 7.1 sind die Änderungen detailliert aufgeführt.

Tab. 2 Standorte seit 2000, Standortcharakteristik  
Belastungstypen und Immissionsklassen der 13 Standorte, an denen schon seit 2000 gemessen wird.

4 Standorte	<b>Ländlich</b> , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse <b>1–3</b>	CHA, RIG, ZB 01, BA
2 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse <b>3–5</b>	PAY, TAE
3 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse <b>5–8</b>	MAU 01, MAG, SCHÜ 00
1 Standort	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse <b>&gt;8</b>	HOL 01
1 Standort	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse <b>3–5</b>	SIO
1 Standort	<b>Vorstädtisch</b>	Immissionsklasse <b>1–3</b>	BAS
1 Standort	<b>Städtisch</b>	Immissionsklasse <b>1–3</b>	LUG

Tab. 3 Standorte seit 2000, Perzentile und Mittelwerte  
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aller 13 Standorte an denen seit 2000 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Anzahl Monatsmittelwerte	156	154	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
kleinster Monatsmittelwert	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3
10er Perzentil	0.8	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9	1.4	0.9	0.8	0.9	1.2	0.9	1.1	1.1	1.5	1.3	1.3	1.2
25er Perzentil	1.9	1.4	1.3	1.9	1.7	1.9	2.0	1.8	1.8	2.0	1.8	2.2	1.8	1.6	1.6	2.1	1.8	1.9	2.2	2.1	2.3	2.0	2.2
<b>Median</b>	<b>3.0</b>	<b>2.8</b>	<b>2.7</b>	<b>3.6</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.1</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>	<b>2.8</b>	<b>3.2</b>	<b>3.8</b>	<b>3.8</b>	<b>3.6</b>	<b>3.1</b>	<b>3.5</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>3.3</b>	<b>3.0</b>	<b>3.1</b>	<b>4.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.4</b>	<b>3.6</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.7</b>	<b>3.5</b>	<b>4.1</b>	<b>3.5</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4</b>	<b>3.8</b>	<b>3.4</b>	<b>3.6</b>	<b>4.5</b>	<b>4.5</b>	<b>4.3</b>	<b>3.7</b>	<b>4.0</b>
75er Perzentil	4.1	4.0	3.9	5.1	4.9	4.8	4.9	4.8	4.6	5.0	4.7	5.7	4.9	4.6	4.9	5.1	4.7	4.6	6.3	5.6	5.5	4.9	5.3
90er Perzentil	5.5	5.4	5.6	7.7	6.2	6.3	6.8	6.5	6.0	7.0	6.3	7.7	6.3	6.4	6.1	7.4	6.7	6.1	8.4	8.6	7.8	7.1	6.9
grösster Monatsmittelwert	14.9	15.6	16.5	17.3	9.6	9.9	11.9	11.7	15.8	12.6	14.4	13.5	13.5	9.2	13.2	12.7	12.5	22.0	19.7	23.1	17.8	13.3	19.3

In Tabelle 3 und Abbildung 2 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Das Jahr 2022 wies innerhalb der Messperiode 2000 – 2022 mittlere bis hohe Ammoniakkonzentrationen bei den deutlich höchsten Jahresmitteltemperaturen seit Messbeginn auf (Meteo-Schweiz). In den Jahren 2018, 2020 (zweitwärmste Jahre seit Messbeginn) und 2019 (siebtwärmstes Jahr, vierwärmster Sommer) wurden die höchsten Werte gemessen. Ebenfalls hoch sind die Perzentile in den Jahren 2011 (fünftwärmstes Jahr seit Messbeginn) und 2003 (wärmster Sommer). Die Messwerte der Jahre 2000 bis 2002 sowie 2013 sind eher tief.



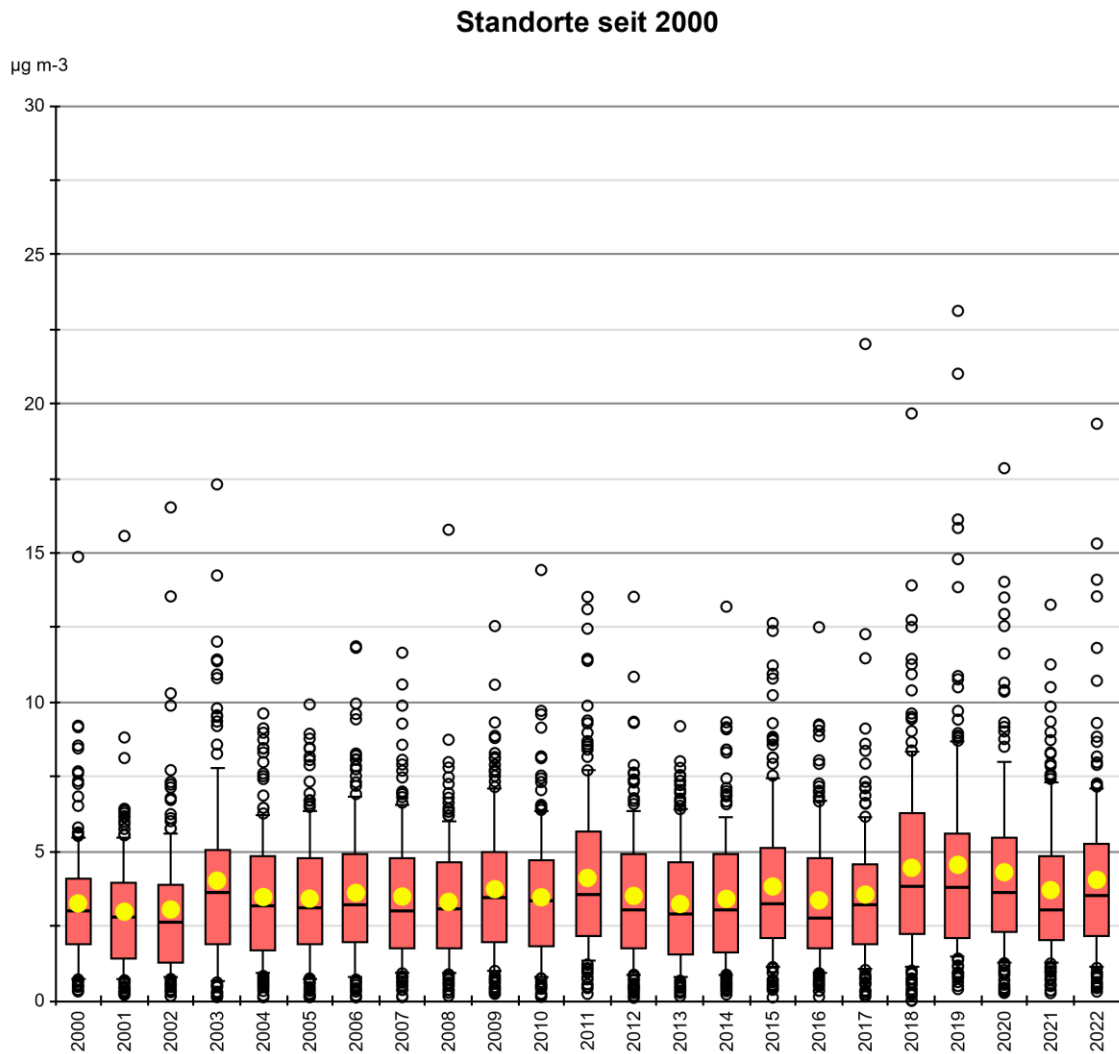


Abb. 2      **Monatliche Konzentrationen der Standorte seit 2000, Boxplots**  
*Die Ammoniak-Konzentrationen der 13 Standorte, an denen seit Messbeginn während 23 Jahren durchgehend gemessen wurde. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.*

Abbildung 3 zeigt die Jahresmittelwerte der einzelnen Standorte, an denen seit 2000 jedes Jahr gemessen wurde. Die langjährigen Messungen an diesen unterschiedlich belasteten Standorten zeigen keine Tendenz zur Zu- oder Abnahme der Ammoniakkonzentration.

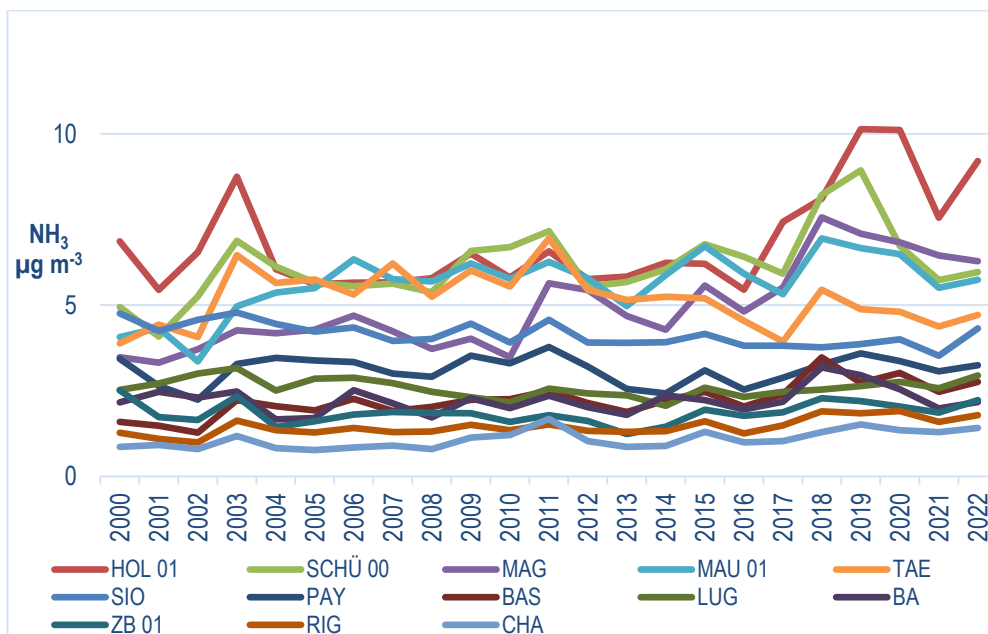


Abb. 3 Standorte seit 2000, Jahresmittelwerte im Verlauf  
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen aller 13 Standorte an denen seit 2000 gemessen wird. Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$

#### 4.1.2 Messungen an 19 Standorten seit 2004

An 19 Standorten wird mindestens seit 2004 durchgehend gemessen (Tabelle 4)

Tab. 4 Standorte mindestens seit 2004, Perzentile und Mittelwerte  
 Belastungstypen und Immissionsklassen der 19 Standorte, an denen seit 2004 gemessen wird.

4 Standorte	<b>Ländlich</b> , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	CHA, RIG, ZB 01, BA
1 Standort	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	SCH
3 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3–5	PAY, RO, TAE
4 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	MAU 01, MAG, SCHÜ 00, HÄG
4 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	HOL 01, APS, ESC 07, WAU 13
1 Standort	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 3–5	SIO
1 Standort	<b>Vorstädtisch</b>	Immissionsklasse 1–3	BAS
1 Standort	<b>Städtisch</b>	Immissionsklasse 1–3	LUG

In Tabelle 5 und Abbildung 4 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Die Monatsmittelwerte der 19 Standorte, an denen während 19 Jahren gemessen wurde, sind als Boxplots dargestellt (Abb. 4). Die Jahresmittel der Jahre 2018 bis 2020 zeigen die höchsten Werte, diejenigen von 2022 sind im mittleren bis hohen Bereich.

Tab. 5 Standorte mindestens seit 2004, Perzentile und Mittelwerte  
 Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aller 19 Standorte an denen mindestens seit 2004 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Anzahl Monatsmittelwerte	228	228	228	228	228	228	227	228	228	228	228	228	228	227	228	228	227	228	227
kleinster Monatsmittelwert	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3
10er Perzentil	1.2	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.6	1.1	0.9	1.1	1.2	1.1	1.3	1.3	1.6	1.5	1.3	1.5
25er Perzentil	2.1	2.0	2.1	2.0	1.9	2.1	2.0	2.4	2.0	1.8	1.9	2.3	2.0	2.1	2.8	2.5	2.5	2.2	2.5
<b>Median</b>	<b>3.9</b>	<b>3.7</b>	<b>4.0</b>	<b>3.7</b>	<b>3.5</b>	<b>4.1</b>	<b>3.7</b>	<b>4.0</b>	<b>3.6</b>	<b>3.4</b>	<b>3.7</b>	<b>3.7</b>	<b>3.3</b>	<b>3.6</b>	<b>4.4</b>	<b>4.2</b>	<b>4.2</b>	<b>3.9</b>	<b>4.0</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>4.5</b>	<b>4.4</b>	<b>4.8</b>	<b>4.3</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>	<b>4.3</b>	<b>5.1</b>	<b>4.4</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>	<b>4.8</b>	<b>4.2</b>	<b>4.6</b>	<b>5.6</b>	<b>5.6</b>	<b>5.4</b>	<b>4.6</b>	<b>4.7</b>
75er Perzentil	6.0	6.0	6.2	5.9	5.7	6.8	5.9	6.9	5.8	5.7	5.8	6.4	5.8	5.9	8.0	8.0	7.3	6.1	6.1
90er Perzentil	8.8	8.8	9.7	8.1	8.0	9.2	8.2	9.6	8.6	7.8	7.4	9.8	8.7	9.7	11.3	12.0	10.7	9.4	8.6
grösster Monatsmittelwert	17.5	20.0	19.7	15.1	15.8	18.4	20.5	20.2	21.6	13.1	19.1	22.3	17.7	22.0	19.7	23.1	27.4	17.6	19.6

Standorte seit 2004

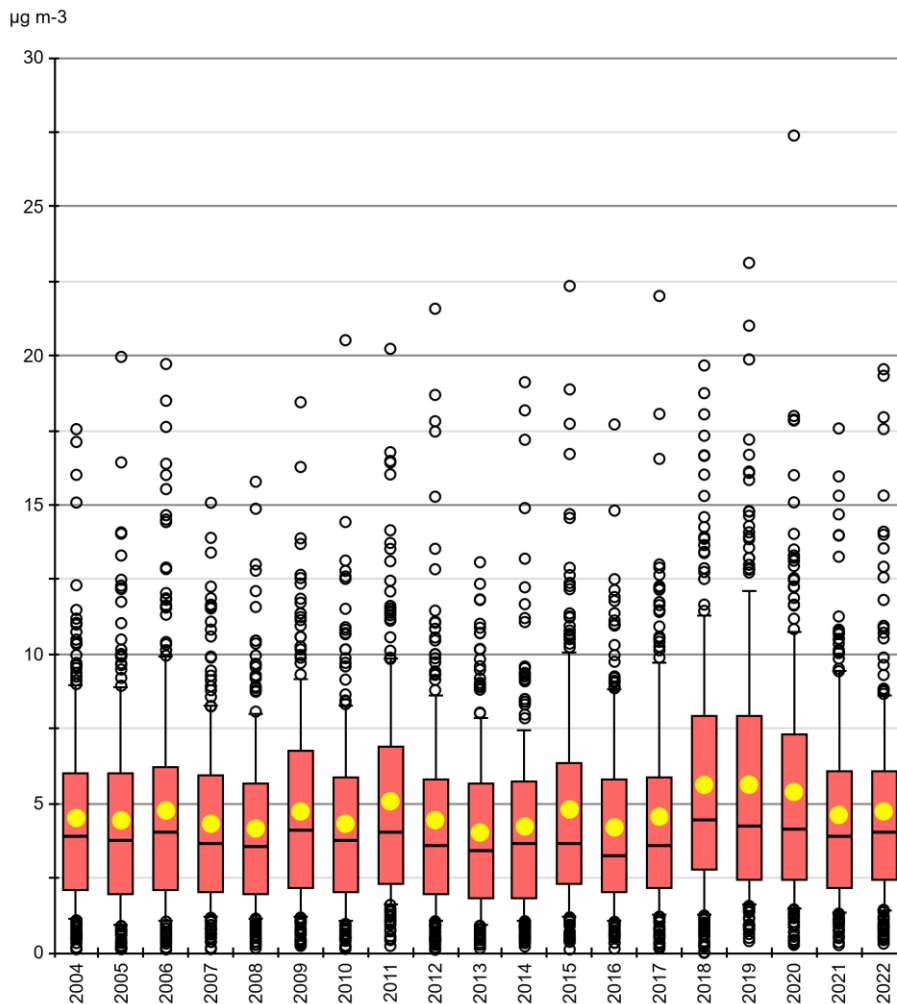


Abb. 4 Monatliche Konzentrationen der Standorte mindestens seit 2004, Boxplots  
 Die Ammoniak-Konzentrationen der 19 Standorte, an denen während 19 Jahren gemessen wurde. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Abbildung 5 zeigt die Jahresmittelwerte der einzelnen Standorte, an denen mindestens seit 2004 durchgehend gemessen wird. Bei den Standorten mit hohen Konzentrationen sind die Schwankungen von Jahr zu Jahr meist grösser als bei Standorten mit niedrigen Konzentrationen.

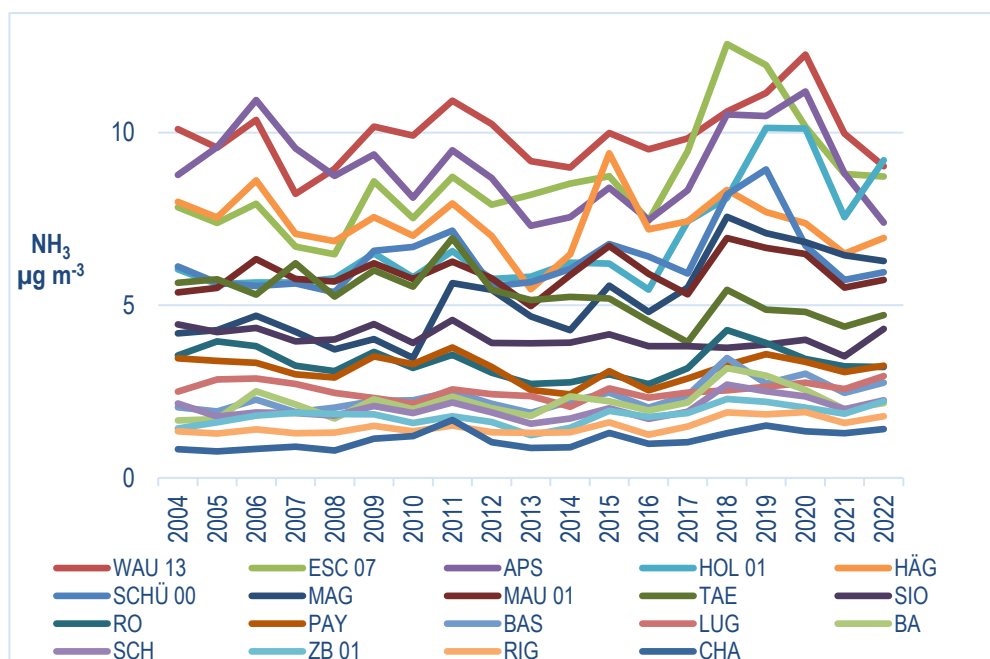


Abb. 5 Standorte mindestens seit 2004, Jahresmittelwerte im Verlauf  
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen aller 19 Standorte an denen seit 2004 gemessen wird. Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$

### 4.1.3 Messungen an 30 Standorten seit 2008

An 30 Standorten wird mindestens seit 2008 durchgehend gemessen (Tabelle 6).

Tab. 6 Standorte mindestens seit 2008, Standortcharakteristik  
 Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aller 30 Standorte an denen mindestens seit 2008 gemessen. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

6 Standorte	<b>Ländlich</b> , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1 – 3	CHA, RIG, ZB 01, FRÜE, BA, ZIGE
1 Standort	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1 – 3	SCH
7 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3 – 5	PAY, RO, MI01, FRAU, VU01, INWI, TAE
8 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5 – 8	WAU16.4, MAU 01, NEU02, MAG, EST, SCHÜ 00, HÄG, BAV,
4 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	HOL 01, APS, ESC 07, WAU 13
1 Standort	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 3 – 5	SIO
1 Standort	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 5 – 8	HAE
1 Standort	<b>Vorstädtisch</b>	Immissionsklasse 1 – 3	BAS
1 Standort	<b>Städtisch</b>	Immissionsklasse 1 – 3	LUG

Tab. 7 Standorte seit 2008, Perzentile und Mittelwerte  
 Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen aller 30 Standorte an denen mindestens seit 2008 gemessen wird, in  $\mu\text{g m}^{-3}$ , Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Anzahl Monatsmittelwerte	360	360	359	360	357	358	359	360	360	359	360	360	358	358	359
kleinster Monatsmittelwert	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3
10er Perzentil	1.2	1.4	1.2	1.8	1.3	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.7	1.9	1.8	1.7	1.6
25er Perzentil	2.3	2.3	2.2	2.5	2.1	2.0	2.1	2.4	2.1	2.4	2.9	2.9	2.9	2.3	2.7
<b>Median</b>	<b>3.6</b>	<b>4.2</b>	<b>3.8</b>	<b>4.4</b>	<b>3.6</b>	<b>3.5</b>	<b>3.8</b>	<b>3.9</b>	<b>3.6</b>	<b>3.9</b>	<b>4.9</b>	<b>4.7</b>	<b>4.4</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>4.0</b>	<b>4.6</b>	<b>4.2</b>	<b>5.0</b>	<b>4.3</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>	<b>4.1</b>	<b>4.5</b>	<b>5.5</b>	<b>5.6</b>	<b>5.3</b>	<b>4.6</b>	<b>4.8</b>
75er Perzentil	5.2	5.9	5.6	6.6	5.6	5.5	5.6	6.1	5.5	5.8	7.5	7.3	6.8	5.9	6.1
90er Perzentil	7.3	8.2	7.6	9.0	8.0	7.5	7.2	9.1	7.8	8.4	10.6	10.4	9.6	8.8	8.5
grösster Monatsmittelwert	15.8	18.4	20.5	20.2	21.6	13.1	19.1	22.3	17.7	22.0	19.7	23.1	27.4	17.6	19.6

Standorte seit 2008

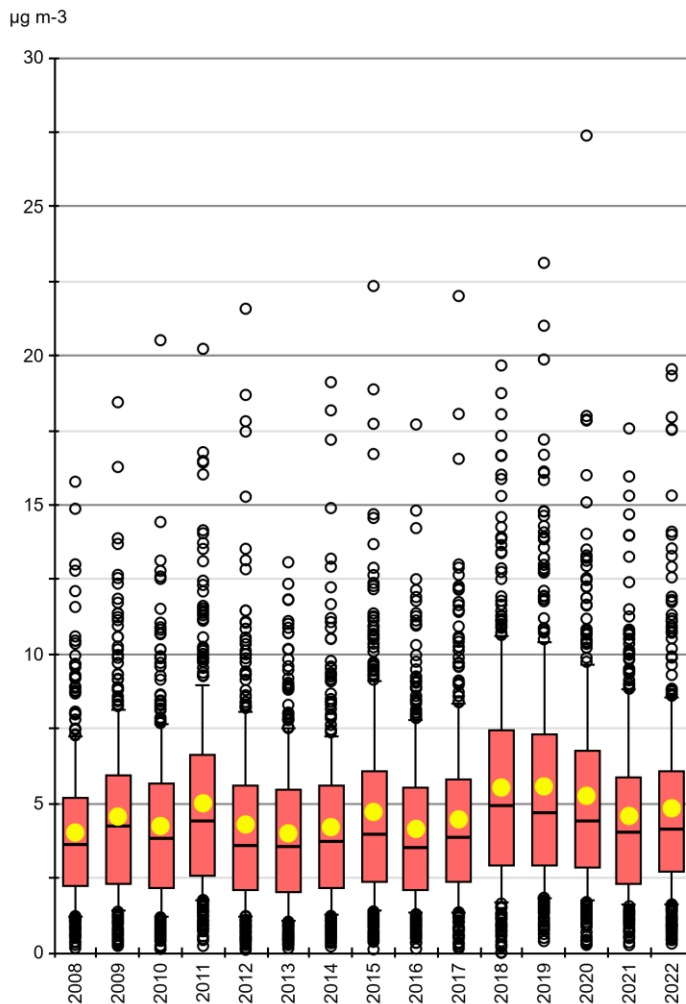


Abb. 6 Monatliche Konzentrationen der Standorte mindestens seit 2008, Boxplots  
 Die Ammoniak-Konzentrationen der 30 Standorte, an denen seit Messbeginn während 15 Jahren durchgehend gemessen wurde. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

In Tabelle 7 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Die Monatsmittelwerte der 30 Standorte, an denen mindestens seit 2008 gemessen wurde, sind als Boxplots dargestellt (Abb.6). Abbildung 7 zeigt den Verlauf der Jahresmittelwerte dieser Standorte. Wiederum fallen die warmen Jahre 2018 bis 2020 auf.

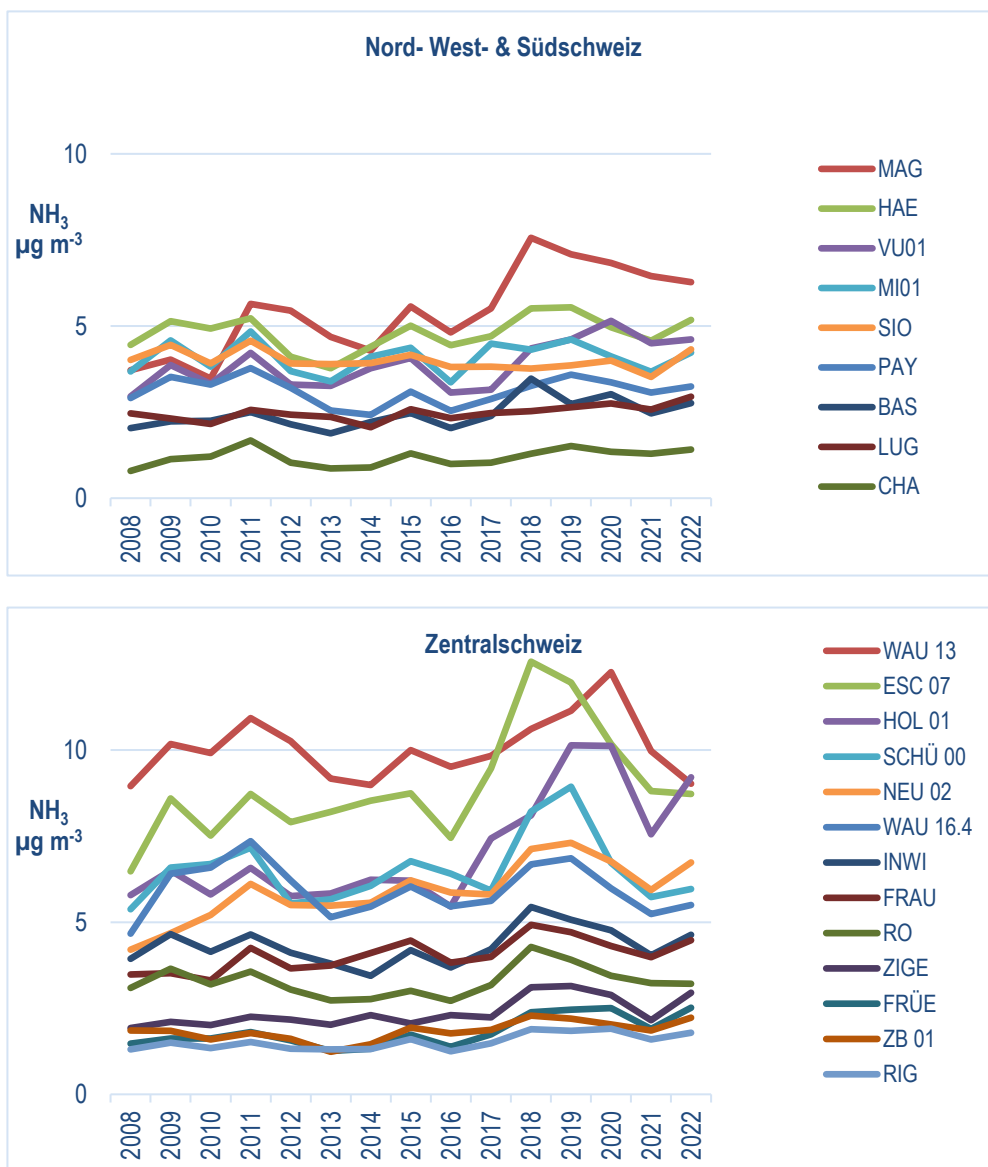


Abb. 7 A Standorte seit 2008, Jahresmittelwerte im Verlauf  
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen von 22 der 30 Standorte an denen seit 2008 gemessen wird.  
 Einheit: µg m<sup>-3</sup>

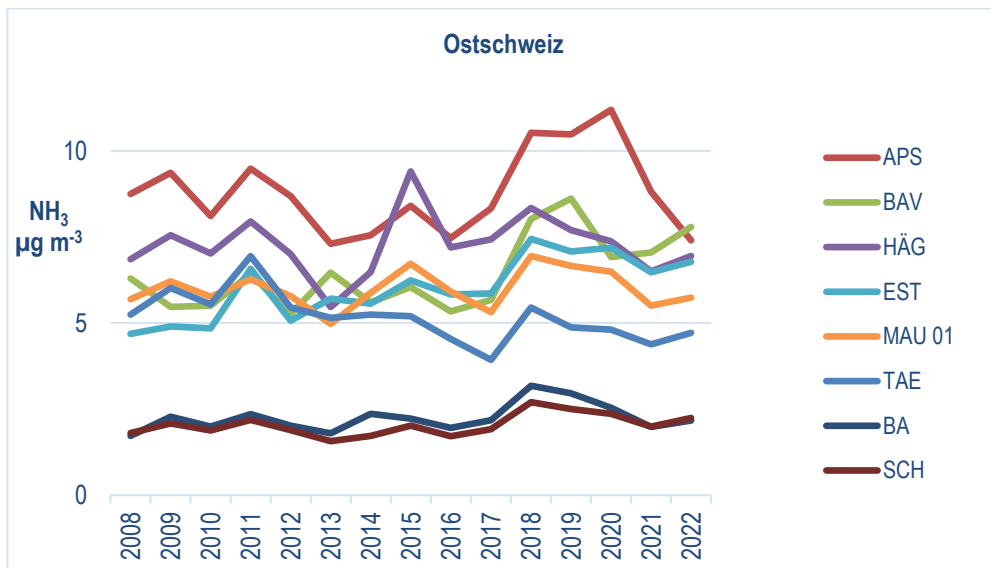


Abb. 7B Standorte seit 2008, Jahresmittelwerte im Verlauf  
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen von 8 der 30 Standorte an denen seit 2008 gemessen wird.  
 Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$

#### 4.1.4 Messungen an 58 Standorten seit 2013

An 58 Standorten wird mindestens seit 2013 durchgehend gemessen (Tabelle 8).

Tab. 8 Standorte mindestens seit 2013, Standortcharakteristik  
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aller 58 Standorte an denen mindestens seit 2013 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

6 Standorte	<b>Ländlich</b> , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	CHA, RIG, ZB 01, FRÜE, BA, ZIGE,
2 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	RAF, SCH
18 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3–5	VTG, BRIS, IEB, PAY, RO, WTG1, HEMO, BENN, MI01, N14, BIR1, HBL, FRAU, VU01, SZ-01, INWI, TAE, AIG
18 Standorte	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	NMS, MAEM, SAM2, NZI 01, SHKI, WAU16.4, MAU 01, ZG-02, NEU 02, MAG, OW-02, NW-03, EST, SCHÜ 00, HÄG, URI 01, NE 03, BAV
6 Standort	<b>Ländlich</b> , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	HOL 01, SIN3, NGD 01, APS, ESC 07, WAU 13
1 Standort	<b>Ländlich</b> , verkehrsbelastet	Immissionsklasse 5–8	SLI01
1 Standorte	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 1–3	HAGN
2 Standorte	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 3–5	NV4, SIO
1 Standorte	<b>Ländlich</b> , Autobahn	Immissionsklasse 5–8	HAE
1 Standort	<b>Vorstädtisch</b>	Immissionsklasse 1–3	BAS
1 Standort	<b>Städtisch</b>	Immissionsklasse 1–3	LUG
1 Standort	<b>Städtisch</b> , verkehrsbelastet	Immissionsklasse 1–3	SOAL

In Tabelle 9 und Abbildung 9 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Abbildung 8 zeigt den Verlauf der Jahresmittelwerte dieser 58 Standorte, sie sind nach Landesteilen geordnet.

Tab. 9 Standorte mindestens seit 2013, Perzentile und Mittelwerte  
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) aller 58 Standorte an denen mindestens seit 2013 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Anzahl Monatsmittelwerte	693	695	694	696	694	695	692	693	689	694
kleinster Monatsmittelwert	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3
10er Perzentil	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	2.0	2.1	2.0	1.7	1.7
25er Perzentil	2.2	2.3	2.5	2.3	2.5	3.1	3.1	3.0	2.6	2.8
<b>Median</b>	<b>3.5</b>	<b>3.6</b>	<b>3.9</b>	<b>3.6</b>	<b>4.0</b>	<b>4.9</b>	<b>4.7</b>	<b>4.5</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>
<b>Mittelwert</b>	<b>4.0</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>	<b>4.2</b>	<b>4.5</b>	<b>5.4</b>	<b>5.4</b>	<b>5.2</b>	<b>4.6</b>	<b>4.8</b>
75er Perzentil	5.3	5.4	6.0	5.5	5.8	7.1	6.9	6.6	5.7	6.0
90er Perzentil	7.3	7.2	8.6	7.4	7.9	9.5	9.6	9.3	8.5	8.5
grösster Monatsmittelwert	15.5	31.4	22.3	32.9	22.7	19.7	23.1	27.4	22.3	19.6



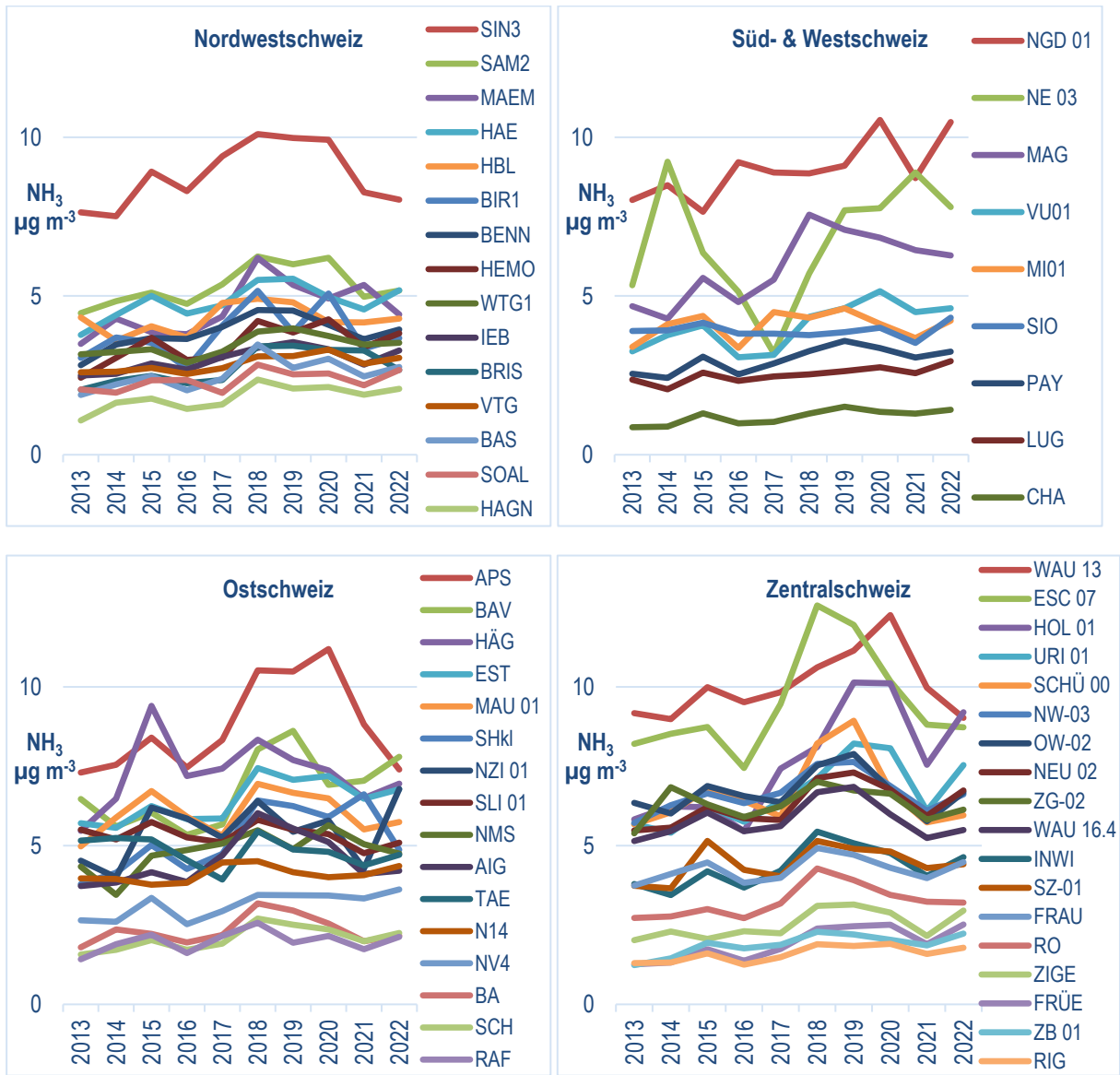


Abb. 8 Standorte seit 2013, Jahresmittelwerte im Verlauf  
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen aller 58 Standorte an denen seit 2013 gemessen wird, aufgeteilt nach geografischen Regionen. Einheit: µg m<sup>-3</sup>

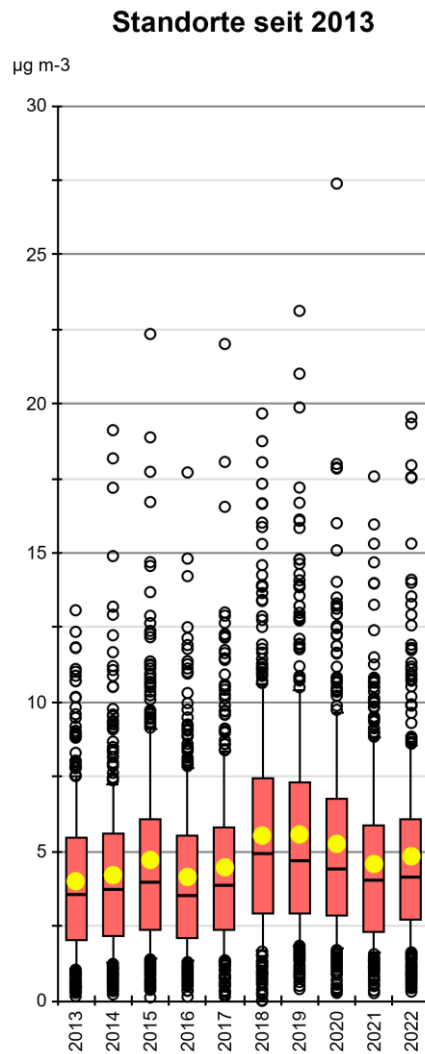


Abb. 9 Standorte mindestens seit 2013, monatliche Konzentrationen als Boxplots  
Die Ammoniak-Konzentrationen der 60 Standorte, an denen während 10 Jahren gemessen wurde. Die jährlichen Boxplots fassen die Monatsmittelwerte zusammen.

## 4.2 Vergleich mit Critical Levels

Die Mehrjahresmittelwerte der Ammoniakimmissionen in oder nahe sensibler Ökosysteme liegender Standorte wurden mit den kritischen Konzentrationen und der entsprechenden Pflanzengesellschaften und Ökosysteme verglichen.

Die Critical Levels für Ammoniak betragen (CLRTAP 2017, Kapitel III):

- NH<sub>3</sub>-Konzentration von 1 µg m<sup>-3</sup> für empfindliche Moose und Flechten sowie Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind
- NH<sub>3</sub>-Konzentration von 3 µg m<sup>-3</sup> für höhere Pflanzen. Aufgrund der Schätz-Unsicherheit wird jedoch ein Bereich von 2–4 µg m<sup>-3</sup> angegeben.

Tab. 10 Ammoniak-Konzentrationen bei empfindlichen Ökosystemen  
 Mehrjahresmittelwerte von nahe bei Hochmooren, Flachmooren, Trockenwiesen oder an Wäldern gelegenen Standorten, verglichen mit den Critical Levels **CLe** für empfindliche Ökosysteme.  
 Werte im Bereich der CLe sind orange, diejenigen oberhalb der CLe sind rot dargestellt.  
 Abstände der Messstellen zu den Ökosystemen und Landwirtschaftsbetrieben sind angegeben.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt/ Land	NH <sub>3</sub> -Konzentration		Abstand zu					direkte Umgebung	
				Mittelwert 2018* - 2022 µg m <sup>-3</sup>	CLe	Hoch- moor m	Flach- moor m	Trocken- wiese m	Wald m	LW- betrieb m		
<b>Hochmoor HM</b>												
15	AEG	Knonau	ZH	2.0		0	0	—	50	180	Hochmoor	
18	ROPF	Pfahlbautenweg	ZH	2.1		0	0	—			Flachmoor, Hochmoor	
21	HUD 0	Hudelmoos 0	TG	2.7	1	0	0	—	10		ländlich, Naturschutzgebiet	
23	GMO	Gänsemoos	BE	2.8		0	—	—	0	214	Hochmoor	
8	FRÜE	Früebüel	ZG	2.4		50	—	—	80		Wiesen, Hoch- & Flachmoorrand	
7	ZB 01	Zugerberg 1	ZG	2.1		80	—	—	50		Weide, Hochmoorrand	
<b>Flachmoor FM</b>												
5	AIB	Brülisau	AI	1.9		—	0	1480	120	404	Flachmoor/Waldnah	
24	VTG	Gwatt	BE	3.1		—	0	—			Flachmoor, auf Turm im Schilf, Seeufer	
48	KIT	Kirchberg	SG	5.2		—	0	—	330		Flachmoor	
84	NET	Neerach	ZH	2.6		—	0	—		433	Flachmoor	
6	GAK	Gais	AR	2.1		320	0	—	200	230	Flachmoor/Hochm./Waldnah	
47	RR1	Rugell	FL	5.1			0				Flachmoor	
10	ZIGE	Zigerhüttli	ZG	2.8	2 - 4	720	5	—	190		Flachmoor, Naturschutzgebiet	
59	WAU 16	Wauwil 16	LU	6.0		—	10	—			Flachmoor, extensives Wiesland	
63	NRB	Bilten	GL	6.8		—	20	—			Wiesen, Flachmoor, ARA	
83	OSD	Ossingen	ZH	1.9		—	40	—	60	510	Flachmoor	
74	ALB	Altsätten	SG	8.1		—	60	—		500	Flachmoor, Wiesen, Äcker	
46	AIG	Gonten	AI	5.0		190	70	—	380	453	Hoch- und Flachmoor, Golfplatz	
58	ZUZ	Zuzwil	SG	6.0		—	80	—	300	308	Flachmoor	
<b>Trockenwiese</b>												
3	RAN	Merishausen Hagent	SH	1.5		—	—	0	10		Trockenwiese, Waldlichtung, Hagenturn	
12	NTW	Trimmis	GR	1.7	2 - 4	—	—	0	120		Trockenwiese und -weide	
14	WIH	Winterthur	ZH	1.9		—	—	0	70		Trockenwiese/Wald	
1	TRS	Triesenberg	FL	0.8		—	—	90	170		Wiese/Waldnah	
<b>Waldrand</b>												
13	SARE	Sagno Reservoir	TI	1.8		—	—	—	7		Trinkwasserfassung, Waldlichtung	
16	TAB	Turbenthal	ZH	2.1		—	—	180	15	430	Mischwald, Trockenwiese	
53	GEF	Gelfingen	LU	5.5		—	—	—	18		Wiesen, Wald	
20	SCH	Schänis	SG	2.4		—	—	—	25		Waldlichtung, Weide	
75	HOL 01	Holderhus 1	LU	9.0		—	—	—	30	85	Obstkultur, Wiese, Wald, Graswirtschaft	
19	WBM	Mollis	GL	2.2	2 - 4	—	250	—	35		Weiden, Wald	
22	IMM	Immenberg	TG	2.8		—	—	280	60	197	Trockenw./S-Wald	
91	BAS	Basel-Binningen	BL	2.9		—	—	780	65		Parkanlage, Schrebergärten	
11	AIO	Oberegg	AI	3.2		—	—	—	75	90	Wiesland	
76	SIN3	Freiamt 3	AG	9.3		—	—	—	75	120	Wiesen, Weiden	
9	BA	Bachtel	ZH	2.6		—	—	—	80	140	Wiesen, Weiden, Graswirtschaft	
39	FRAU	Kloster Frauental	ZG	4.5		—	140	—	80		Wiesen, Weiden	

\* wo vorhanden

Sechs Standorte des Messnetzes befinden sich in oder maximal 80 m von **Hochmooren** entfernt (Tabelle 10). Mit Mehrjahresmittelwerten von 2.1 bis 2.8  $\mu\text{g m}^{-3}$  wird an diesen Standorten der Critical Level für Ammoniak von 1  $\mu\text{g m}^{-3}$  für dieses empfindliche Ökosystem überall deutlich überschritten.

Von 13 Standorten an **Flachmooren** liegen die gemessenen Ammoniakkonzentrationen nur bei zwei Standorten unterhalb des Unsicherheitsbereichs des Critical Levels für höhere Pflanzen, bei vier Standorten im Unsicherheitsbereich, bei den anderen sieben Standorten deutlich über diesem Bereich.

Die vier Standorte auf oder nahe von **Trockenwiesen** liegen unter dem Critical Level für höhere Pflanzen.

Von 13 **waldnahen Standorten** (innerhalb 80 m vom Waldrand) bleiben ein Standort unter dem Critical Level für höhere Pflanzen, acht Standorte erreichen den Unsicherheitsbereich des Critical Levels für höhere Pflanzen von 2–4  $\mu\text{g m}^{-3}$ , an vier Standorten wird der Critical Level teilweise deutlich überschritten.

Grosse Teile der landwirtschaftlichen Flächen in der Schweiz grenzen an empfindliche Ökosysteme, vor allem an Wald.

### 4.3 Vergleich mit Emissionsentwicklung

Die Schweiz rapportiert ihre jährlichen Luftschadstoffemissionen im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention und als Mitglied der Europäischen Umweltagentur (EUA) (FOEN 2023)<sup>5</sup>. Die Ammoniakemissionen der Schweiz 1990-2020 sind in Kupper et al. 2022 detailliert beschrieben. Bei Ammoniak ist die Landwirtschaft der Hauptemittent (Tabelle 11).

Tab. 11 NH<sub>3</sub>-Emissionen der Schweiz zwischen 2000 und 2021  
Für die Quellengruppe Landwirtschaft und die Summe aller Quellengruppen (FOEN 2023)  
In blau gekennzeichnet: Bezugsjahr für Vergleich Emission und Immission.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Landwirtschaft ktNH <sub>3</sub>	55	55	54	53	53	54	54	55	55	53	53	52	52	52	52	52	52	52	51	50	50	51
total ktNH <sub>3</sub>	62	62	61	60	59	60	60	60	60	58	58	57	56	55	56	55	55	55	54	54	53	54
Anteil Landwirtschaft %	88	89	89	89	89	90	91	91	91	91	92	92	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94

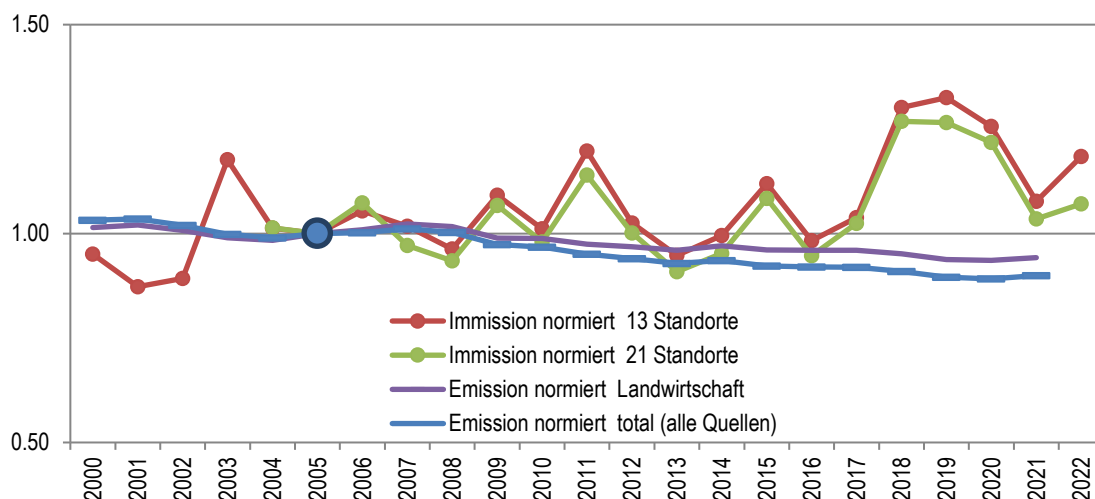


Abb. 10 Vergleich der Entwicklung von Emissionen und Immissionen, alle normiert auf das Jahr 2005.  
Die Emissionen (Summe aller Quellengruppen sowie Quelle Landwirtschaft) und die Mittelwerte der Immissionen der 13 bzw. 19 Standorte wurden auf das Bezugsjahr 2005 normiert.

Die Mittelwerte der Immissionen der 13 seit 2000 resp. der 19 seit 2004 gemessenen Standorte werden mit den Ammoniakemissionen verglichen. Dazu wird 2005 als Bezugsjahr festgelegt und alle Werte relativ zum Wert dieses Jahres angegeben (Abb. 10).

Gemäss Emissionsinventar 2023 haben die landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen zwischen 2000 und 2021 um 7 % und die gesamten schweizerischen NH<sub>3</sub>-Emissionen um 13 % abgenommen. Eine Reduktion der Ammoniakimmissionen kann in diesem Zeitraum

<sup>5</sup> "Emissionsdaten basieren auf Erhebungen, Annahmen und komplexen Modellrechnungen. Diese sind naturgemäß mit zum Teil grossen Unsicherheiten verbunden, was bei der Verwendung der Daten und bei deren Interpretation zu berücksichtigen ist. Viele Bereiche werden bei Methodenänderungen auch rückwirkend aktualisiert, sodass auch Daten aus früheren Jahren nicht als definitiv betrachtet werden können."  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/emissionsinformationssystem-der-schweiz-emis.html>

allerdings nicht beobachtet werden. Während der Einfluss der Witterung bei den Immissionsmessungen gut beobachtet werden kann (vgl. warme Jahre 2003, 2011, 2015, 2018-2020 und 2022), wird die Witterung eines spezifischen Jahres bei den Emissionsberechnungen nicht berücksichtigt.

#### 4.4 Berechnung von Konzentrationskarten

Meteotest hat im Auftrag des BAFU die Ammoniakemissionen und -konzentrationen flächendeckend für die Schweiz modelliert (Thöni et al. 2004, Rihm und Achermann 2016, Rihm & Künzle 2023). Dazu wurden die Emissionen in den Jahren 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 und 2020 auf dem Hektarraster berechnet und daraus mithilfe eines statistischen Ausbreitungsmodelles Konzentrationskarten erstellt. Die Modellierung basiert auf gesamtschweizerisch vorhandenen Datensätzen wie der landwirtschaftlichen Betriebszählung und der Arealstatistik des BFS, Gemeindegebiete und Topografie von swisstopo sowie Hofdüngerflüsse und Sömmerungsbetriebe des BLW. Anschliessend wurde durch Vergleich der modellierten Konzentrationen mit den gemessenen Konzentrationen eine höhenabhängige Kalibrierungsfunktion ermittelt und zur Anpassung der Konzentrationskarten an die gemessenen Werte verwendet (Rihm & Künzle 2023).

Abbildung 11 zeigt einen Vergleich der so modellierten Ammoniakkonzentrationen mit den gemessenen Mittelwerten der Jahre 2000–2004, 2003–2007, 2008–2012, und 2013–2017 und 2018–2021. Die modellierten Werte stimmen gut mit den gemessenen Konzentrationen überein ( $R^2=0.84, 0.77, 0.48, \text{ resp. } 0.68 \text{ resp. } 0.63$ ), was natürlich auch eine Folge der verwendeten Kalibrierungsfunktion ist. Messstandorte wurden nicht in die Regression einbezogen, wenn ihr Abstand zu Ställen weniger als 150 m beträgt oder wenn der Stallstandort aus der Betriebszählung des BFS offensichtlich stark vom tatsächlichen Stallstandort abweicht (Abb. 11, rote Punkte).

Die Streuung zwischen den mit Passivsammlern für einen bestimmten Punkt ermittelten Konzentrationen und den Modellresultaten können hauptsächlich mit eingeschränkten räumlichen Informationen zu den stationären landwirtschaftlichen Quellen (Ställe, Hofdüngerlager) und Vereinfachungen bei der Ausbreitungsberechnung erklärt werden. Die hohe Anzahl von Messstandorten ermöglicht jedoch eine zuverlässige Schätzung der räumlichen Konzentrationsverteilung.

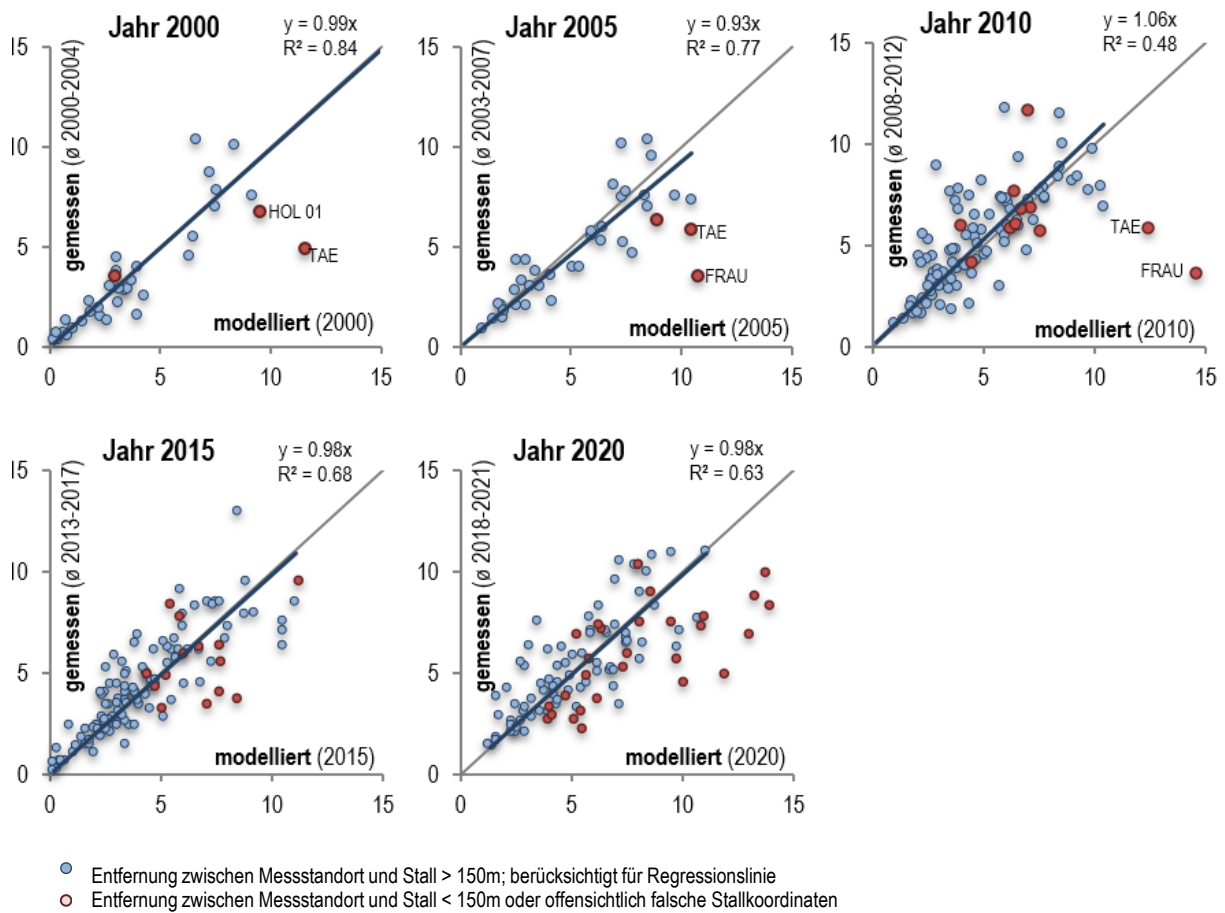


Abb. 11 Vergleich modellierter mit gemessenen NH<sub>3</sub>-Konzentrationen, Jahre 2000 resp. 2000–2004, 2005 resp. 2003–2007, 2010 resp. 2008–2012, 2015 resp. 2013–2017 und 2020 resp. 2018–2021  
 Die Trendlinien beziehen sich nur auf Standorte > 150 m entfernt von landwirtschaftlichen Betrieben, nicht auf Türmen und ausserhalb des Waldes (blaue Punkte).  
 Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$

## 4.5 Zeitreihen der einzelnen Standorte

In den folgenden Abbildungen werden die Ammoniakkonzentrationen der einzelnen Standorte als jährliche Boxplots dargestellt (je aus den 12 Monatsmittelwerten berechnet), einerseits um den Vergleich unter den Standorten besser sichtbar zu machen, andererseits um die Entwicklung über diese 23 Jahre aufzuzeigen. Berücksichtigt wurden die 94 Standorte, an denen im Jahr 2022 und mindestens ein weiteres Jahr gemessen wurde. Innerhalb räumlich verdichteter Messnetze wurde jeweils ein repräsentativer Standort ausgewählt. Die Reihenfolge entspricht weitgehend jener der Tabelle 1. Eine Erklärung der Symbole in den Boxplots findet sich in Abschnitt 3.6.2.

**Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration <1 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildung 12 zeigt einen höher gelegenen Standort mit Jahresmittelwerten unter 1 µg m<sup>-3</sup>.

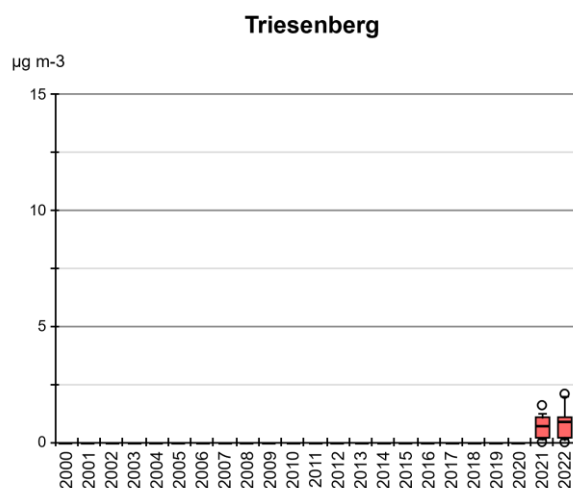


Abb. 12 Ammoniakkonzentration von TRS  
Monatsmittelwerte von Triesenberg (FL) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildungen 13 und 14 zeigen die 7 höher gelegenen Standorte in Wiesen- und Weidegebieten mit Jahresmittelwerten zwischen 1 und 3 µg m<sup>-3</sup>.



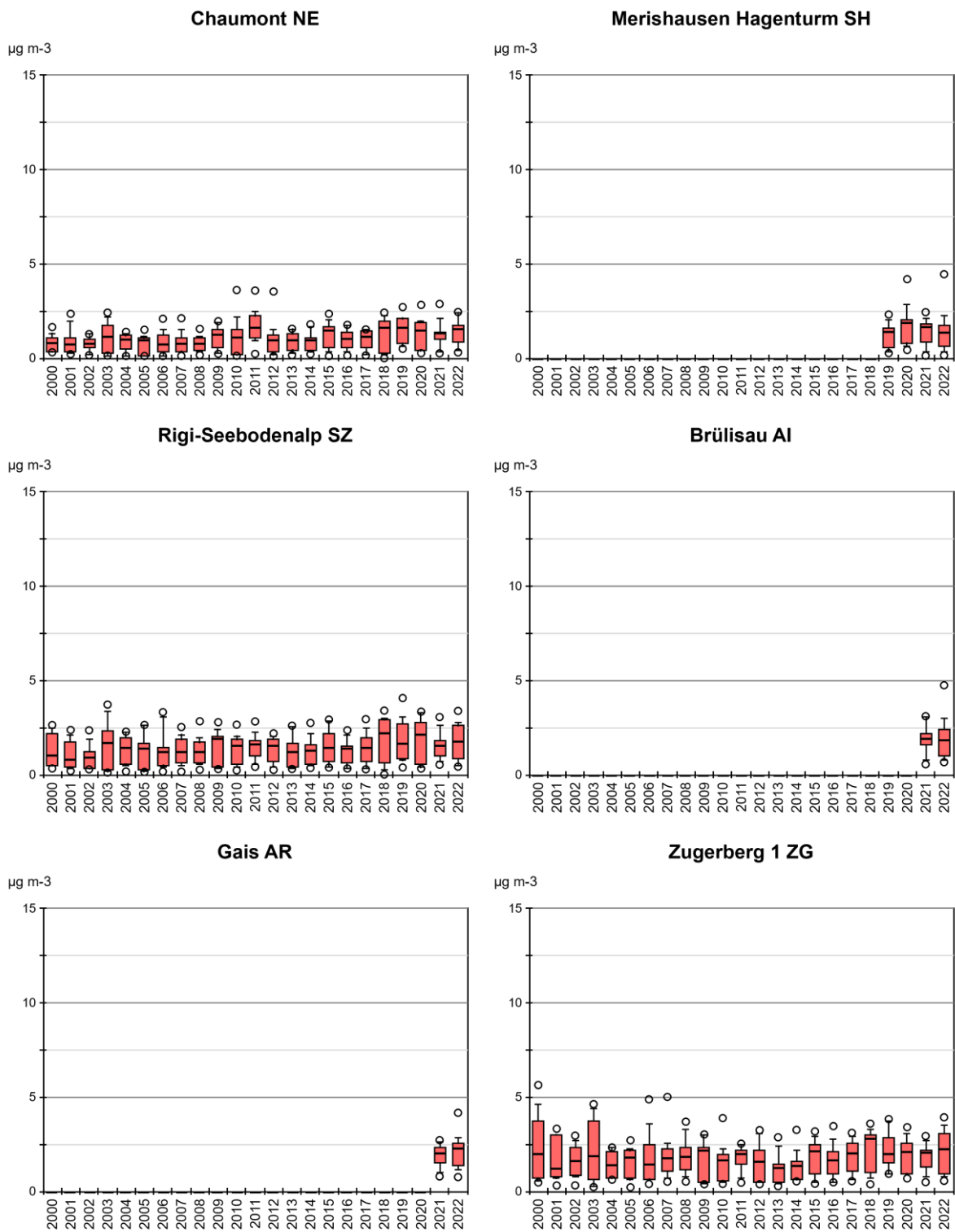


Abb. 13 Ammoniakkonzentration von CHA, RAN, RIG, AIB, GAK, ZB 01  
 Monatsmittelwerte von Chaumont (NE), Merishausen Hagenturm (SH), Rigi-Seebodenalp (SZ), Brülisau (AI), Gais (AR),  
 Zugerberg 1 (ZG) als Boxplots dargestellt.

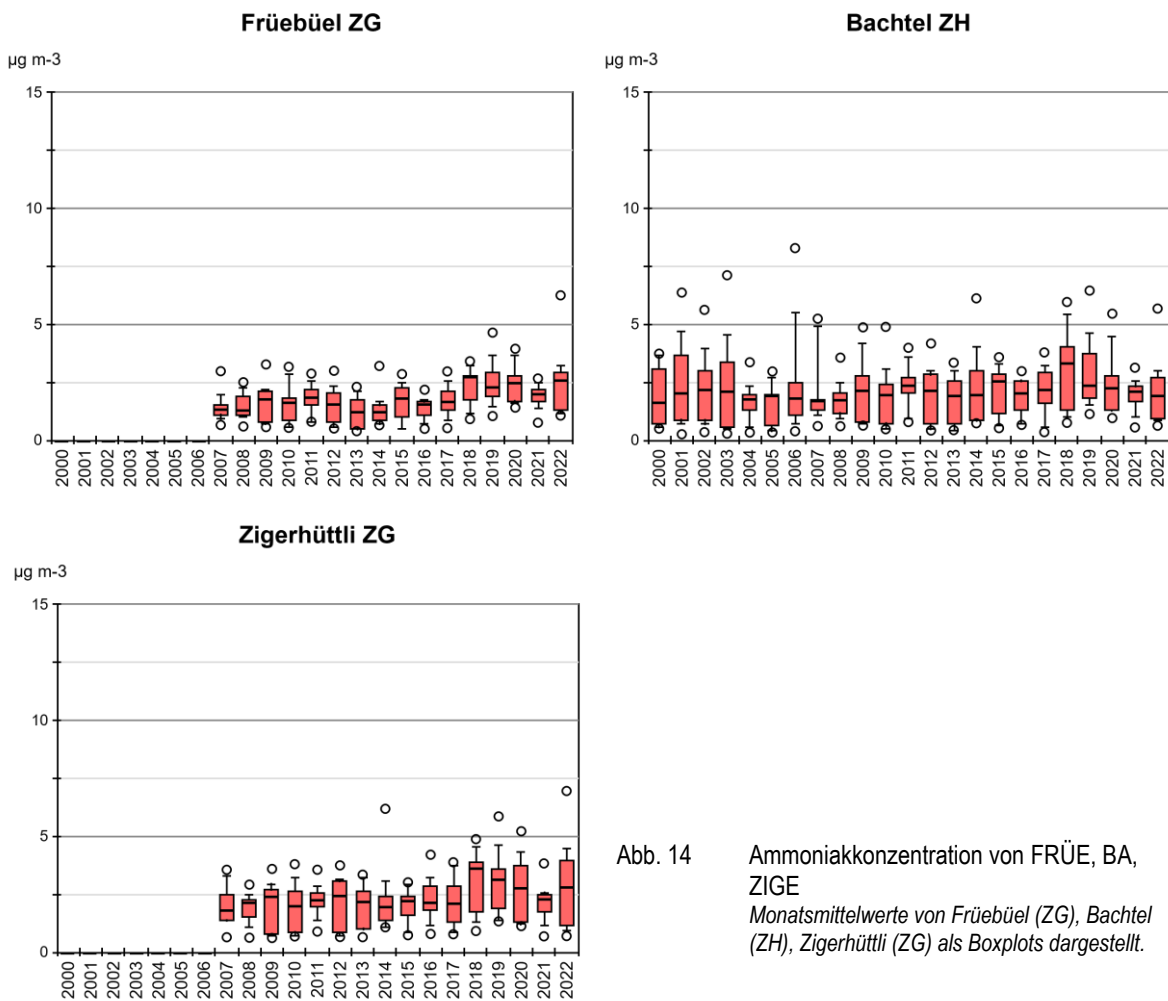


Abb. 14 Ammoniakkonzentration von FRÜE, BA, ZIGE  
 Monatsmittelwerte von Frübüel (ZG), Bachtel (ZH), Zigerhüttli (ZG) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 3–5 µg m<sup>-3</sup>

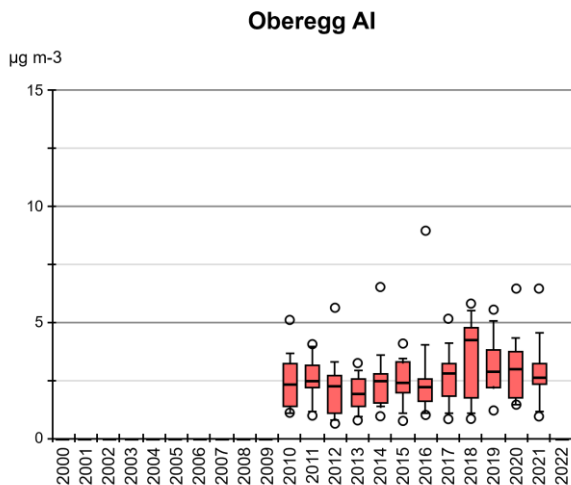


Abbildung 15 zeigt den höher gelegenen Standort Oberegg mit Jahresmittelwerten zwischen 3 und 5 µg m<sup>-3</sup>. Bei einer Standortverschiebung in Oberegg kam es zu Messausfall, deshalb wurden 2022 keine Boxplots berechnet.

Abb. 15 Ammoniakkonzentration von AIO  
 Monatsmittelwerte von Oberegg (AI) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>

Abbildungen 16 bis 18 zeigen die ländlich gelegenen Standorte unterhalb 900 m ü. M. mit den tiefsten Ammoniak-Immissionen.

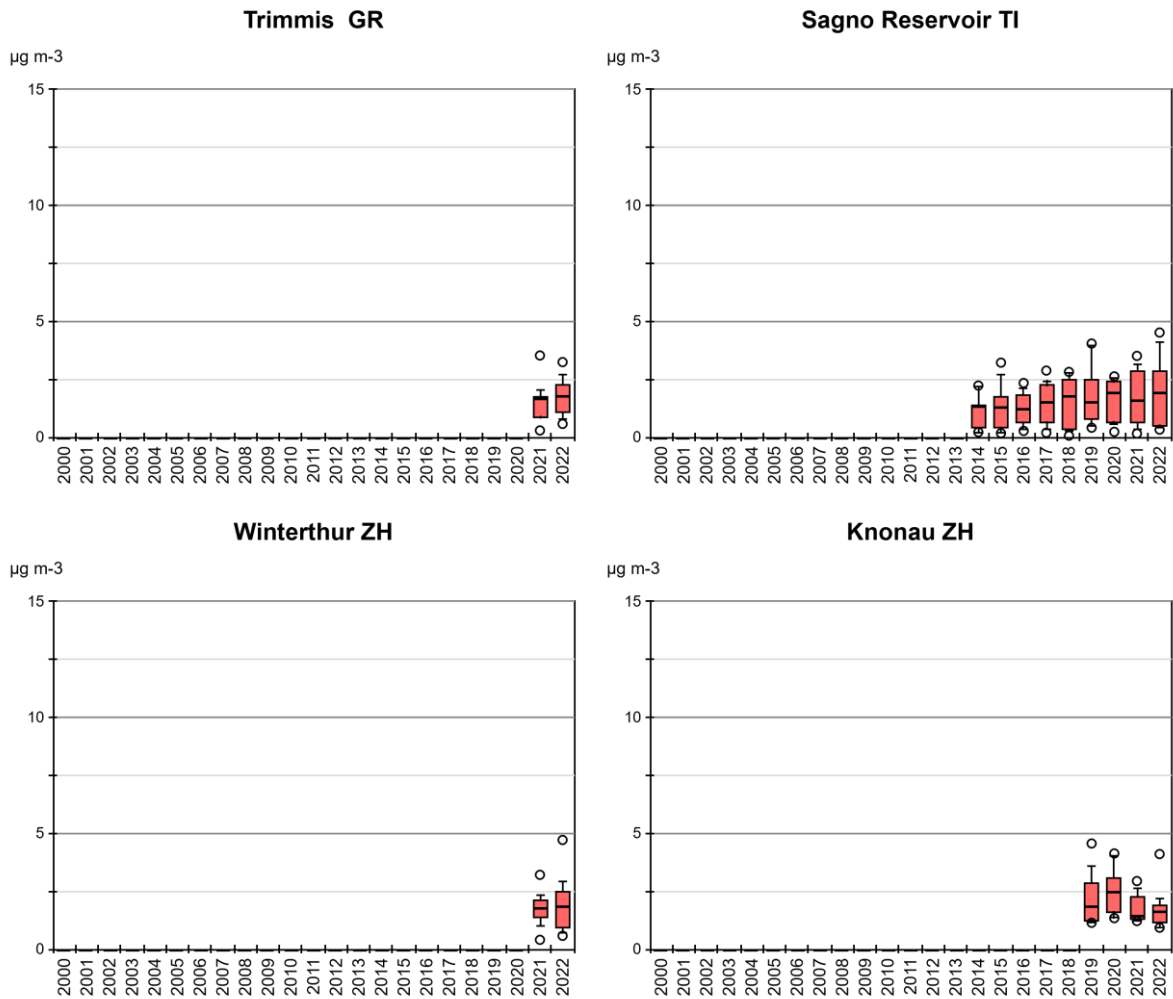


Abb. 16 Ammoniakkonzentration von NTW, SARE, WIH, AEG Monatsmittelwerte von Trimmis (GR), Sagno Reservoir (TI), Winterthur (ZH), Knonau (ZH) als Boxplots dargestellt.

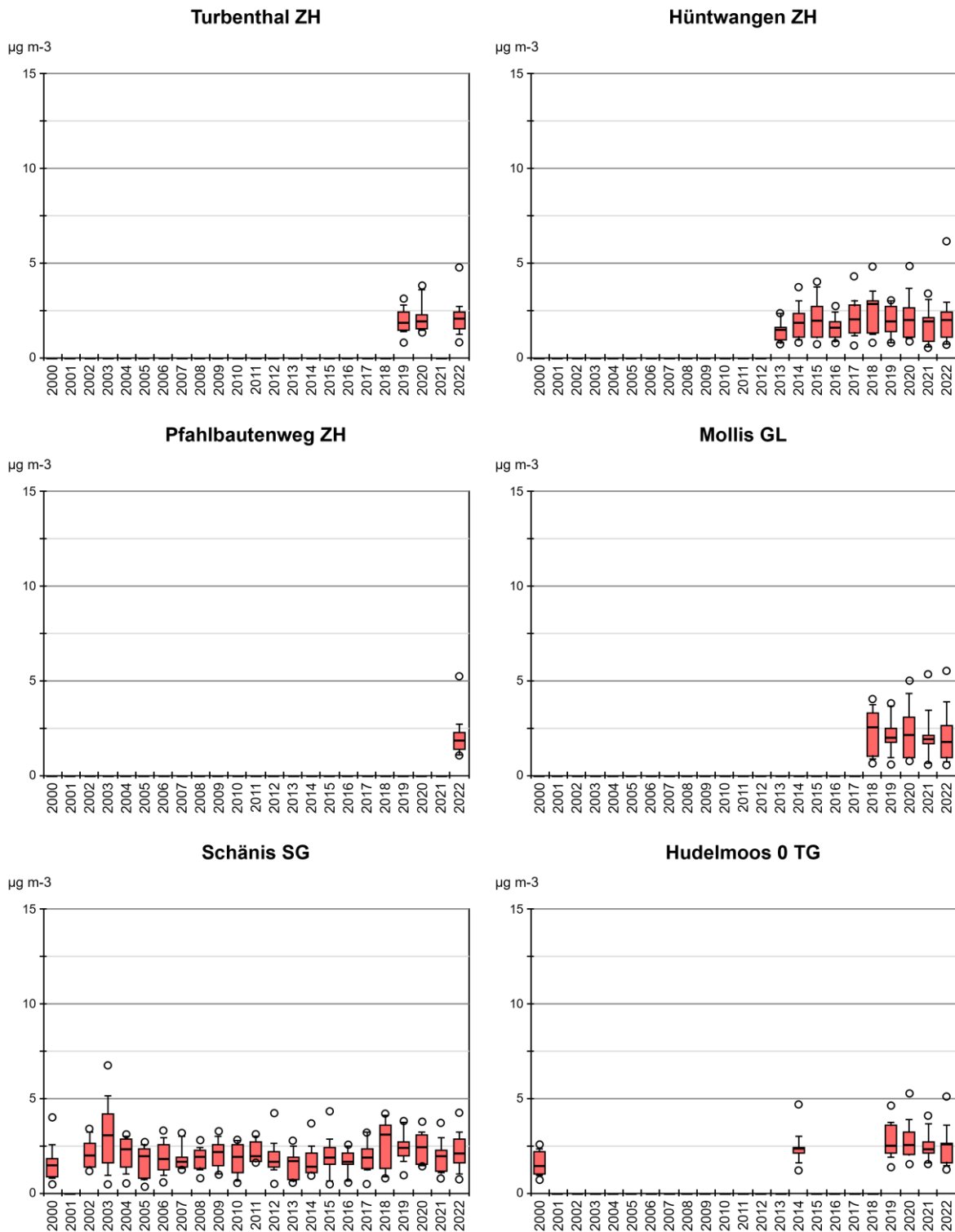


Abb. 17 Ammoniakkonzentration von TAB, RAF, ROPF, WBM, SCH, HUD 0, Monatsmittelwerte von Turbenthal (ZH), Hüntwangen (ZH), Pfahlbautenweg (ZH), Mollis (GL), Schänis (SG), Hudelmoos 0 (TG) als Boxplots dargestellt.

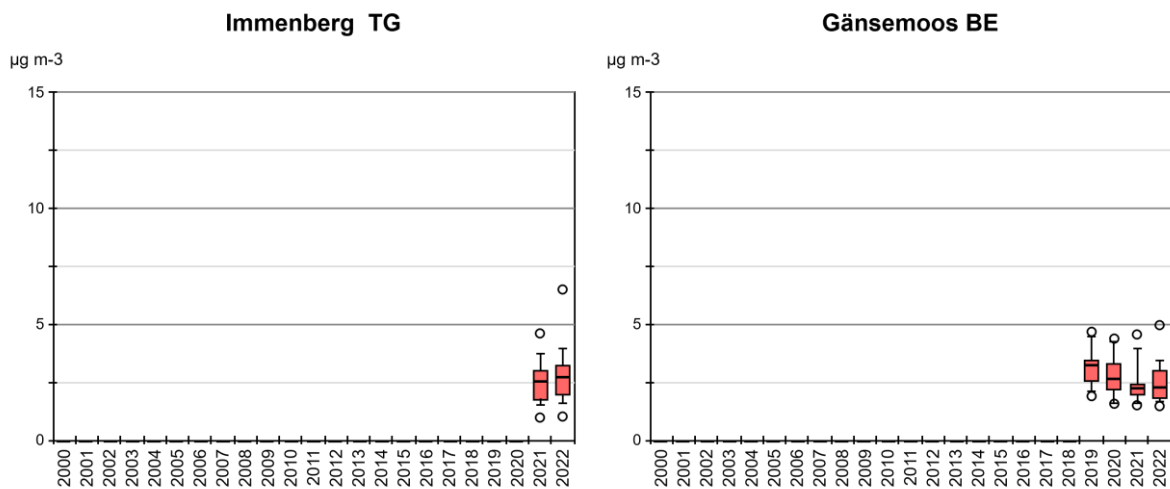


Abb. 18 Ammoniakkonzentration von IMM, GMO  
Monatsmittelwerte von Immenberg (TG), Gänsemoos (BE) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 3–5 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildungen 19 bis 23 zeigen die 23 unter 900 m gelegenen ländlichen Standorte mit einem Jahresmittelwert im Bereich von 3 bis 5 µg m<sup>-3</sup>.

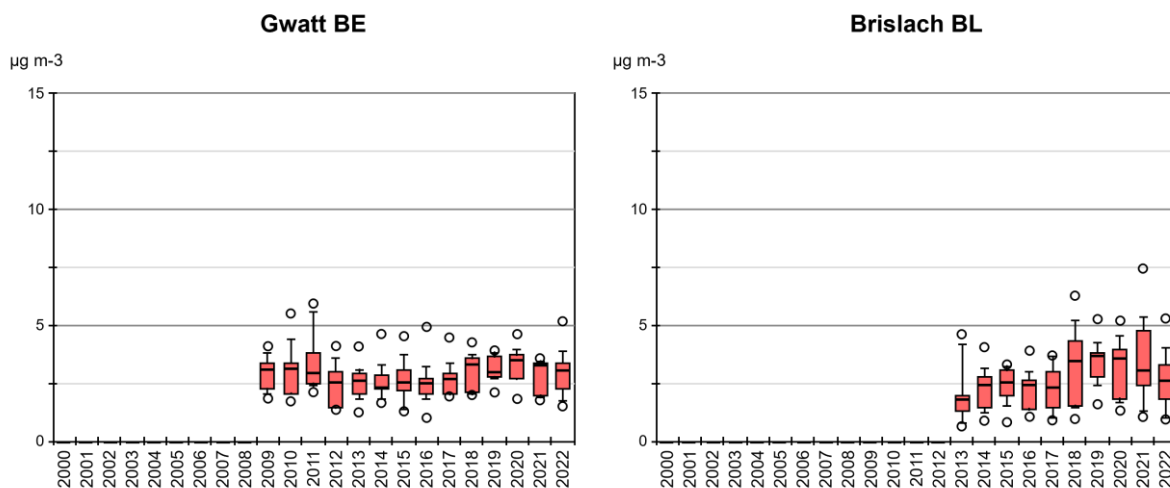


Abb.19 Ammoniakkonzentration von VTG, BRIS  
Monatsmittelwerte von Gwatt (BE), Brislach (BL) als Boxplots dargestellt.

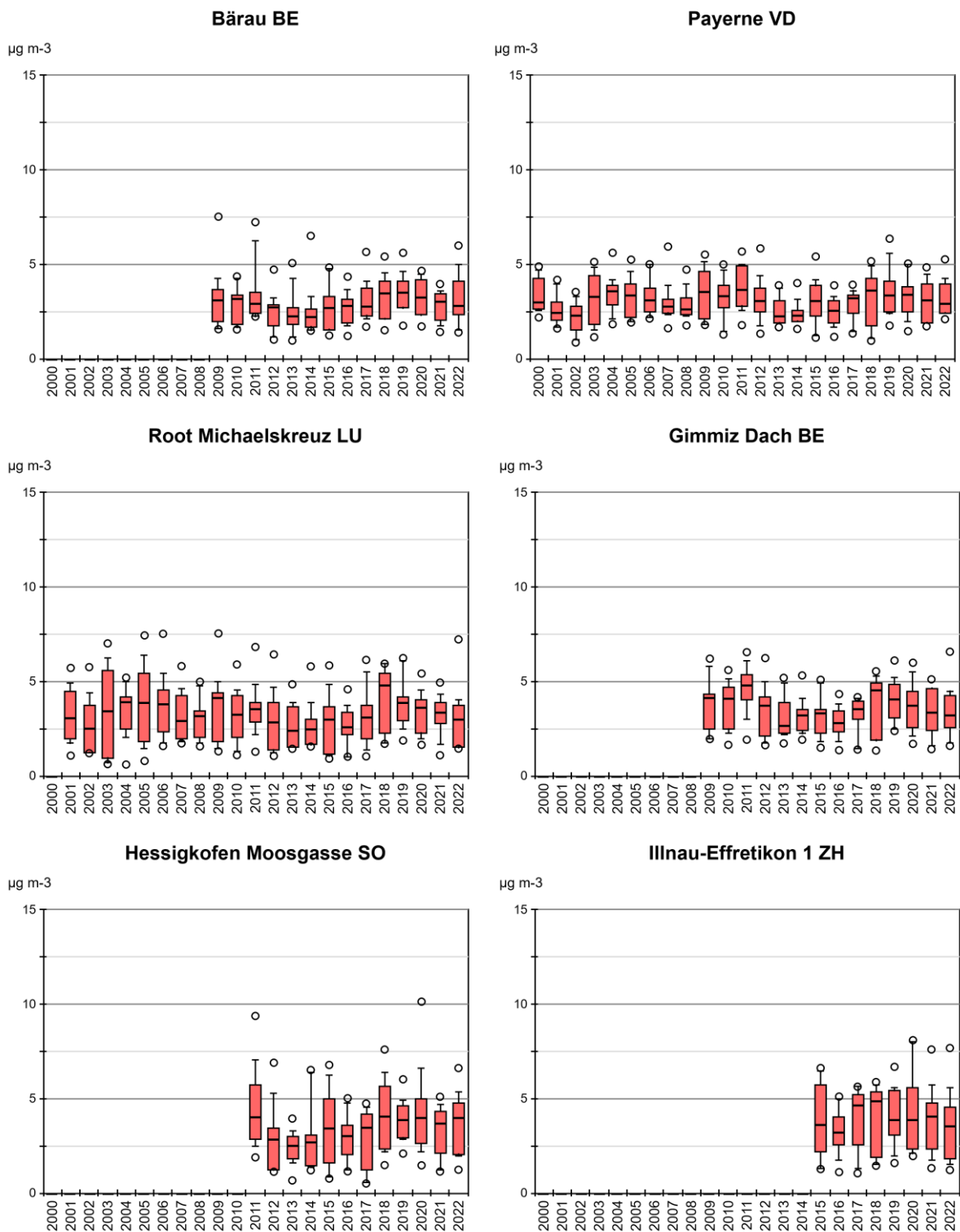


Abb. 20 Ammoniakkonzentration von IEB, PAY, RO, WTG1, HEMO, ILN 01  
 Monatsmittelwerte von Bärau (BE), Payerne (VD), Root Michaelskreuz (LU), Gimmiz Dach (BE), Hessigkofen Moosgasse (SO), Illnau-Effretikon 1 (ZH) als Boxplots dargestellt.

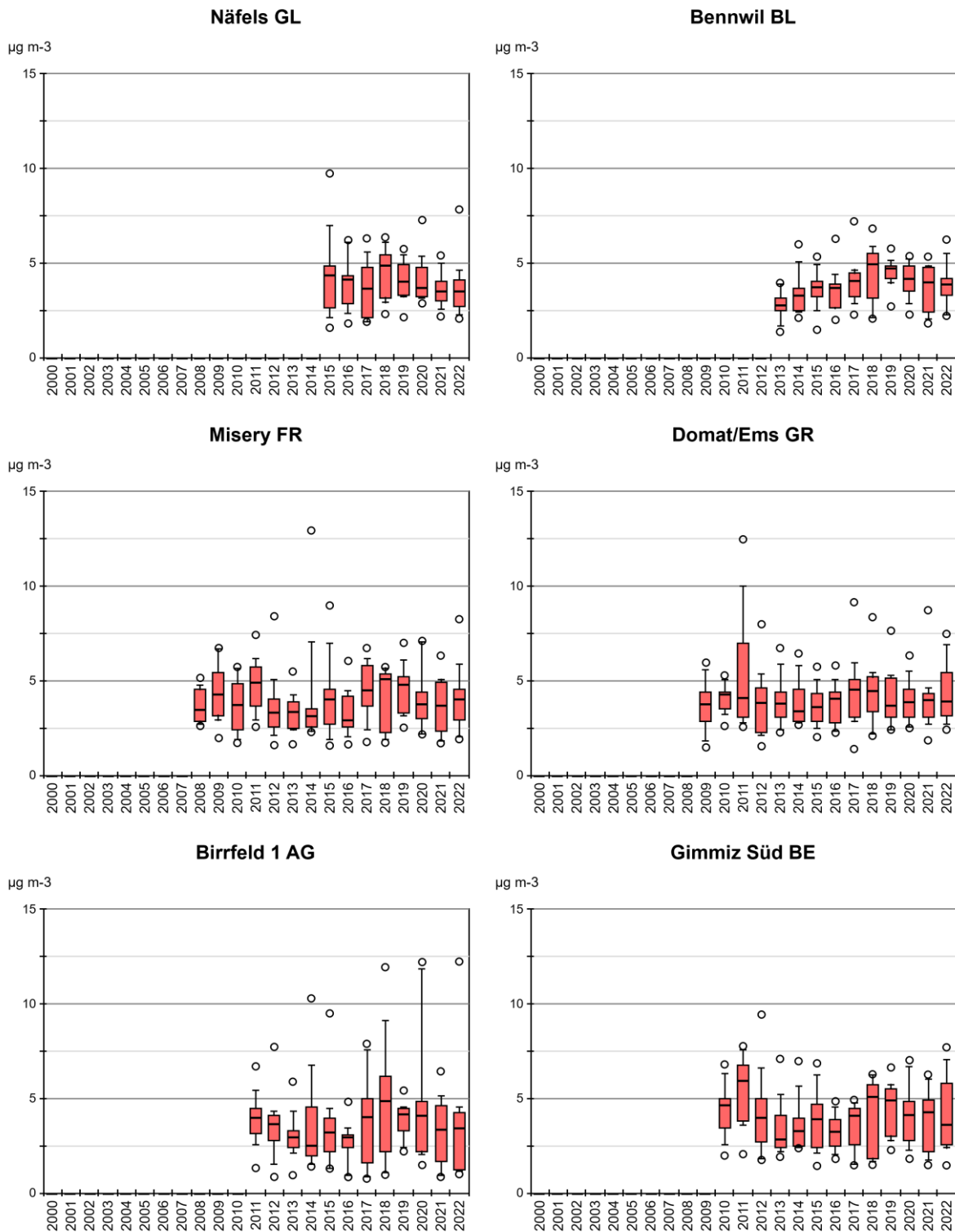


Abb. 21 Ammoniakkonzentration von DEB, BENN, MI01, N14, BIR1, WTGS  
 Monatsmittelwerte von Näfels (GL), Bennwil (BL), Misery (FR), Domat/Ems (GR), Birrfeld 1 (AG), Gimmiz Süd (BE) als  
 Boxplots dargestellt.

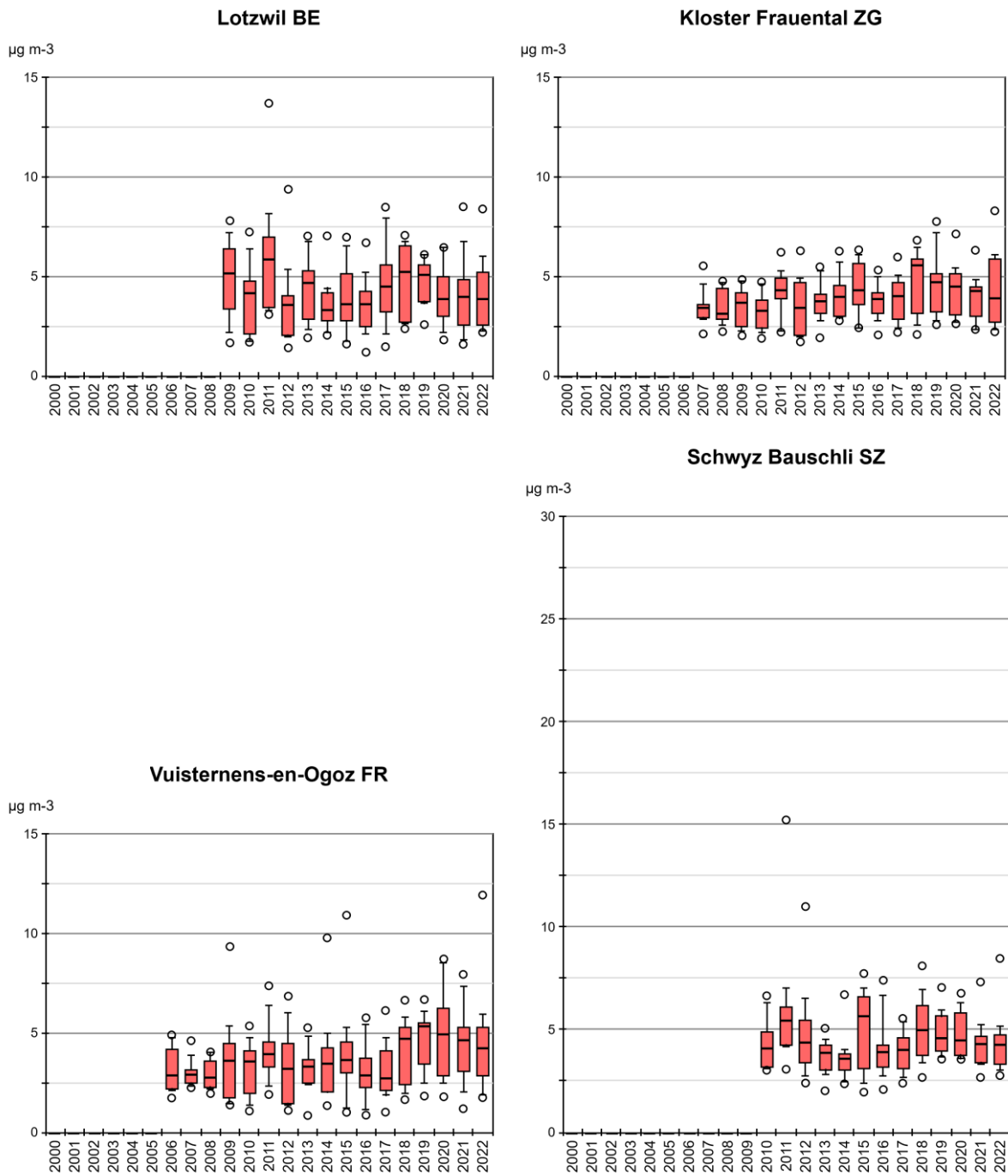


Abb. 22 Ammoniakkonzentration von HBL, FRAU, VU01, SZ-01  
 Monatsmittelwerte von Lotzwil (BE), Kloster Frauental (ZG), Vuisternens-en-Ogoz (FR), Schwyz Bauschli (SZ) als Boxplots dargestellt.



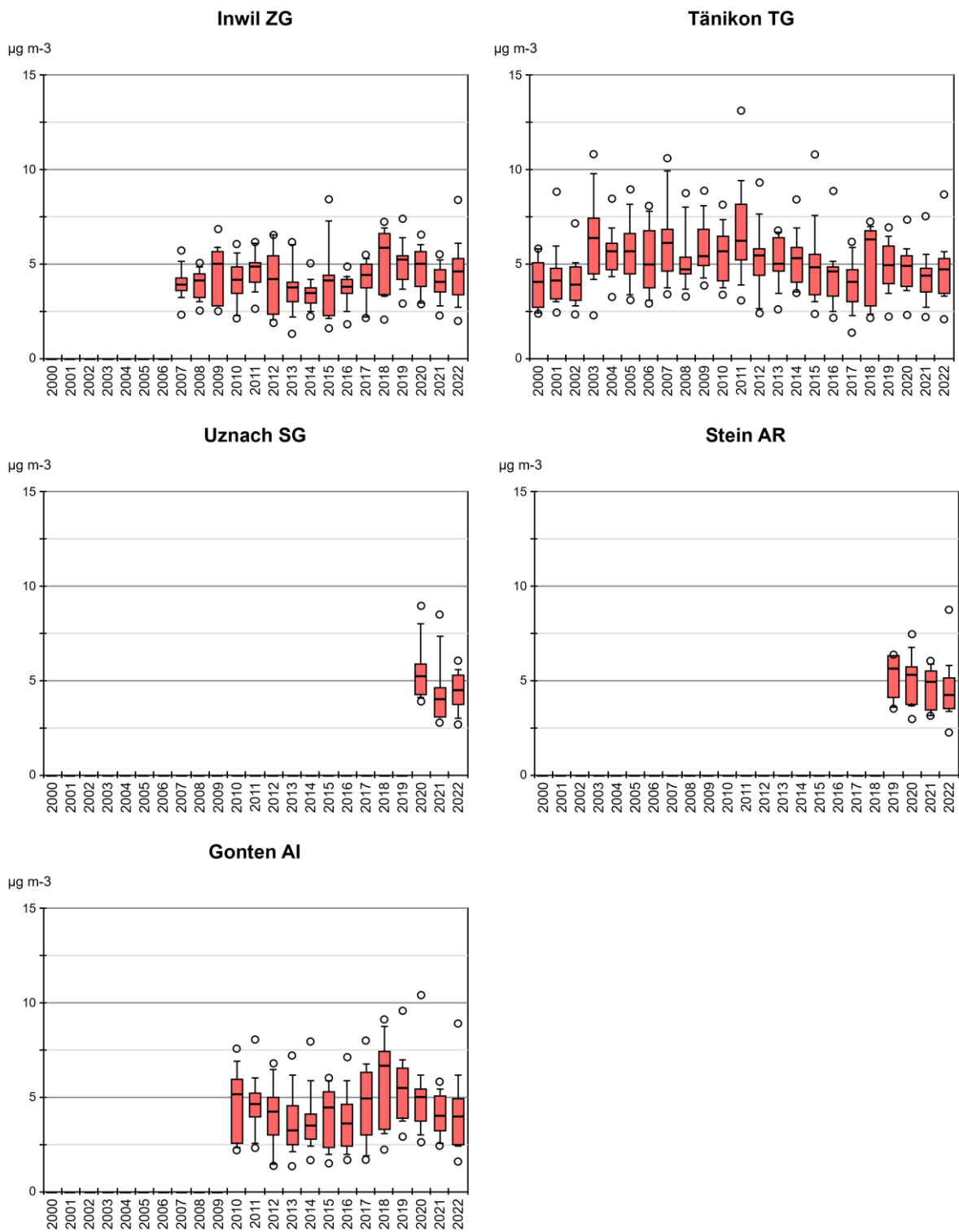


Abb. 23 Ammoniakkonzentration von INWI, TAE, KBR, SSH, AIG  
 Monatsmittelwerte von Inwil (ZG), Tänikon (TG), Uznach (SG), Stein (AR), Gonten (AI) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 5–8 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildungen 24 bis 30 zeigen die 27 landwirtschaftlich geprägten Standorte mit höheren Immissionen von 5 – 8 µg m<sup>-3</sup>.

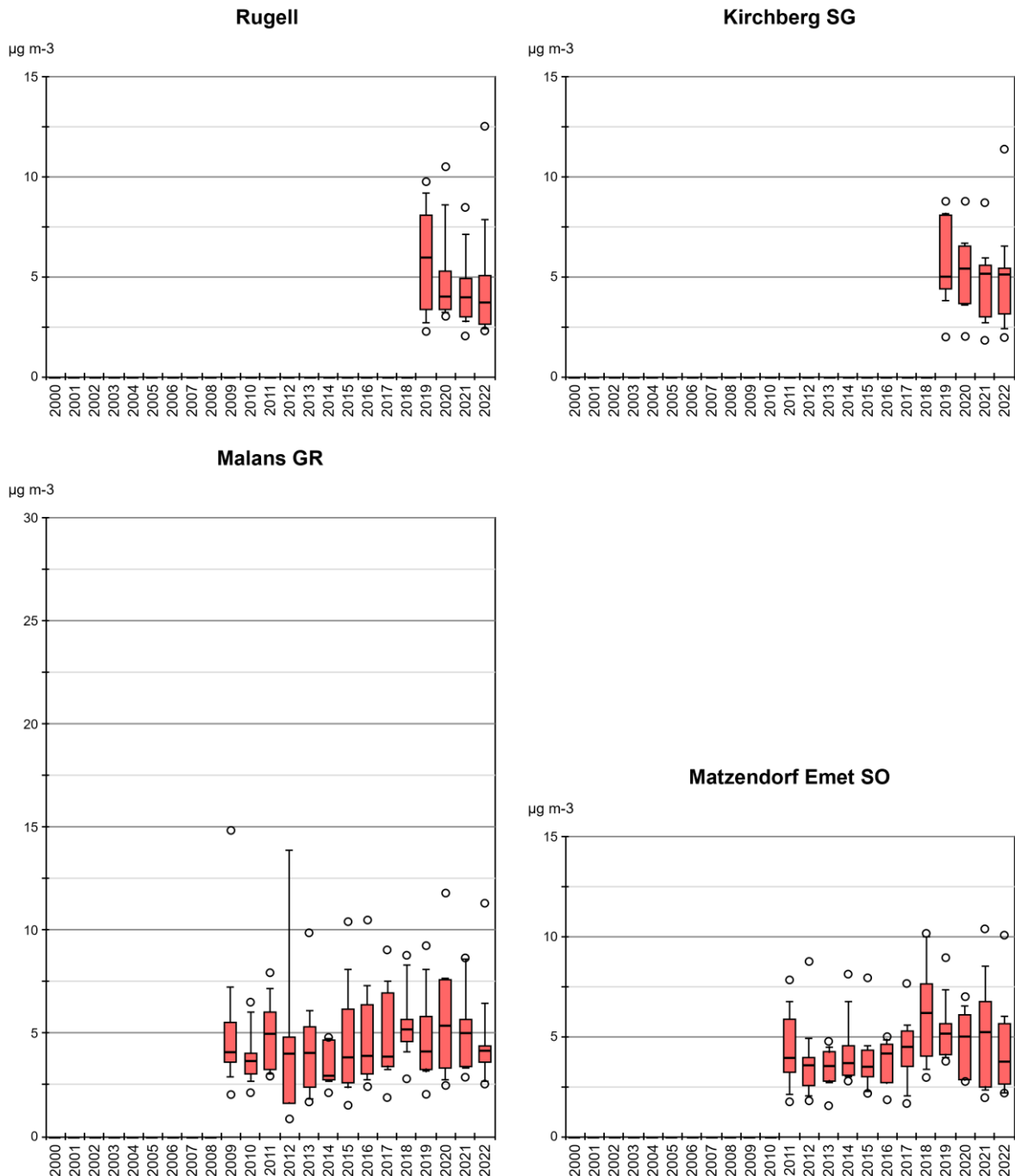


Abb. 24 Ammoniakkonzentration von RRI, KIT, NMS, MAEM Monatsmittelwerte von Rugell (FL), Kirchberg (SG), Malans (GR), Matzendorf Emet (SO) als Boxplots dargestellt.

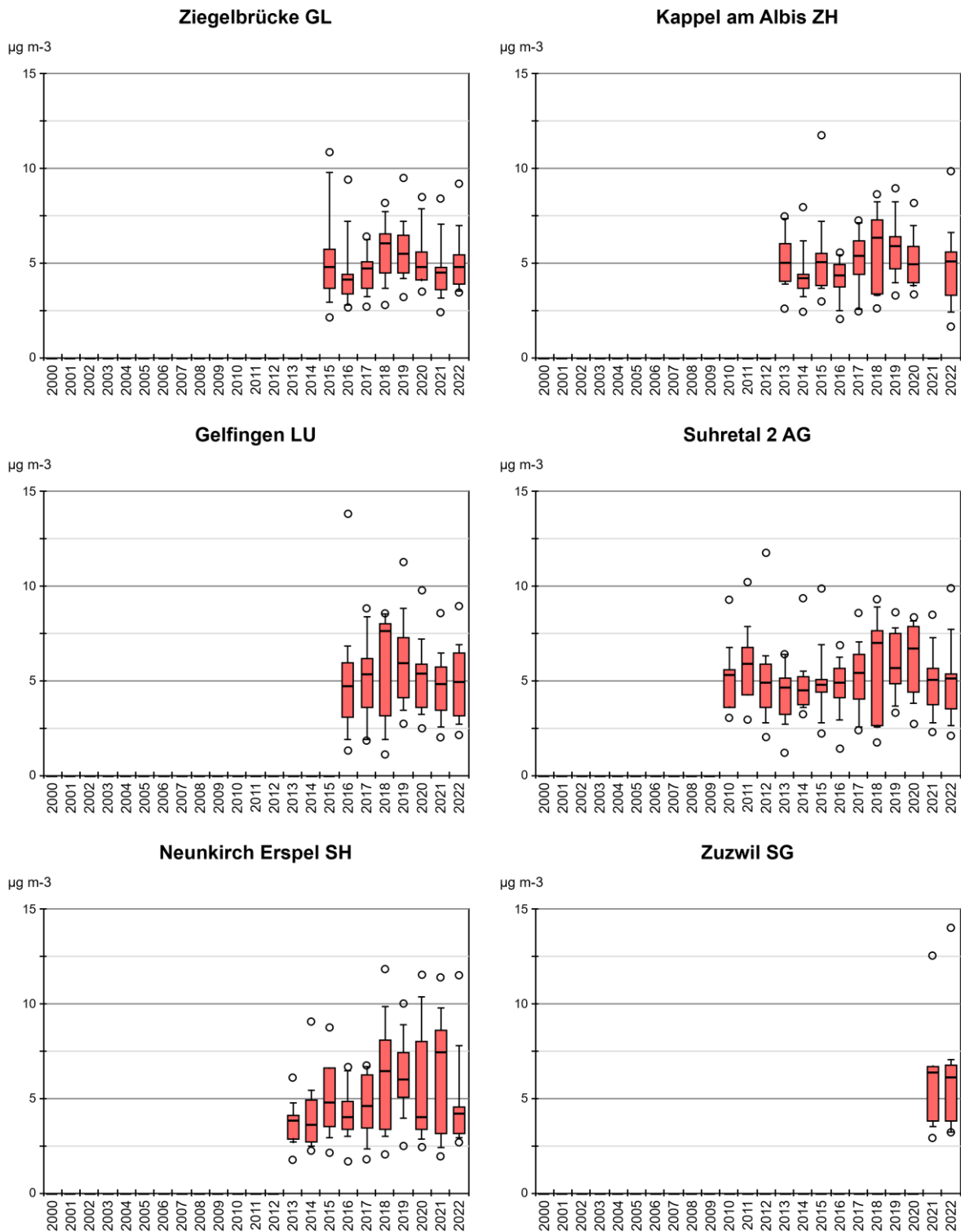


Abb. 25 Ammoniakkonzentration von BSZ, KAP, GEF, SAM2, SHkl, ZUZ  
 Monatsmittelwerte von Ziegelbrücke (GL), Kappel am Albis (ZH), Gelfingen (LU), Suhretal 2 (AG), Neunkirch Erspel (SH),  
 Zuzwil (SG) als Boxplots dargestellt.

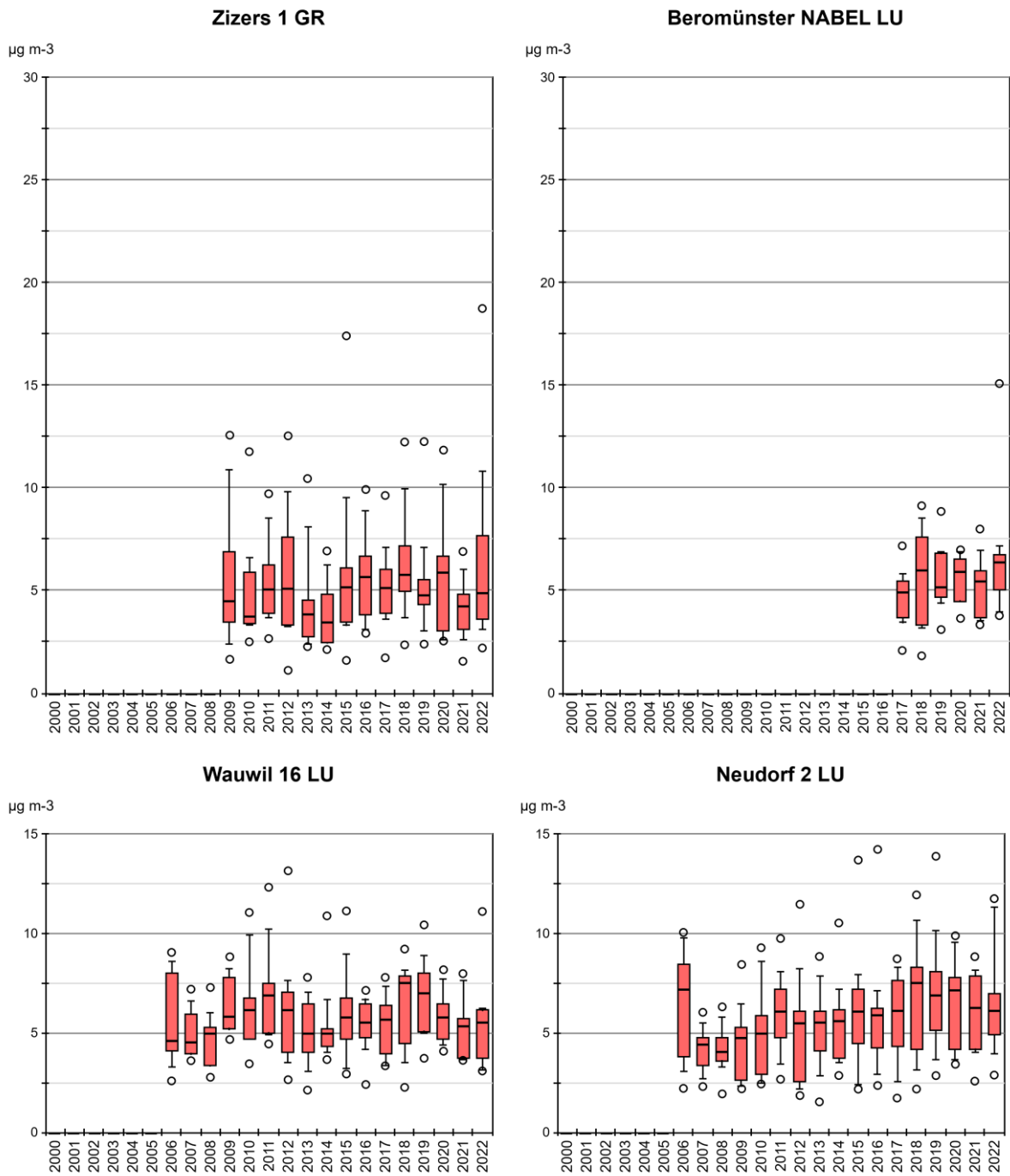


Abb. 26 Ammoniakkonzentration von NZI 01, BRM, WAU 16.4, NEU 02  
 Monatsmittelwerte von Zizers 1 (GR), Beromünster NABEL (LU), Wauwil 16 (LU), Neudorf 2 (LU) als Boxplots dargestellt.

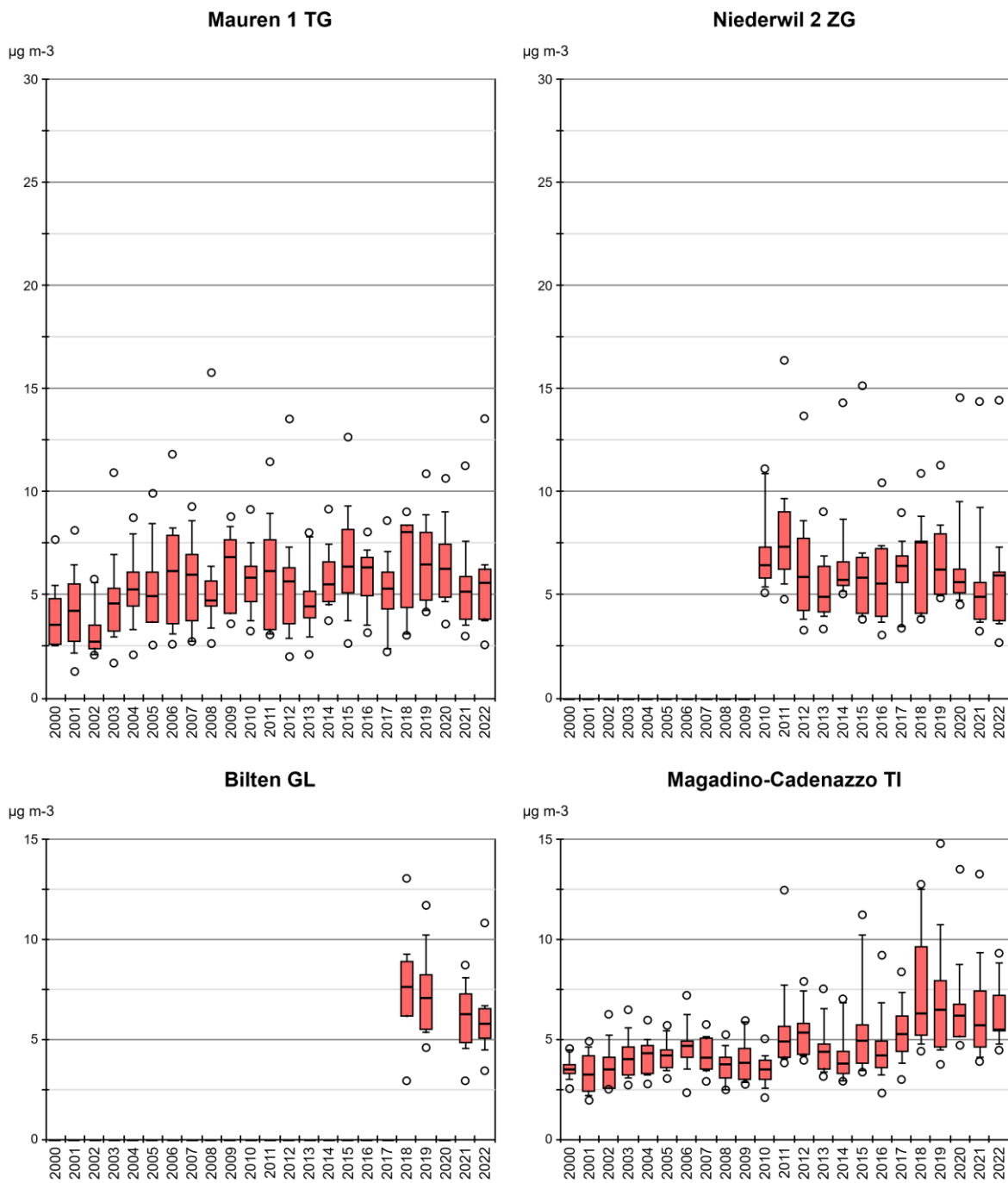


Abb. 27 Ammoniakkonzentration von MAU 01, ZG-02, NRB, MAG  
 Monatsmittelwerte von Mauren 1 (TG), Niederwil 2 (ZG), Bilten (GL), Magadino-Cadenazzo (TI) als Boxplots dargestellt.

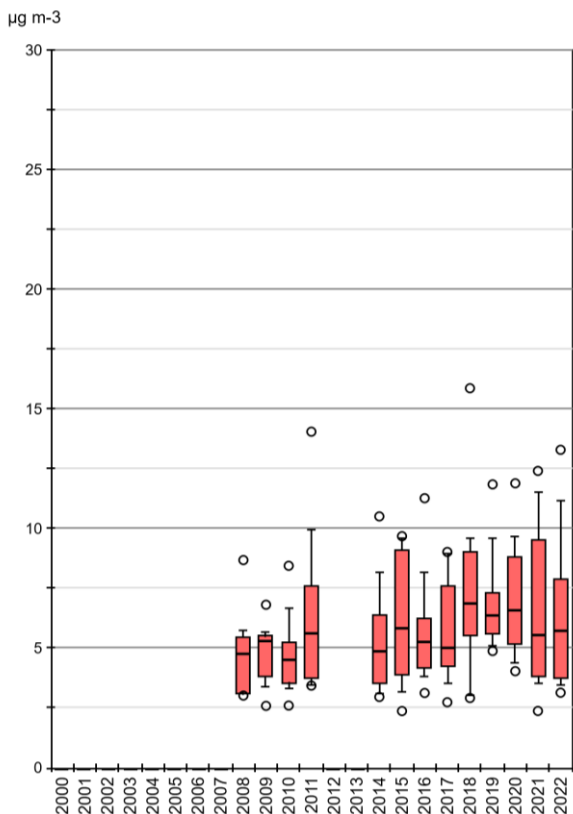
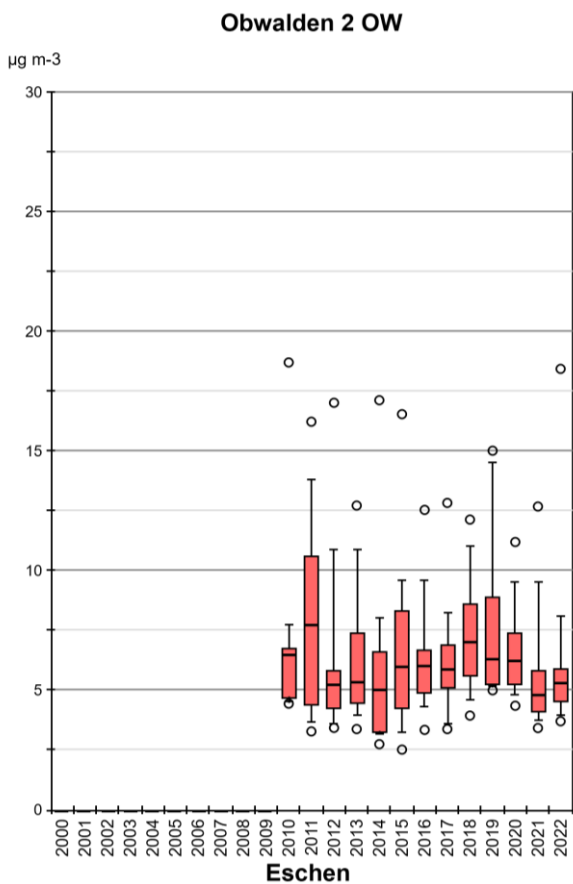
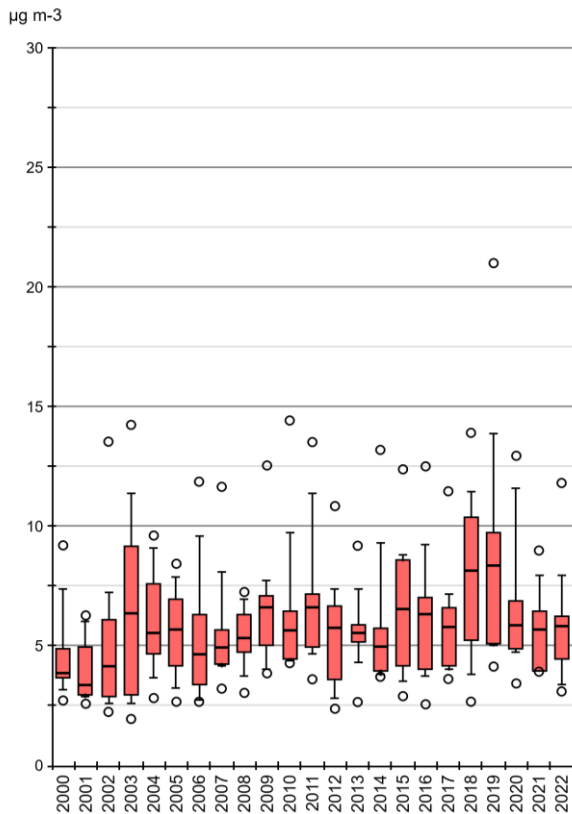
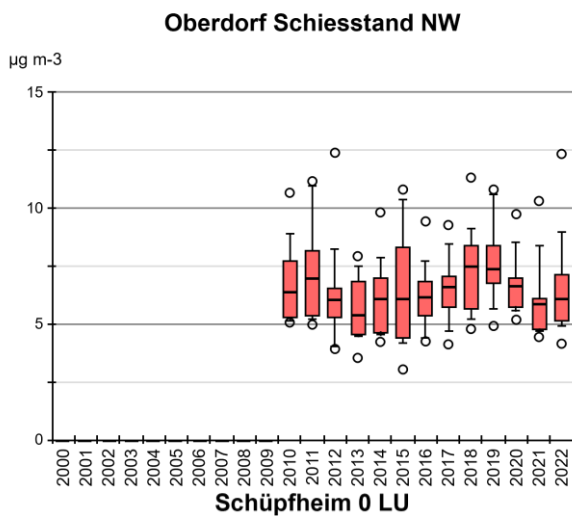
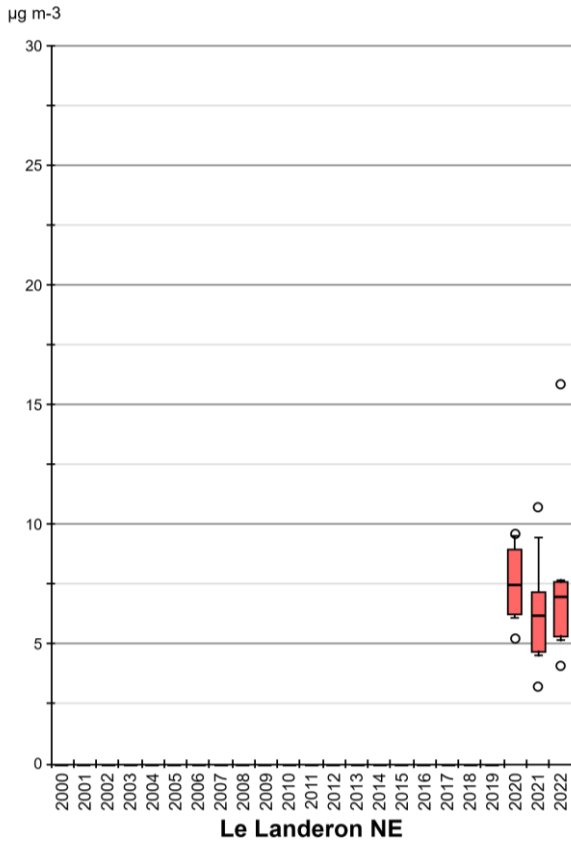


Abb. 28 Ammoniakkonzentration von OW-02, NW-03, EST, SCHÜ 00  
 Monatsmittelwerte von Obwalden 2 (OW), Oberdorf Schiesstand (NW), Eschen (FL), Schüpfheim 0 (LU) als Boxplots dargestellt.

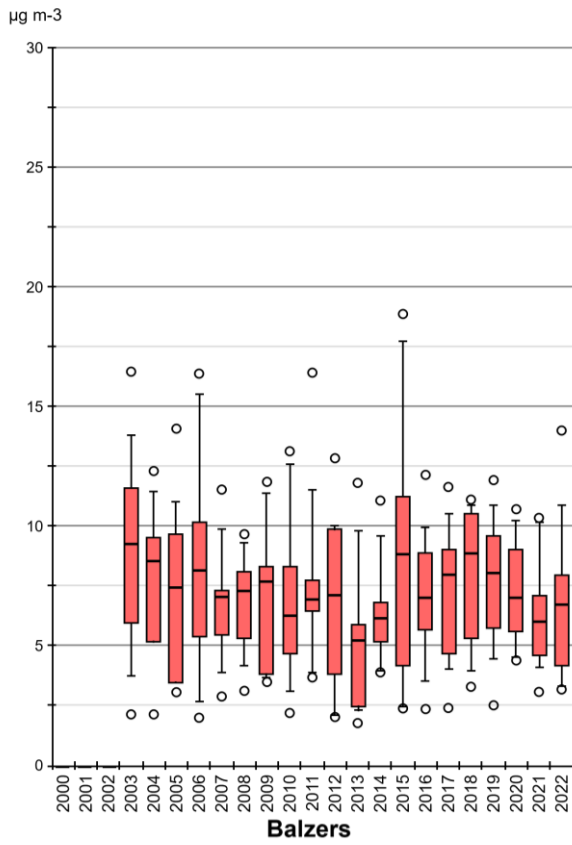
Nächste Seite:  
 Abb. 29 Ammoniakkonzentration von TUG01, HÄG, NE 03, BAV  
 Monatsmittelwerte von Tuggen (SZ), Häggenschwil (SG), Le Landeron (NE), Balzers (FL) als Boxplots dargestellt.



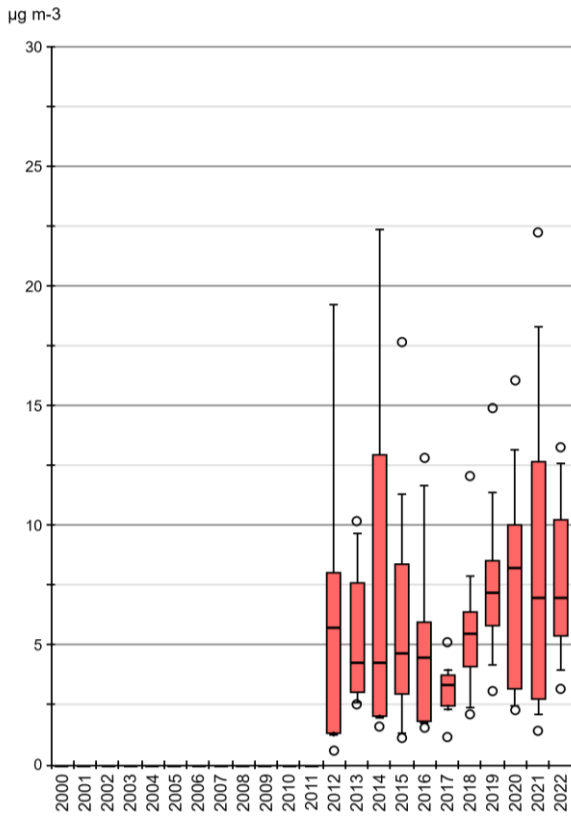
**Tuggen SZ**



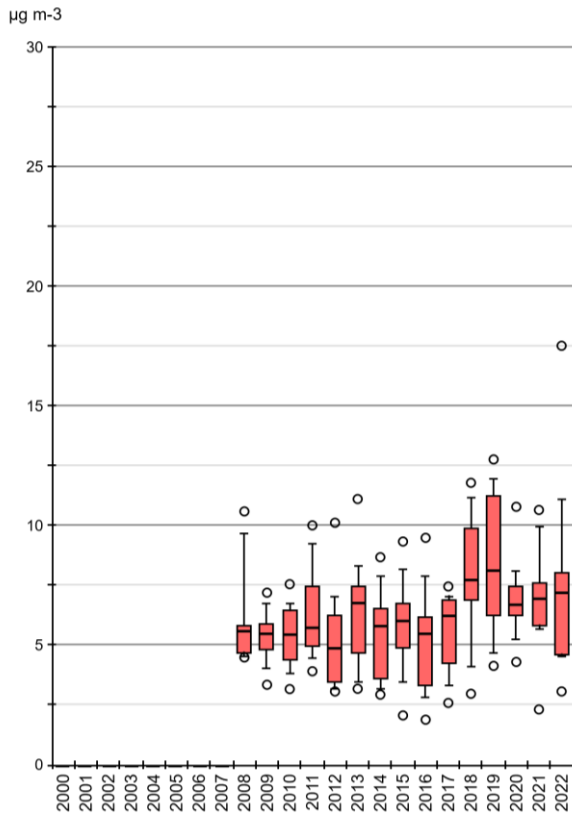
**Hägenschwil SG**



**Le Landeron NE**



**Balzers**



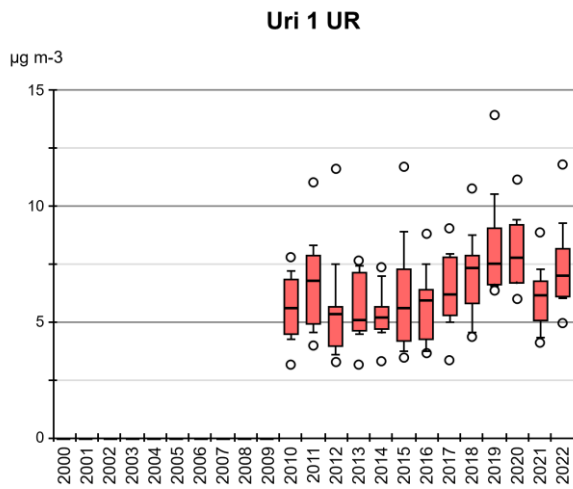


Abb. 30 Ammoniakkonzentration von URI 01 Monatsmittelwerte von Uri 1 (UR) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration > 8 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildungen 31 bis 33 zeigen die 9 landwirtschaftlich geprägten Standorte mit den höchsten Immissionen von > 8 µg m<sup>-3</sup>.

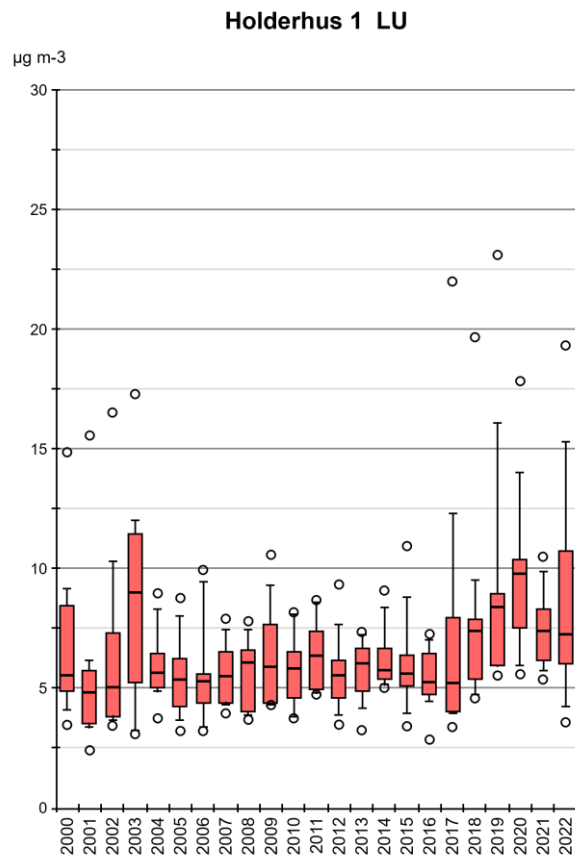
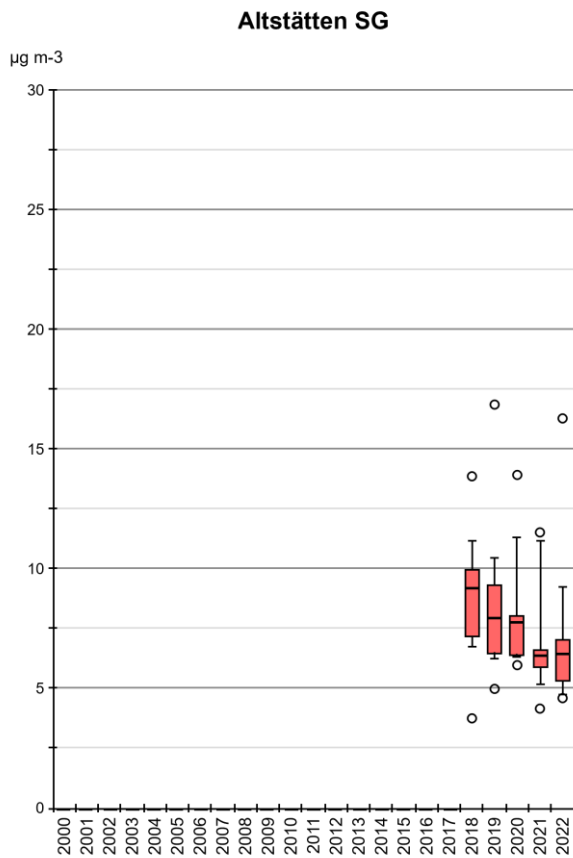


Abb. 31 Ammoniakkonzentration von ALB, HOL 01 Monatsmittelwerte von Altstätten (SG), Holderhus 1 (LU) als Boxplots dargestellt.



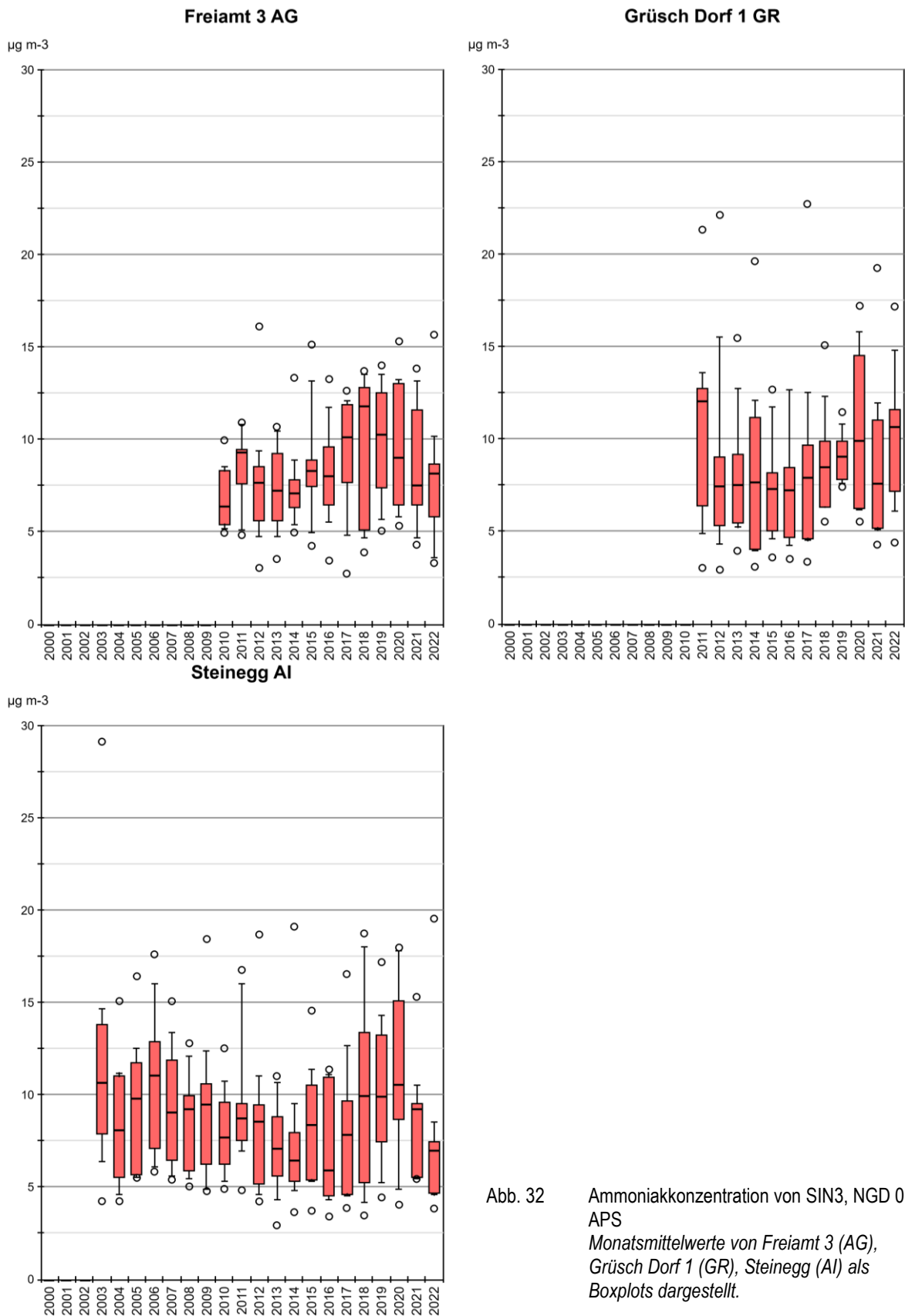
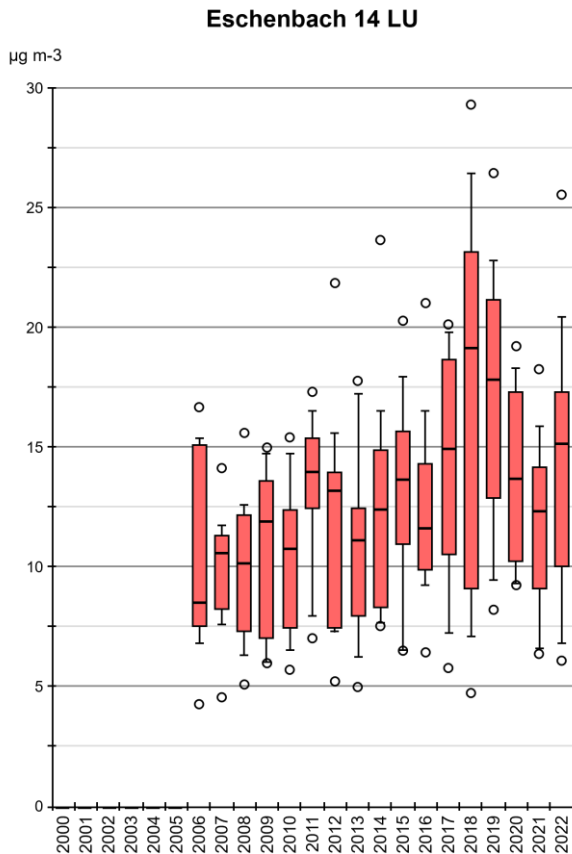
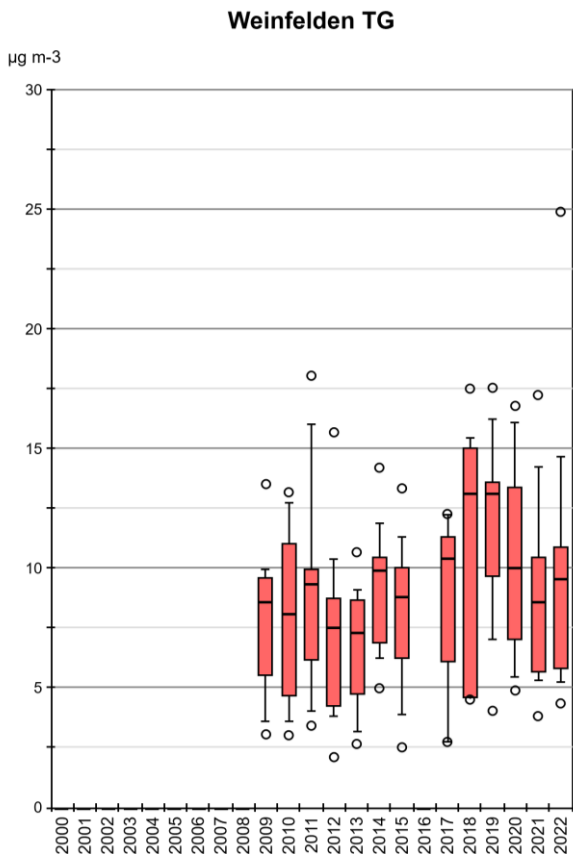
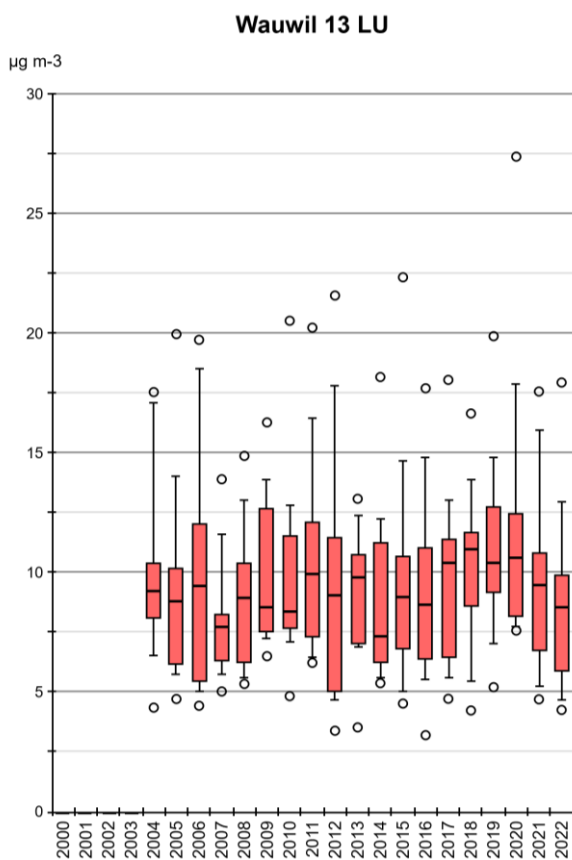
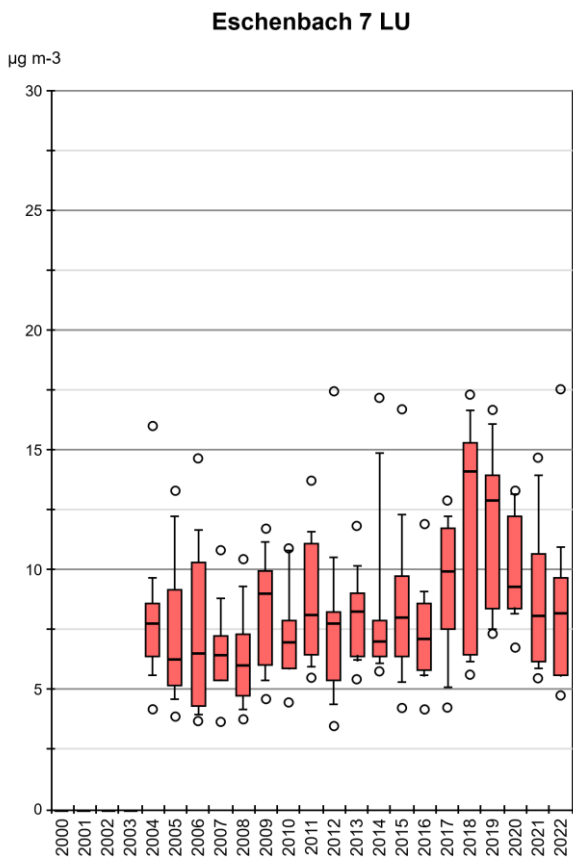


Abb. 32 Ammoniakkonzentration von SIN3, NGD 01, APS  
 Monatsmittelwerte von Freiamt 3 (AG),  
 Grüşch Dorf 1 (GR), Steinegg (AI) als  
 Boxplots dargestellt.



Vorherige Seite:

Abb. 33 Ammoniakkonzentration von ESC 07, WAU 13, WEIN, ESC 14  
 Monatsmittelwerte von Eschenbach 7 (LU), Wauwil 13 (LU), Weinfeldern (TG), Eschenbach 14 (LU) als  
 Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildung 34 zeigt die Standorte mit niedrigen Immissionen, die sowohl von Verkehr als auch von Landwirtschaft beeinflusst sind.

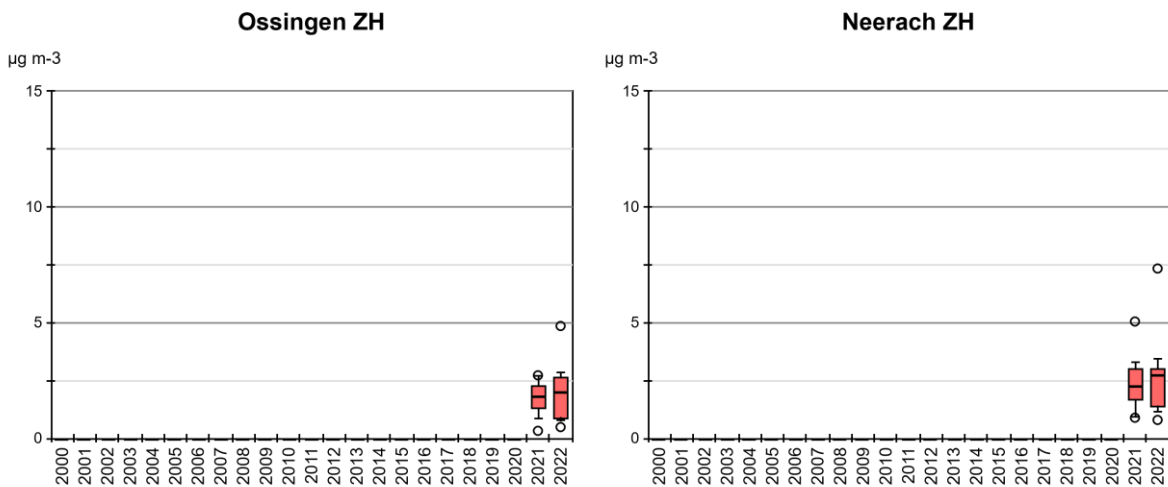


Abb. 34 Ammoniakkonzentration von OSD, NET  
 Monatsmittelwerte von Ossingen (ZH), Neerach (ZH) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 3–5 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildung 35 zeigt die Werte des Standorts Netstal, die direkt an einer stark befahrenen Durchgangsstrasse in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

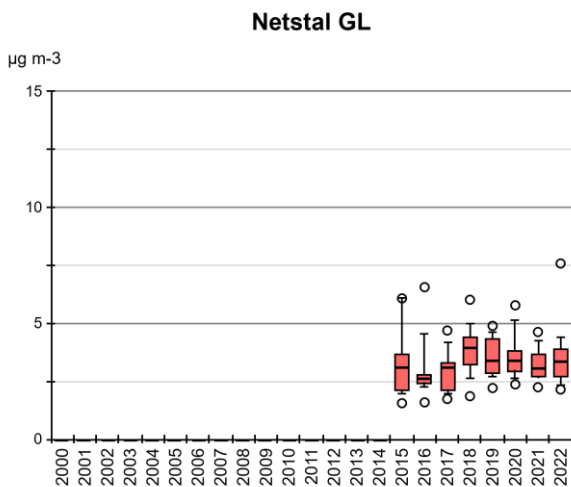


Abb. 35 Ammoniakkonzentration von WIG  
 Monatsmittelwerte von Netstal (GL) als  
 Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 5–8 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildung 36 zeigt die Werte des Standorts Schaan 1, der direkt an einer stark befahrenen Strassenkreuzung in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

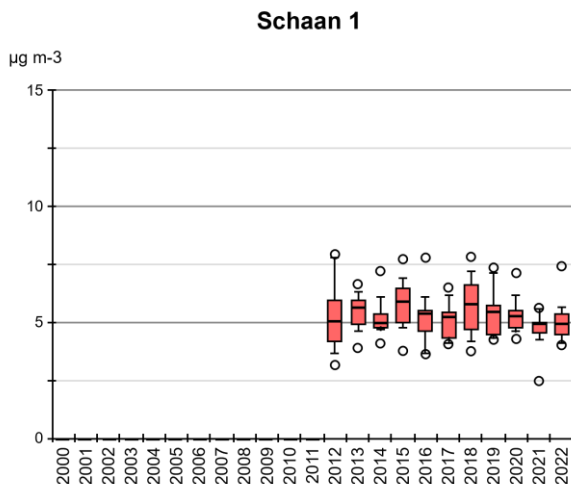


Abb. 36 Ammoniakkonzentration von SLI 01  
Monatsmittelwerte von Schaan 1 (FL) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Der Standort Hägendorf Gnöd ist ebenfalls direkt an der Autobahn gelegen und von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 37).

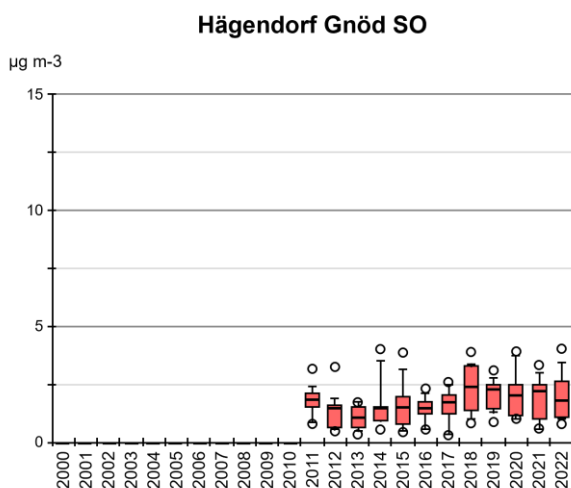


Abb. 37 Ammoniakkonzentration von HAGN  
Monatsmittelwerte von Hägendorf Gnöd (SO) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 3–5 µg m<sup>-3</sup>**

Die Standorte San Vittore und Sion-Aeroport sind sowohl an der Autobahn gelegen, wie auch von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 38).

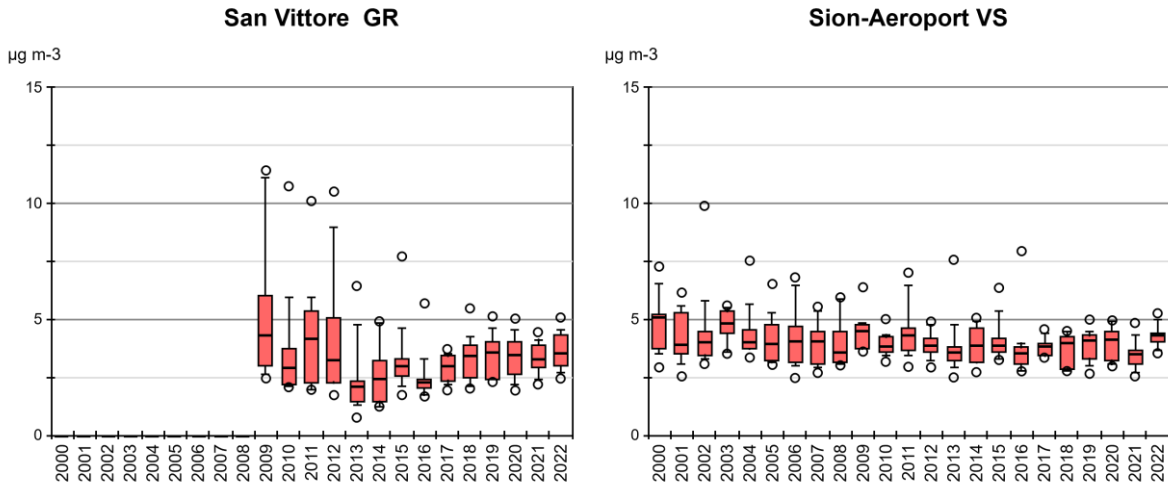


Abb. 38 Ammoniakkonzentration von NV4 und SIO  
Monatsmittelwerte von San Vittore (GR) und Sion-Aeroport (VS) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 5–8 µg m<sup>-3</sup>**

Der Standort Härkingen ist ebenfalls direkt an der Autobahn gelegen und von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 39).

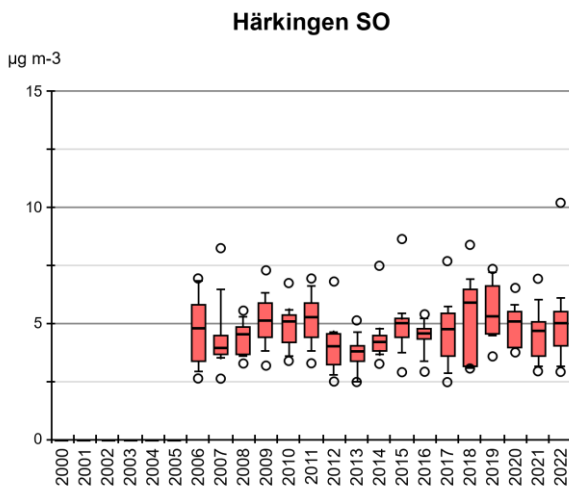


Abb. 39 Ammoniakkonzentration von HAE  
Monatsmittelwerte von Härkingen (SO) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Vorstädtisch; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Abbildung 40 zeigt den Standort Basel-Binningen, der siedlungsnah aber nicht verkehrsexponiert liegt.

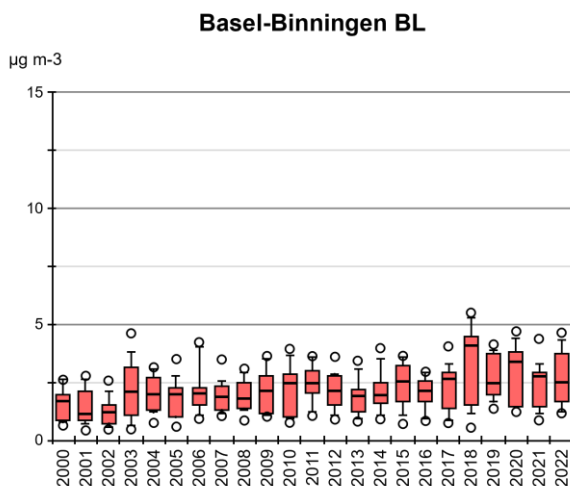


Abb. 40 Ammoniakkonzentration von BAS  
Monatsmittelwerte von Basel-Binningen (BL) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Städtisch; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Der Standort Lugano (Abb. 41) ist durch Gebäude von den umliegenden Strassen abgeschirmt.

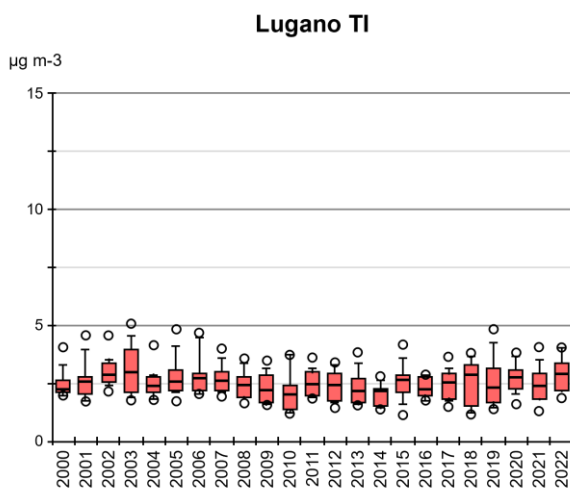


Abb. 41 Ammoniakkonzentration von LUG  
Monatsmittelwerte von Lugano (TI) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Städtisch, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 1–3 µg m<sup>-3</sup>**

Der Standort Solothurn Altwyberhüsli ist auf zwei Seiten von Ackerbau, auf zwei Seiten von einer Strasse mit daran angrenzenden Wohngebieten umgeben (Abb. 42).

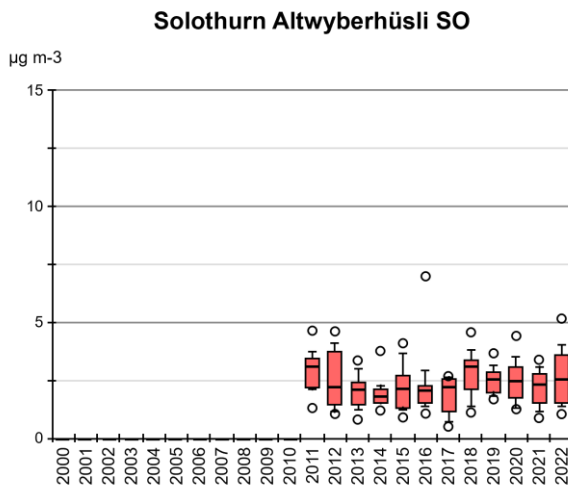


Abb. 42 Ammoniakkonzentration von SOAL  
Monatsmittelwerte von Solothurn Altwyberhüsli (SO) als Boxplots dargestellt.

**Belastungstyp: Städtisch, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH<sub>3</sub>-Konzentration 3–5 µg m<sup>-3</sup>**

Der Standort Zürich-Wiedikon in städtischer Umgebung liegt an stark befahrenen Durchgangsstrassen (Abb. 43).

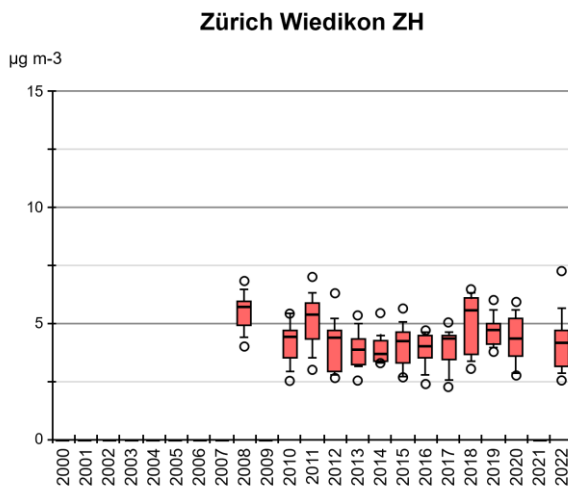


Abb. 43 Ammoniakkonzentration von WIE  
Monatsmittelwerte von Zürich Wiedikon (ZH) als Boxplots dargestellt.

## 4.6 Jahresverläufe der Konzentrationen

Die folgenden Graphiken zeigen Jahresverläufe der Ammoniak Konzentrationen an charakteristischen Standorten. Um die gemittelten Jahresverläufe darzustellen, wurden die Mediane der Monatsmittelwerte über 19 Jahre berechnet.

### Ackerbau und Tierproduktion

In ländlichen Gebieten sind Jahrgänge mit tiefen Winterwerten und höheren Sommerwerten zu beobachten. In Ackerbaugebieten, wie z.B. Payerne (PAY) sind die Schwankungen geringer und die Werte insgesamt tiefer als in Gebieten mit intensiver Tierproduktion, wie z.B. Wauwil 13 (WAU 13) und Ap.-Steinegg (APS). Auffallend sind die Spitzenwerte im März und November sowie etwas weniger im Sommer, welche mit Gülleausbringung erklärt werden können (Abb. 44).

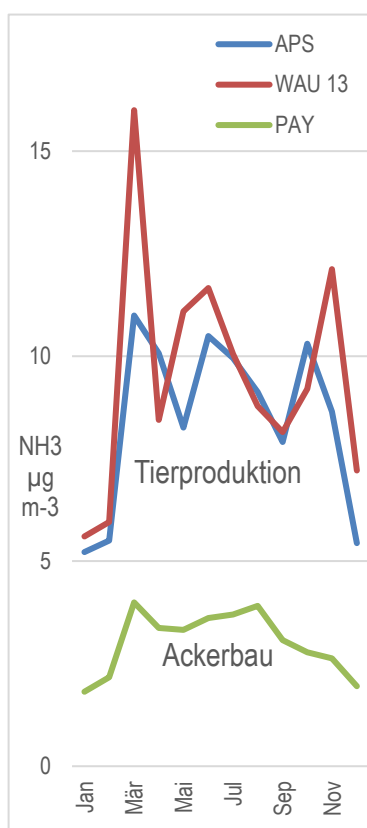


Abb. 44 Jahresverläufe der NH<sub>3</sub>-Konzentration an landwirtschaftlich bewirtschafteten Standorten  
 Mediane der Monatsmittel 2004–2022  
 Ackerbau: Beispiel Payerne (PAY), typischer Jahresgang mit wenig hohen Spitzenwerten.  
 Tierproduktion: Beispiel Wauwil 13 (WAU 13) und Ap.-Steinegg (APS), typischer Jahresgang überlagert mit Konzentrationsspitzen bei landwirtschaftlicher Tätigkeit wie Gülleausbringung.

### Naturschutzgebiete

Der Ammoniak eintrag in Naturschutzgebiete ist stark beeinflusst von der direkten Umgebung. Am höher gelegenen Standort Zugerberg (ZB 01), mit nur wenig umliegender Tierproduktion und am Hochmoorrand gelegen, sind die Werte tiefer als im Flachmoor Wauwilermoos (WAU 16.4), welches von intensiver Landwirtschaft umgeben ist (Bsp. WAU 13). Bei Standort ZB 01 zeigen sich kaum Monate mit Spitzenwerten, hingegen bildet sich im Moor (WAU 16.4) der in der Umgebung herrschende Jahresgang (WAU 13) auf tieferem Niveau ab (Abb. 45).



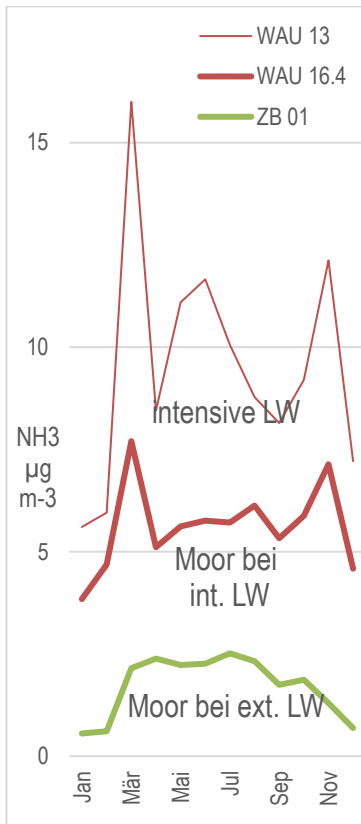


Abb. 45 Jahresgänge der NH<sub>3</sub>-Konzentration bei Mooren  
Mediane der Monatsmittel 2004–2022 (ZB 01, WAU 13), 2006–2022 (WAU 16.4).  
ZB 1 bei extensiver LW, WAU 16.4 bei intensiver LW. Zum Vergleich WAU 13 inmitten intensiver LW in der Nähe des Moores (LW = Landwirtschaft).

### Städtische und verkehrsreiche Standorte

Verkehrsreiche Standorte in Städten oder grossen Gemeinden zeigen vergleichbare NH<sub>3</sub>-Konzentrationen und saisonale Variationen (Abb. 46) wie die Ackerbauregionen (Abb. 44). Massgebliche Ammoniakemittenten in Städten sind Fahrzeuge, Kanalisation und Kehrriech. Jedoch bildet sich auch die landwirtschaftliche Tätigkeit in der Umgebung der Stadt im jährlichen Verlauf ab (SLI 01, SOAL).

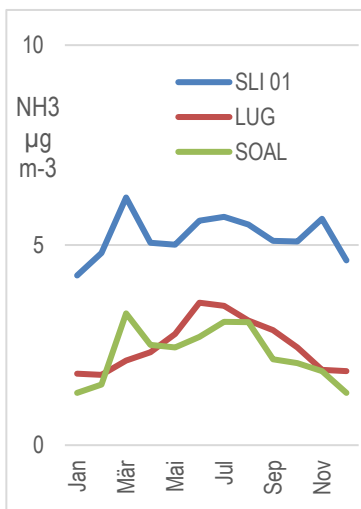


Abb. 46 Jahresverläufe der NH<sub>3</sub>-Konzentration an städtischen / verkehrsreichen Standorten  
Mediane der Monatsmittel.  
Schaan 1 (FL) an Strassenkreuzung 2012–2022  
Lugano (TI) Messung ca. 50 m entfernt von Strassen (Innenhofsituation) 2004–2022  
Solithurn Altwyberhüsli (SO) mit Siedlungen, Strassen und Ackerbau 2012–2022.

### „Untypische“ Verläufe

Die Werte an den Standorten Sion Aeroport (SIO) und Magadino (MAG) und – noch ausgeprägter – San Vittore (NV4) laufen dem allgemeinen Jahreszeitmuster entgegen: Im Winter werden regelmässig höhere Werte gemessen als im Sommer (Abb. 47). Bei San Vittore ist eine mögliche Erklärung, dass sich im unteren Misox in der kalten Jahreszeit regelmässig ein Kaltluftsee ausbildet. Zwischen Mitte Dezember und Ende Januar kommt keine Sonne zur Messstelle. Bekannt ist die Messstelle auch wegen hoher PM10-Belastung im Winter.

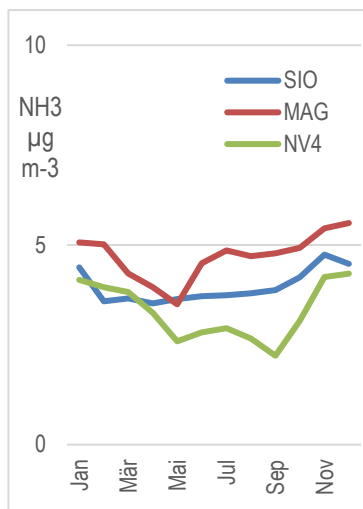


Abb. 47 Jahresgänge der NH<sub>3</sub>-Konzentration an Standorten mit „untypischem“ Verlauf  
 Mediane der Monatsmittel 2004–2022 (SIO, MAG), 2009–2022 (NV4).  
 Atypischer Jahresgang mit höheren Werten im Winter als im Sommer.

## 4.7 Beispiele regionaler Messnetze

Die Standorte der regionalen Messnetze sind in Kapitel 7.4, Tabelle 15 beschrieben.

### 4.7.1 Kanton Bern

Der Standort WTG1 befindet sich auf 30 Metern Höhe über Boden auf dem Wasserturm von Gimmiz im Berner Seeland. Die Messungen in Gimmiz wurden durch drei Standorte nördlich, südlich und westlich des Turms (WTGN, WTGS, WTGW) erweitert (Abb. 48 links, westlicher Standort nur 2011–2018 betrieben), je mit auf 3.3 m Höhe installierten Aufhängvorrichtungen. 250 m nordnordöstlich des Turms liegt ein grösserer Landwirtschaftsbetrieb, ansonsten ist der Wasserturm von intensiv bewirtschafteten Acker-, Gemüse- und Futterbauflächen sowie einer Obstanlage umgeben.

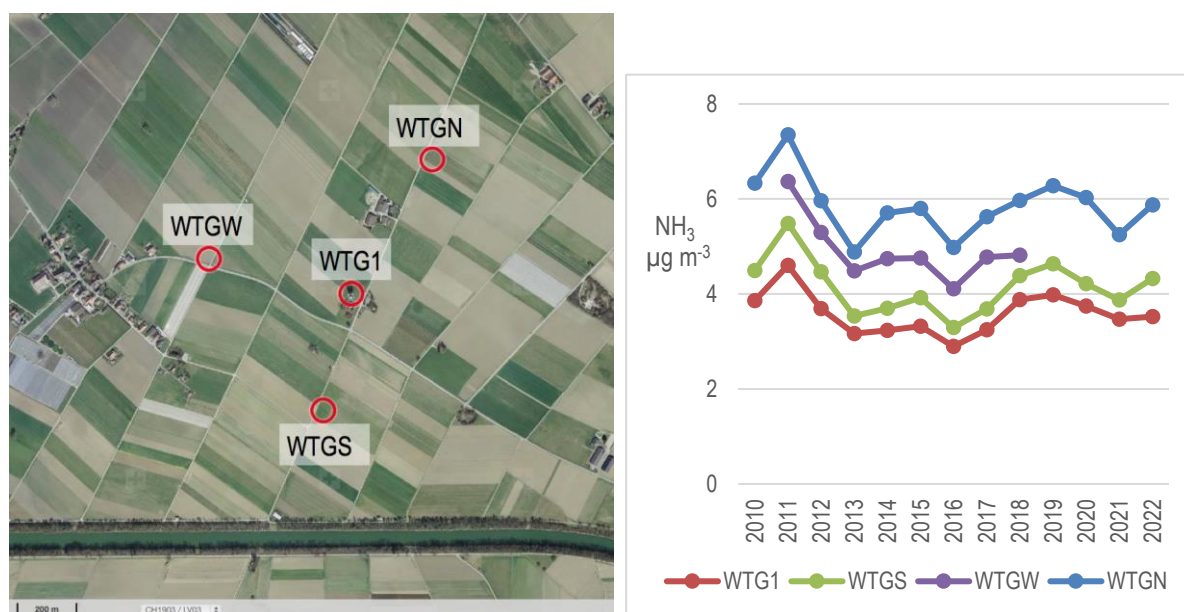


Abb. 48 Luftbild (links) und NH<sub>3</sub>-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Gimmiz (BE)

Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

Der Standort WTG 1 befindet sich auf dem Wasserturm in 30 m Höhe, bei den anderen Standorten sind die Aufhängevorrichtungen auf 3.3 m Höhe montiert. Luftbild: geodata © swisstopo.

Die Jahresmittelwerte der vier Standorte verlaufen parallel. Der Unterschied zwischen den niedrigsten Werten der Station auf dem Wasserturm (WTG1) und den höchsten Werten des in der Nähe des erwähnten Landwirtschaftsbetriebs gelegenen, nördlichen Standorts (WTGN) beträgt ca.  $2.2 \mu\text{g m}^{-3}$  (Abb. 48 rechts). Von 2011 bis 2016 sind die Werte tendenziell gesunken. 2010 startete ein Projekt zur Reduktion der Nitratbelastungen aus der Landwirtschaft, das sich inzwischen positiv auf die Nitratwerte im Trinkwasser ausgewirkt hat und unterdessen um sechs weitere Jahre verlängert wurde. Im Rahmen dieses Projekt wurde im Zuströmbereich des Wasserturms auf einer Fläche von ca. 160 ha die Bewirtschaftung mehrheitlich extensiviert (bodenschonende Anbausysteme, Ackerland zu Wiesland u.a.). Zusätzlich sind im Zusammenhang mit dem kantonalen Ressourcenprogramm, das von 2009 bis 2015 dauerte, verschiedene ammoniakmindernde Massnahmen umgesetzt worden. Unter anderem wird nun ein grosser Teil der Gülle mit Schleppschlauchverteiler ausgebracht. Der erneute Anstieg der Werte von 2018 bis 2020 wurde in der ganzen Schweiz beobachtet und steht mit der warmen Witterung dieser Jahre in Verbindung.

### 4.7.2 Kanton Solothurn

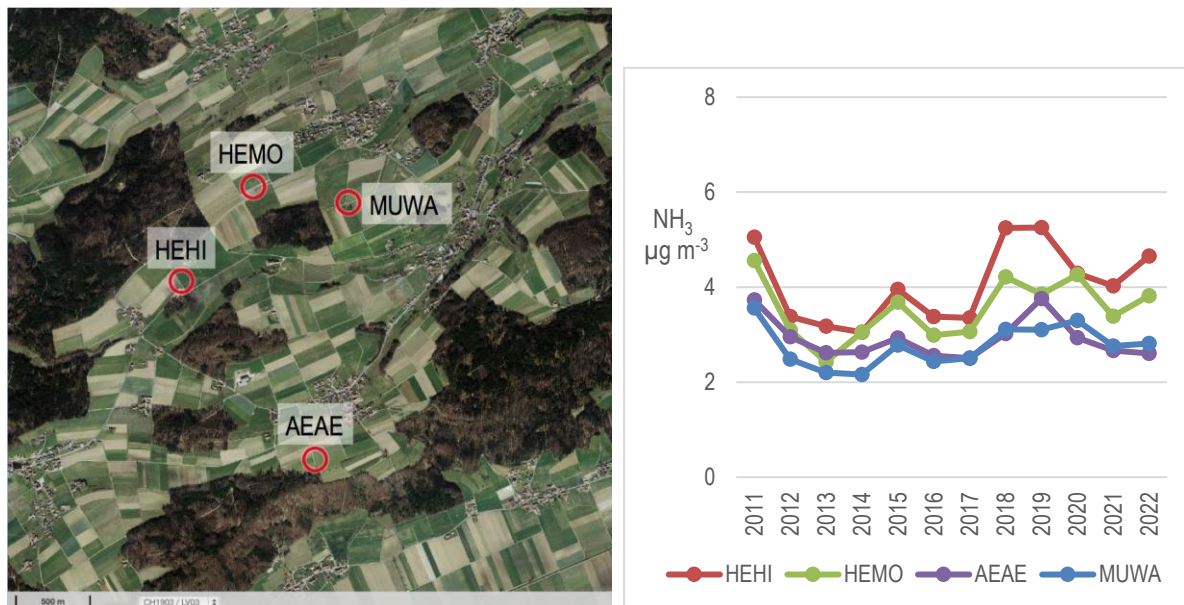


Abb. 49 Luftbild (links) und  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Hessikofen (SO)  
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  
 Alle 4 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld und Ackerwirtschaft. Luftbild: geodata © swisstopo.

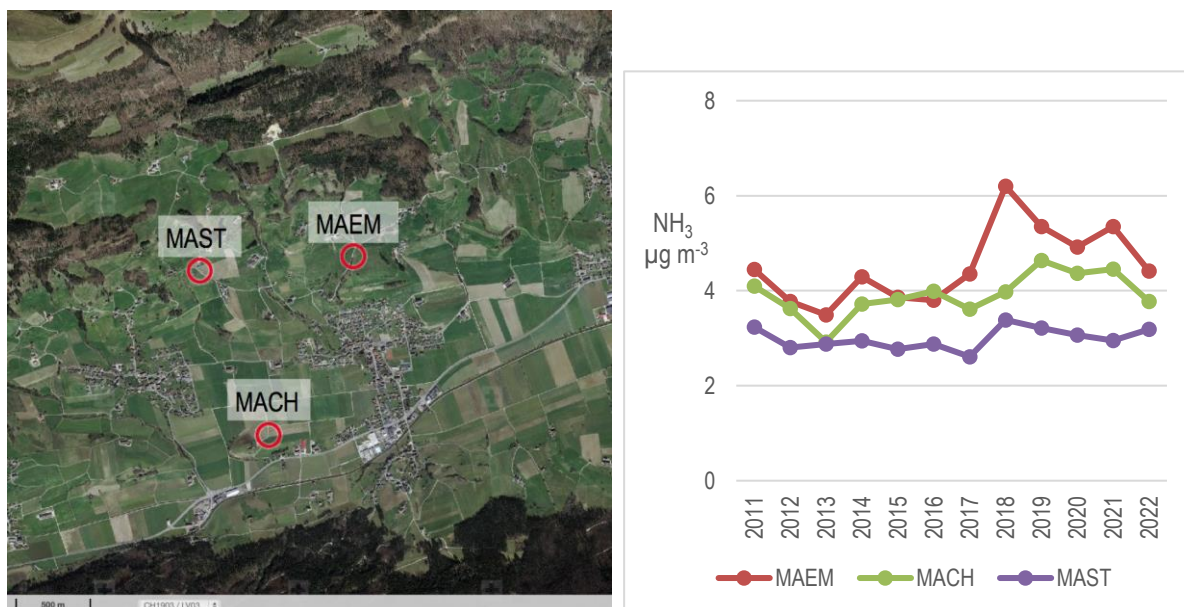


Abb. 50 Luftbild (links) und  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Matzendorf (SO)  
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  
 Alle 3 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld- und Ackerwirtschaft. Luftbild: geodata © swisstopo.

In drei Geländekammern im Kanton Solothurn wurden je drei bis fünf Messpunkte platziert. In der Gegend von Hessikofen im Solothurner Mittelland (Abb. 49) verlaufen die Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen mehrheitlich parallel, mit einem Unterschied von

ca.  $1.2 \mu\text{g m}^{-3}$   $\text{NH}_3$  vom höchsten zum tiefsten Wert. 2011 und 2018/2019 zeigten sich (wohl witterungsbedingt) bei allen Standorten höhere Werte.

In der Region Matzendorf im Solothurner Jura unterschieden sich bis 2016 die Jahresmittelwerte um ca.  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  (Abb. 50). Danach schwanken die Jahresmittelwerte von MAEM stark, während die Konzentration am Standort MAST kaum schwankt.

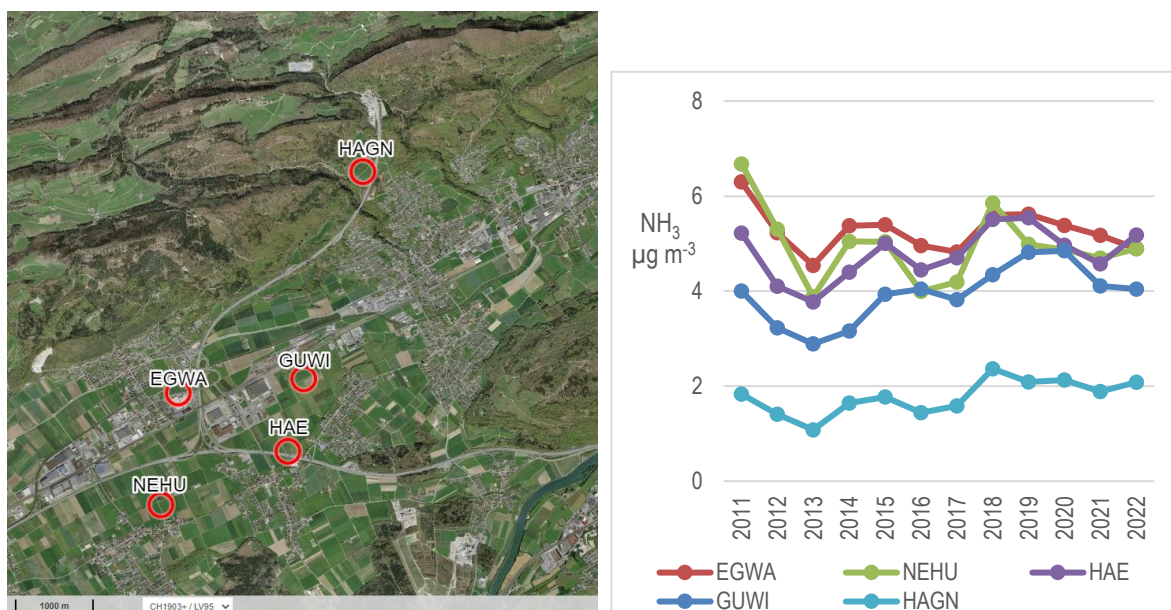


Abb. 51 Luftbild (links) und  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Egerkingen (SO)  
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .  
 EGWA liegt direkt zwischen Strasse und Einkaufszentrum; GUYI und NEHU inmitten von Feldern, HAGN am Jurahang in der Nähe des Waldes, der NABEL-Standort HAE direkt an der Autobahn und an landwirtschaftlichen Kulturen.  
 Luftbild: geodata © swisstopo.

Ebenfalls ähnliche Verläufe aber grössere Unterschiede in den Ammoniakkonzentrationen finden sich in der Region Egerkingen (Abb. 51). EGWA im Industriegebiet von Egerkingen, NEHU im Landwirtschaftsgebiet und HAE an Autobahn und Feldern gelegen weisen die höchsten Jahresmittelwerte von 4 bis  $6 \mu\text{g m}^{-3}$  auf. HAGN, ein Standort am Jurahang weist die niedrigsten Jahresmittelwerten in dieser Region von 1.5 bis  $2 \mu\text{g m}^{-3}$  auf. Der Standort GUYI, ebenfalls im Landwirtschaftsgebiet gelegen, zeigt eine mittlere Konzentration von  $4 \mu\text{g m}^{-3}$ . Es ist kein Trend bezüglich Zu- oder Abnahme zu sehen.

### 4.7.3 Kanton Schaffhausen

Im Randen, im Norden des Kantons Schaffhausen gelegen, sind die Standorte RAN und MEG 3.8 km voneinander entfernt. Das Gebiet ist fast vollständig von Wäldern und Trockenwiesen bewachsen.

Die Jahreswerte der beiden Standorte unterscheiden sich nur minim und schwanken wenig um  $2 \mu\text{g m}^{-3}$  herum (Abb. 52).

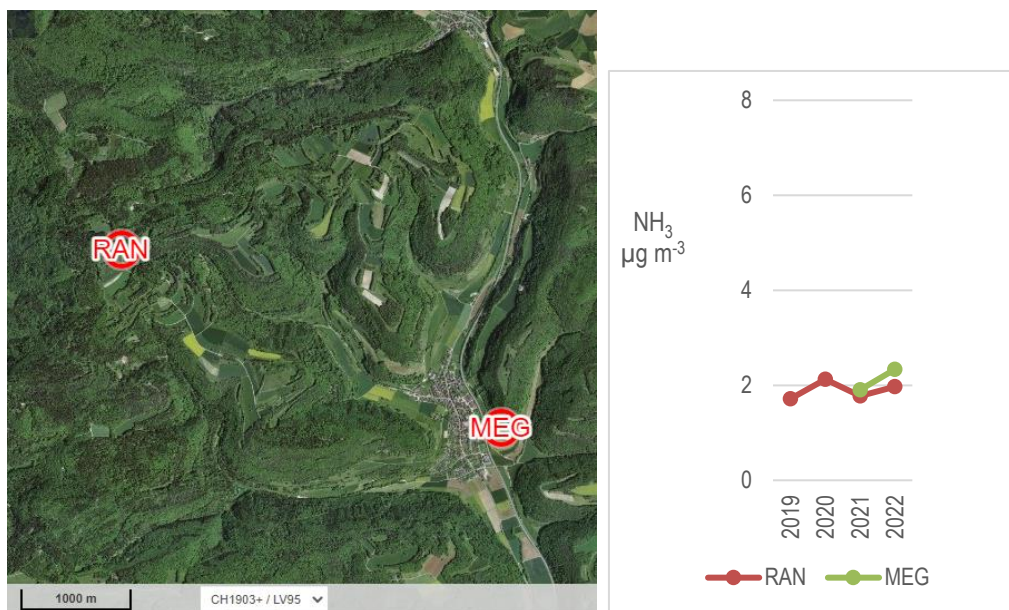


Abb. 52 Luftbild (links) und NH<sub>3</sub>-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Merishausen (SH)  
Zwei Standorte in unterschiedlichen Geländekammern.  
Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m<sup>-3</sup>. Luftbild: geodata © swisstopo.

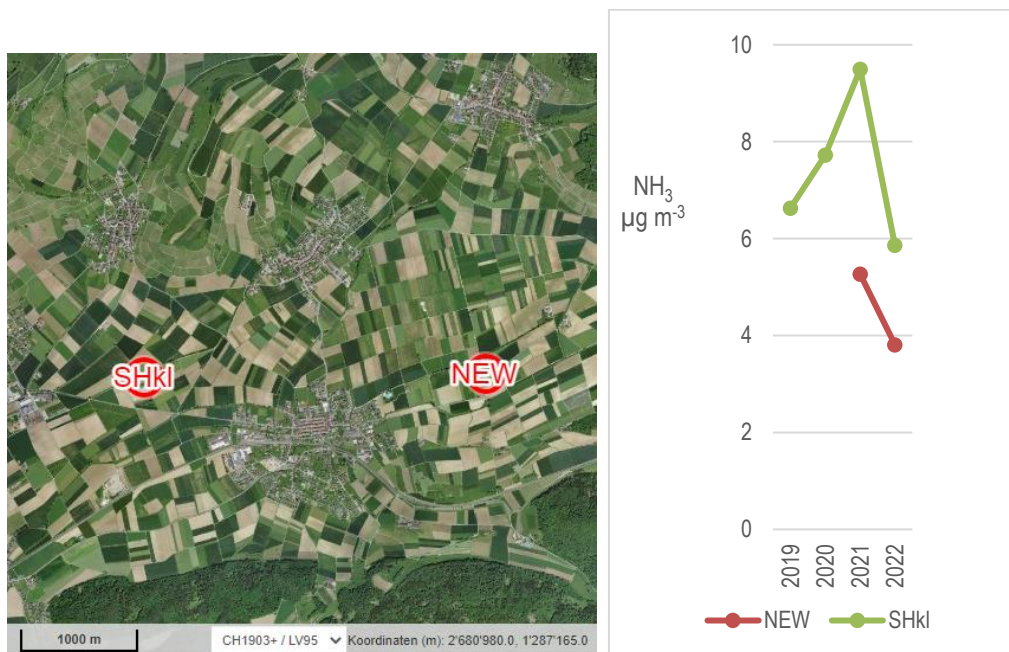


Abb. 53 Luftbild (links) und NH<sub>3</sub>-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Neunkirch (SH)  
Zwei Standorte in unterschiedlichen Geländekammern.  
Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m<sup>-3</sup>. Luftbild: geodata © swisstopo.

Östlich und westlich von Neunkirch im Kanton Schaffhausen sind die Standorte SHkl und NEW 2.9 km voneinander entfernt. Das Gebiet ist landwirtschaftlich genutzt, bei NEW befindet sich ein schützenswertes Feuchtgebiet.

Die Jahreswerte von SHkl schwanken stark und sind 2 bis 4 µg m<sup>-3</sup> höher als in NEW.

#### 4.7.4 Kanton Graubünden

Südöstlich vom Dorf Grüşch in der Region Prättigau/Davos sind zwei Standorte im Abstand von 470 Metern platziert. Nahe von Grüşch Dorf befinden sich mehrere Landwirtschaftsbetriebe. In diesem Gebiet kommen im Winter häufig Kaltluftseen vor.

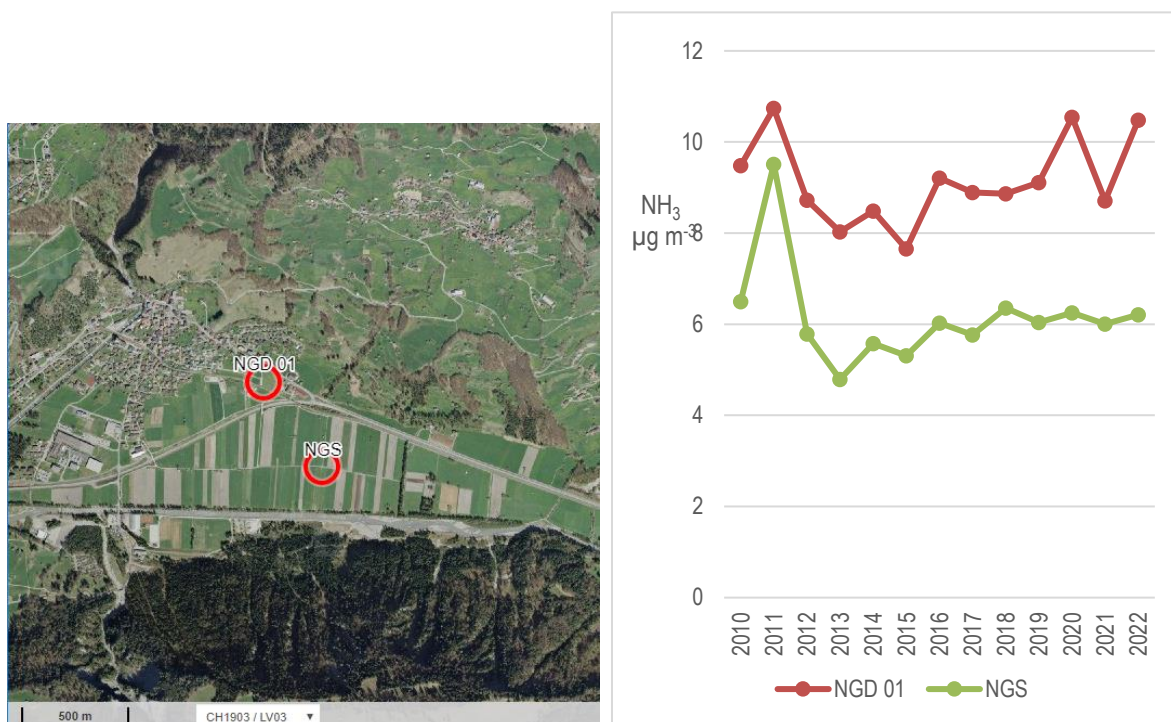


Abb. 54 Luftbild (links) und NH<sub>3</sub>-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Grüşch (GR)  
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m<sup>-3</sup>.  
 Die zwei Standorte befinden sich in einem Ackerbauggebiet, nahe bei Grüşch Dorf befinden sich mehrere Landwirtschaftsbetriebe. Luftbild: geodata © swisstopo.

In Grüşch verlaufen die Werte der zwei Standorte mehrheitlich parallel mit einem Unterschied von ca. 3 µg m<sup>-3</sup> NH<sub>3</sub>. Die Konzentrationen haben sich seit 2012 nur wenig verändert (Abb. 54).

### 4.7.5 Kanton Luzern, Höhen transekt

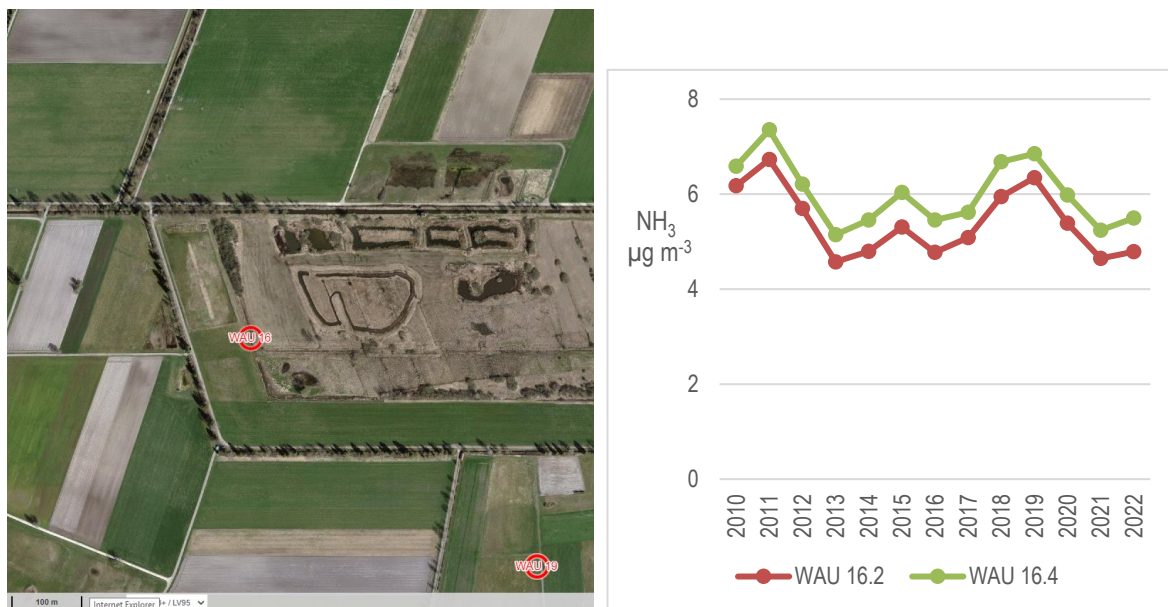


Abb. 55 Luftbild (links) und NH<sub>3</sub>-Konzentrationen (rechts) in Wauwil 16 mit NH<sub>3</sub>-Messungen auf 2 und 4 m Höhe) Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m<sup>-3</sup>. NH<sub>3</sub>-Messungen auf 2 und 4 m Höhe am Wauwilermoos. Luftbild: geodata © swisstopo.

Am Wauwilermoos im Kanton Luzern wird Ammoniak auf 2 und 4 Metern Höhe über Grund gemessen. Um das Moor wird intensive Landwirtschaft betrieben.

Die NH<sub>3</sub>-Jahresmittelwerte sind oben 0.4 bis 0.7 µg m<sup>-3</sup> höher als unten (Abb. 55).

### 4.7.6 Zentralschweizer Kantone und Ostluft

Regionale Messnetze in den Zentralschweizer Kantonen LU, NW, OW, SZ, UR und ZG sind in Wey et al. (2022) beschrieben. Jene der Kantone Appenzell-Innerrhoden, Appenzell-Ausserrhoden, Glarus, Graubünden, St. Gallen, Schaffhausen, Thurgau und Zürich und des Fürstentums Liechtenstein im Ostluft-Jahresbericht (Ostluft 2022).



## 5 Qualitätssicherung

Die FUB nimmt seit 2015 am EMEP-Ringversuch der analytischen Methoden<sup>6</sup> teil. Ammoniak auf Filtern sowie Ammonium im synthetischen Regen erfüllten die EMEP-Qualitätsnorm (Abb. 56).

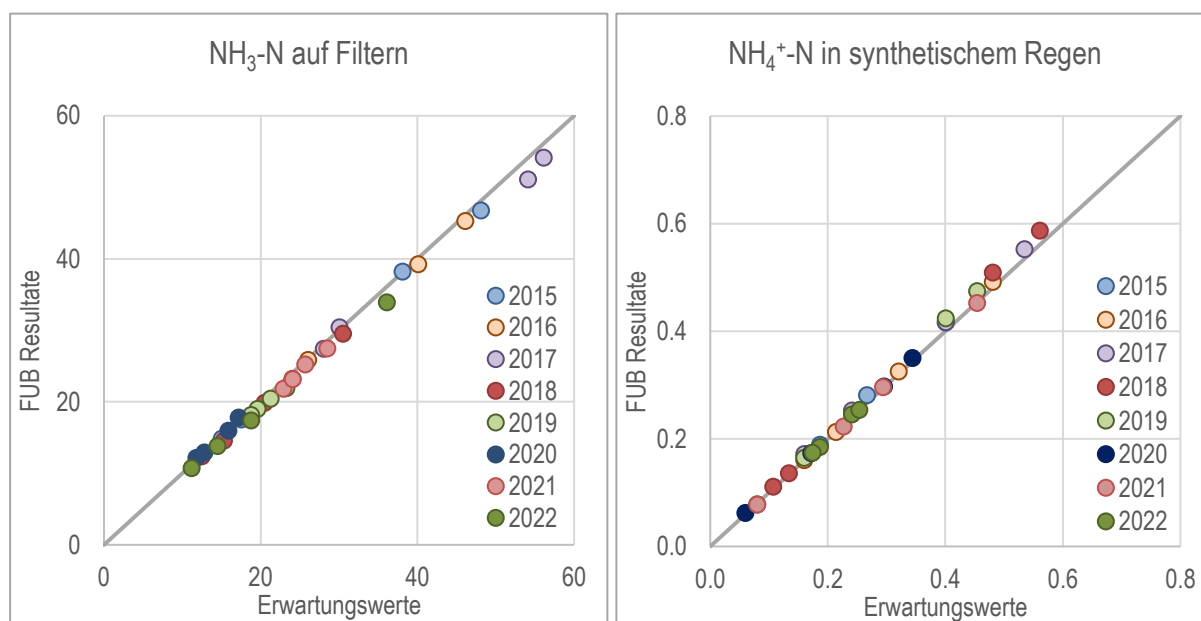


Abb.56 Ringversuchsergebnisse der FUB, verglichen mit den erwarteten Konzentrationen.

Links: Ammoniak auf imprägnierten Filtern, Einheit:  $\mu\text{g N pro Filter}$

Rechts: Ammonium in Niederschlag, Einheit:  $\mu\text{g N l}^{-1}$ .

Passivsammler werden laufend mit einem Referenzverfahren (Denuder, VDI 3869 Blatt 3 2010, BAFU & Empa 2020) überprüft. Abbildung 57 links zeigt den Vergleich zwischen Minidenudern der Empa (Quelle: NABEL, BAFU und Empa) und Radiello Passivsammlern. In Abbildung 57 rechts sind die Ferm Passivsammlerwerte mit Empa-Minidenudern des NABEL-Messnetzes verglichen. Vergleiche mit Radiello Passivsammlern erfolgten von 2011 bis 2017, mit Ferm Passivsammlern von 2018 bis 2022. Die Übereinstimmung ist gut.

Ferm-Passivsammler werden ebenfalls laufend mit Radiello-Sammlern verglichen, (Abb. 58, links, 2009 bis 2017). Die Probenahme von der 2- & 4-Wochen-Werte erfolgte an 12 Standorten (extensive und intensive Landwirtschaft, Stadt, Verkehr, Hintergrund). Abbildung 57 rechts, zeigt die Vergleichswerte von 9 Standorten im Jahr 2018, Rapperswil, Bachtel und Sachsen seit 2018 und Robenhuserried seit Mitte 2021. Die Übereinstimmung ist sehr gut.

Die Messwerte des Jahres 2018 bis 2020 waren an vielen Orten höher als in früheren Jahren. Dies ist jedoch nicht auf die Umstellung von Radiello auf Ferm im Jahr 2018 zurückzuführen, wie die Vergleiche in Abbildung 58 zeigen.

<sup>6</sup> EMEP – 33rd – 40th intercomparison of analytical methods, organisiert und durchgeführt von NILU – Norwegian Institute for Air Research

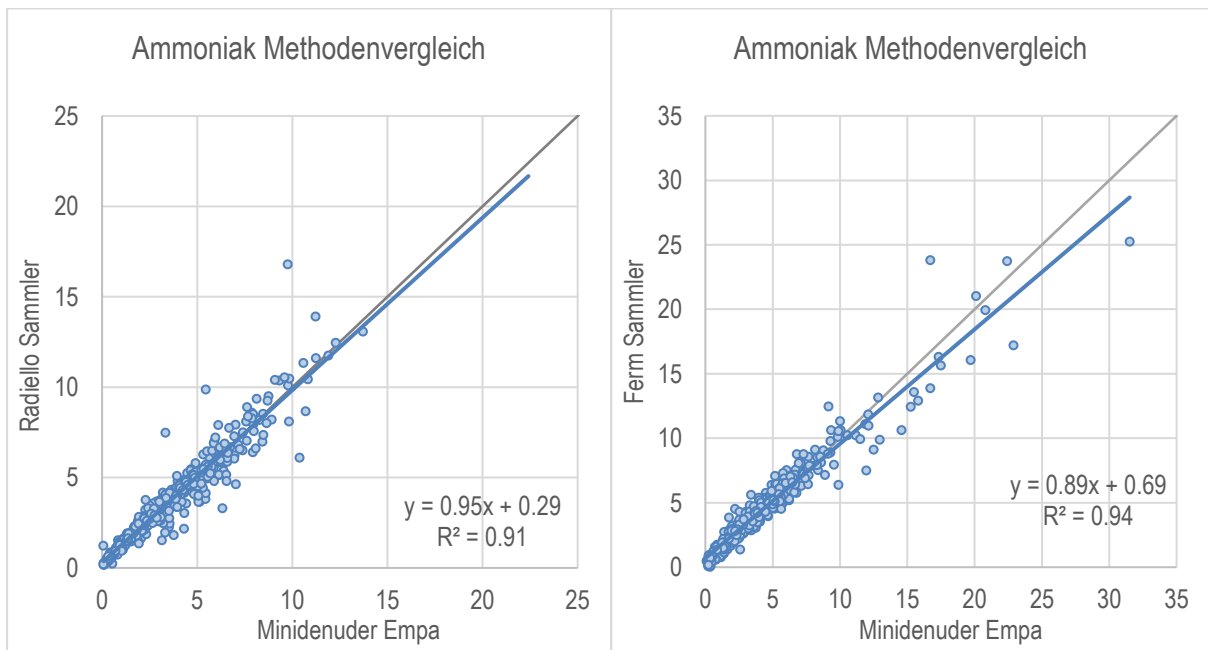


Abb. 57  $\text{NH}_3$ -Konzentration von Passivsammlern im Vergleich mit Minidenudern  
 Oben links: Radiello Sammler und Minidenuder (Referenzverfahren, Quelle: NABEL), 526 Datenpaare.  
 Oben rechts: Ferm Sammler und Minidenuder (Quelle: NABEL), 517 Datenpaare, Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

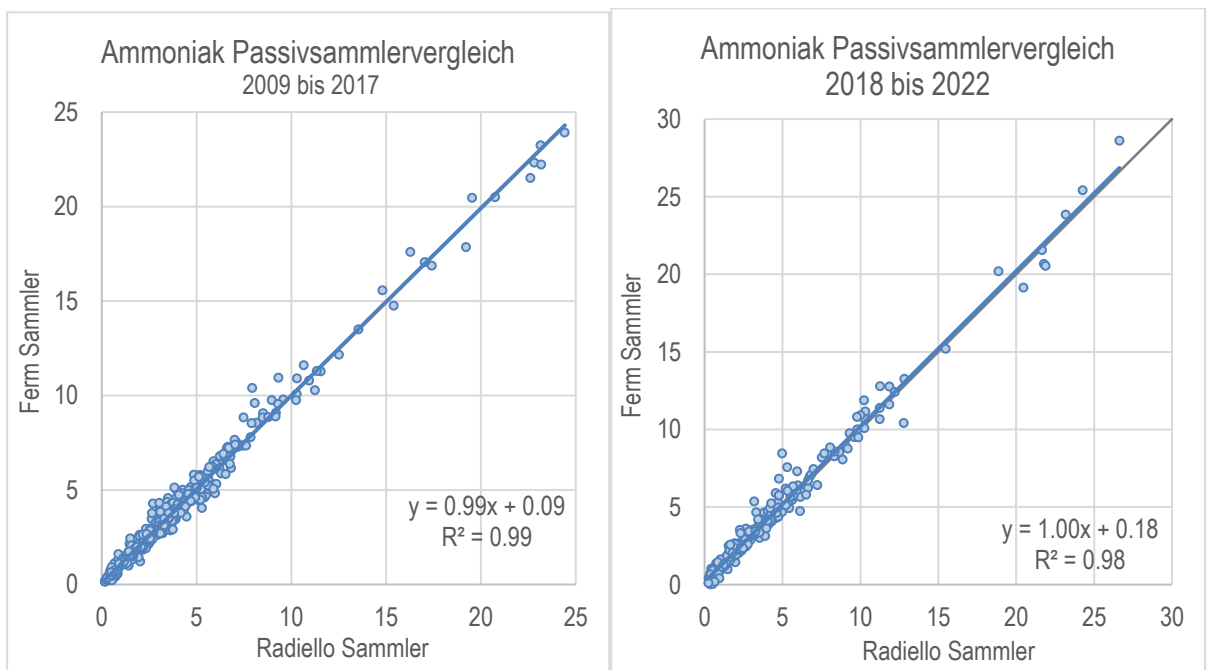


Abb. 58 Radiello- und Ferm-Passivsammler für Ammoniak im Vergleich  
 2 Passivsammlertypen der FUB: links 2009 bis 2017 (427 Datenpaare), rechts 2018 bis 2022 (299 Datenpaare)  
 Einheit:  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

## 6 Literatur

- Agriidea 2022: Emissionsmindernde Ausbringverfahren
- Agriidea & Landwirtschaftsamt Thurgau 2006: Projektskizze N-Effizienz der Hofdünger steigern durch Reduktion der Ammoniakverluste.
- BAFU 2011: BDM-Facts Nr.3: Stickstoffeintrag aus der Luft verändert Vielfalt.
- BAFU 2013: Stickstoffflüsse in der Schweiz 2020, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1309, 107 S.
- BAFU 2018: Umwelt Schweiz 2018 – Bericht des Bundesrates.
- BAFU 2020: Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen und Ammoniak-Immissionen. Bewertung anhand von Critical Loads und Critical Levels insbesondere im Hinblick auf einen kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2003, 23 S.
- BAFU 2023: Auszug aus dem Emissionsinventar EMIS der Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien.
- BAFU & BLW 2016: Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr.1633, Bern, 114 S.
- BAFU & BLW 2021A: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe 2021. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1101, 113 S.
- BAFU & BLW 2021B: Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe 2021. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1225, 61 S.
- BAFU & Empa 2020: Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) 2020.
- BBI 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes. Bericht des Bundesrats 11.9.2009, Bundesblatt Nr. 40 6.10.2009.
- Bobbink R., Loran C., Tomassen H. (eds.) 2022: Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Umweltbundesamt
- Cape J. N., van der Eerden L. J., Sheppard L. J., Leith I. D., Sutton M. A. 2009: Reassessment of Critical Levels for Ammonia. Chapter 2 In: Sutton M. A., Reis S., Baker S. M. H. (Eds) 2009: Atmospheric Ammonia, Springer Science +Business Media B. V. ISBN 978-1-4020-9120-9.
- Cercl'Air 2002: Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft – Grundlagen der Luftreinhaltung. Positionspapier des Cercl'Air – Bericht der Arbeitsgruppe Ammoniak-Emissionen.

- Cercl'Air 2016: Koordination von Ammoniak Immissionsmessungen mit Passivsammlern in der Schweiz, Empfehlung vom 18.11.2016
- CLRTAP 2017: Mapping Critical Levels for Vegetation. Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.  
[https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/FinalnewChapter3v4Oct2017\\_000.pdf](https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/FinalnewChapter3v4Oct2017_000.pdf)
- Dämmgen U., Thöni L., Lumpp R., Gilke K., Seidler E., Bullinger M. 2010: Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umgebungsluft, 2005 – 2008 in Braunschweig. vTI Johann Heinrich von Thünen-Institut Braunschweig, Sonderheft 337.
- EKL 2020: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Situation mit Bezug zur Landwirtschaft im Zeitraum 2000 – 2018. Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern.
- EKL 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013 – Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene.
- EKL 2014: Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträge. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern.
- EMEP: EMEP manual for sampling and chemical analysis:  
<http://www.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html> (Stand 26.04.2023).
- Empa 2006: Chemische Zusammensetzung des Feinstaubes während der Smoglagen im Januar/Februar 2006. Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik Empa Nr. 203'056/4.
- Empa 2021: Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub, Untersuchungen an ausgewählten NABEL-Standorten. Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik Empa.
- FOEN 2023: Switzerland's Informative, Inventory Report 2023, Submission of March 2023 to the United Nations ECE Secretariat. Federal Office for the Environment FOEN, Air Pollution Control and Chemicals Division, Bern.
- Kanton Appenzell Ausserrhoden 2008: Massnahmenplan Luftreinhaltung, Aktualisierung 2008.
- Kanton Luzern, Umwelt und Energie (uwe) 2007: Massnahmenplan Luftreinhaltung, Teilplan Ammoniak.
- KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft. Herausgeber: Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS).
- KOLAS und KVU 2022, Abdeckung von Güllelagern zur Reduktion von Ammoniakemissionen
- Kupper T., Häni Ch., Bretscher D., Zaucker F., 2022: Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020
- KVU 2006: Positionspapier über Ökologie und Landwirtschaft: Zustand wichtiger Umweltbereiche und Weiterentwicklung der agrarpolitischen Massnahmen vom 24. November 2006. Herausgeber: Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz, (KVU).

- Meier R., Weber R., Maly P., Seitler E., Thöni L. 2016: Arbeitsbericht zur Koordination von Ammoniak Immissionsmessungen mit Passivsammlern in der Schweiz. Projektausschuss der Begleitgruppe Ammoniakimmissionsmessungen.
- Ostluft 2022: Jahresbericht 2022 <https://jahresbericht.ostluft.ch/2022>
- PSI/uwe 2007: Verursacher von Feinstaub, Teilbericht 1 PSI: Januar Februar 2006, Teilbericht 2 uwe: Datenanalyse Reiden 2005/06, Paul Scherrer Institut / Umwelt und Energie Kanton Luzern.
- Rihm B., Achermann B. 2016: Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Swiss contribution to the effects-oriented work under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE). Federal Office for the Environment, Bern. Environmental studies no.1642: 78 p.
- Rihm B., Künzle T. 2023: Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990–2020. Meteotest, Bern, commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN).
- Roth T., Kohli L., Rihm B., Achermann B., 2013: Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 178: 121-126.
- Roth T., Kohli L., Rihm B., Amrhein V., Achermann B. 2015: Nitrogen deposition and multi-dimensional plant diversity at the landscape scale. R. Soc. open sci. 2: 150017.
- Seitler E. 2015: Einfluss der Expositionsdauer bei NH<sub>3</sub>-Passivsammlern von Radiello. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil.
- Seitler E. 2022: Einfluss der Expositionsdauer bei Fern-Passivsammlern für Ammoniak. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil.
- Seitler E., Thöni L. 2009: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz Sammel- und Messmethoden. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil.
- Seitler E., Meier M., Ehrenmann Z. 2021: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2019. FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung 8640, Rapperswil <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/studien.html> (Stand 16.04.2022).
- Seitler E., Schnyder R., Rihm B. 2023: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz, Beschreibung der Standorte und Daten. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil.
- Thimonier A., Kosonen Z., Braun S., Rihm B., Schleppi P., Schmitt M., Seitler E., Waldner P., Thöni L. 2019: Total deposition of nitrogen in Swiss forests: Comparison of assessment methods and evaluation of changes over two decades. Atmospheric Environment, Volume 198, p 335-350
- Thöni L., Brang P., Braun S., Seitler E., Rihm B. 2004: Ammonia monitoring in Switzerland with passive samplers: patterns, determinants and comparison with modelled concentrations. Environmental Monitoring & Assessment.

- UNECE 2007: Report on the Workshop on Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts. ECE/EB.AIR/WG.5/2007/3.
- UNECE 2014: Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen, ECE/EB.AIR/120.
- VDI 3869 Blatt 3 2010: Messen von Ammoniak in der Aussenluft; Probenahme mit beschichteten Diffusionsabscheidern (Denudern); Fotometrische oder ionenchromatografische Analyse. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
- VDI 3869 Blatt 4 2012: Messen von Ammoniak in der Aussenluft; Probenahme mit Passivsammlern; Fotometrische oder ionenchromatografische Analyse. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- Wey H., Ruckstuhl, C. 2022: Messbericht Ammoniak, Ammoniakmessungen in der Zentralschweiz von 2000 bis 2021, inNET Monitoring AG, Altdorf.
- WMO 2017: WMO Guide to meteorological instruments and methods of observation. WMO-No. 8 2014 edition, Part I, Chap. 16.

## 7 Anhang

### 7.1 Standort-Umplatzierungen

In den ersten Jahren wurden die Sammler nicht nach einheitlichen Kriterien platziert. 2008 wurden Kriterien definiert und Empfehlungen für Messstandorte formuliert (Kapitel 3.2). An manchen Standorten wurden daraufhin die Passivsammler höher gehängt, um den Messempfehlungen zu entsprechen. Wenn möglich wurde jeweils über ein Jahr an der alten und der neuen Position gemessen, die alten Werte wurden, wenn nötig, mit den durch die Vergleichsmessungen ermittelten Faktoren umgerechnet, um die langjährigen Messreihen zu erhalten. Andere Standorte mussten im Lauf der Jahre, meist wegen Bauarbeiten, verschoben werden. In Tabelle 12 sind die Standorte mit Änderungen aufgeführt.

Tab. 12 bedeutender Wechsel am Standort  
Standorte die umplatziert werden (mussten) aber weitergeführt wurden.

Nr.	Code	Standort Name	Kt. / Land	Stao der langj. Entw.	bedeutender Wechsel	Vergleichsmessungen, Umrechnung der alten Werte
46	AIG	Gonten	AI	seit 2013	2021 um 100 m verschoben	nein
11	AIO	Oberegg	AI	–	2022 Aug. - Dez. Messlücke und um 90 m verschoben	nein
78	APS	Steinegg	AI	seit 2004	2008 ca. 10 m verschoben	nein
	ESC 08	Eschenbach 8	LU	seit 2004	2006 4 Monate lang versetzt	nein
82	ESC 14	Eschenbach 14	LU		2014 verschoben	nein
67	EST	Eschen	FL	seit 2008	2013 um 570 m verschoben	nein
70	HÄG	Hägenschwil	SG	seit 2004	2018 120 m versch. + von 1.7 auf 3.5 m höher gehängt	nein
75	HOL 01	Holderhus 1	LU	seit 2000	2007 von 1.2 auf 4 m höher gehängt	ja, $HOL\ 01 = HOL\ 00 * 0.98 + 0.90$ ( $R^2 = 0.95$ )
92	LUG	Lugano	TI	seit 2000	1999 - 2005 grosse Umbauten, mehrmals verschoben	nein
60	MAU 01	Mauren 1	TG	seit 2000	2009 von 1.7 auf 3 m höher gehängt	ja, $MAU\ 01 = MAU\ 00$ ( $R^2 = 0.92$ )
35	N14	Domat/Ems	GR	seit 2013	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	nein
77	NGD 01	Grüsch Dorf 1	GR	–	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	ja, $NGD\ 01 = NGD\ 00 * 1.02$ ( $R^2 = 1.00$ )
55	NZI 01	Zizers 1	GR	seit 2013	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	ja, $NZI\ 01 = NZI\ 00 * 0.96$ ( $R^2 = 0.98$ )
68	SCHÜ 00	Schüpfheim 0	LU	seit 2000	2007 10 m verschoben, von 1 auf 3 m höher gehängt	nein
80	WAU 13	Wauwil 13	LU	seit 2004	2006 höher gehängt	nein
94	WIE	Zürich Wiedikon	ZH	–	um 2010 Messwagen wenig verschoben	nein
7	ZB 01	Zugerberg 1	ZG	seit 2000	2007 von 1.3 auf 2.2 m höher gehängt	ja, $ZB\ 01 = ZB\ 00 * 1.05$ ( $R^2 = 0.97$ )

## 7.2 Beschreibung der Standorte

Tab. 13 Standortbeschreibung tabellarisch  
Beschreibung der Standorte, sortiert nach Belastungstypen und Immissionsklassen.

Nr. (Karte Abb.1)	LZM Kat	Code	Standort Name	Standort Gebiet	Kt. / Land	Stationsbetreiber		Koordinaten		Höhe m ü.M.	Relief	Expo- sition	Neigung > 5 % %	Höhe Sammler ü. Boden m
						E	N	E	N					
1		TRS	Triesenberg	Steg	FL	FL		762435	219671	1307	E	—	21	3
2	LZM	CHA	Chaumont	Neuenburg	NE	NABEL		565085	211040	1136	H	SE	7	3.5
3		RAN	Merishausen Hagenturm		SH	OSTLUFT		684769	292087	900	H	SE	7.3	
4	LZM	RIG	Rigi-Seebodenalp		SZ	NABEL		677835	213440	1031	H	NW	30	2
5		AIB	Brülisau	Rossweid	AI	OSTLUFT		752549	239898	956	H		16	3
6		GAK	Gais	Kleckelmoos	AR	OSTLUFT		753878	247097	966	E	N	9	3.5
7	LZM	ZB 01	Zugerberg 1	Zug	ZG	IAP		682992	220489	990	K	—		2.2
8		FRÜE	Früebüel	Zugerberg	ZG	InNET		683416	218902	980	E	—		2.4
9		BA	Bachtel	hinterer Sennenberg	ZH	OSTLUFT / FUB		710340	239607	930	H	E	18	1.4
10		ZIGE	Zigerhütli	Oberägeri	ZG	InNET		691689	220849	989	H	W	14	2.3
11		AIO	Oberegg	St. Anton	AI	Kt. AI		758659	253404	1071	H	NW	12	2.5
12		NTW	Trimmis	Wilenen	GR	Kt. GR		761512	195108	703	H	NW	14	3
13	LZM	SARE	Sagno Reservoir		TI	IAP		724286	80024	820	T			1.7
14		WIH	Winterthur	Hoh Wülflingen	ZH	OSTLUFT / FUB		693935	261383	513	H	SW	8	4
15		AEG	Knonau	Ägelsee	ZH	OSTLUFT / FUB		675521	232695	449	E	—		3
16		TAB	Turbenthal	Tablat Risihölzli	ZH	OSTLUFT		707669	252229	641	H	SW	23	3
17		RAF	Hüntwangen	Ratzerfeld	ZH	Kt. ZH / FUB		678908	271880	399	E	—		4
18		ROPF	Pfahlbautenweg	Robenuserriet	ZH	Kt. ZH / FUB		701636	244049	537	E	—		3.6
19		WBM	Mollis	Welschenbühl	GL	Kt. GL		725392	219122	831	H	NW	10	2
20		SCH	Schänis	Wellrüt	SG	OSTLUFT, WSL/LW		722923	223521	630	H	W	59	2
21		HUD 0	Hudelmoos 0	Amriswil	TG	OSTLUFT		739134	265420	518	E	—		3
22		IMM	Immenberg	Maggenauer	TG	OSTLUFT		716416	265344	547	H		25	2.7
23		GMO	Gänsemoos		BE	Kt. BE		593658	186957	797	E	—		
24		VTG	Gwatt	Thun	BE	Kt. BE		614540	174585	558	E	—		7
25		BRIS	Brislach	Feberech	BL	Kt. BL		608865	252037	450	E	—		4
26		IEB	Bärau		BE	Kt. BE		628595	197847	725	T	NW	9	7
27	LZM	PAY	Payerne		VD	NABEL		562285	184775	489	E	—		3.5
28		RO	Root Michaelskreuz		LU	InNET		673847	218489	791	H	NW	17	1.7
29	LZM	WTG1	Gimmiz Dach	Walperswil	BE	Kt. BE		585511	211410	444	E	—		3.0
30		HEMO	Hessigkofen Moosgasse		SO	Kt. SO		601471	220742	605	E	—		4
31		ILN 01	Illnau-Effretikon 1	Chrüzegg	ZH	Kt. ZH / FUB		696314	251183	540	E	—		4
32		DEB	Näfels	Schwärzistrasse	GL	Kt. GL		723928	218452	436	E	—		9.5
33		BENN	Bennwil	Sonnenblick	BL	Kt. BL		625684	250596	540	K	—		4
34		MI01	Misery	Le Haut du Mont	FR	Kt. FR		571915	189478	607	K	—		2.6
35		N14	Domat/Ems	Plarena	GR	Kt. GR		755100	189730	570	E	—		2
36	LZM	BIR1	Birrfeld 1	Lupfig	AG	Kt. AG		658980	254775	393	E	—		3
37	LZM	WTGS	Gimmiz Süd	Walperswil	BE	Kt. BE		585417	211024	444	E	—		3.3
38		HBL	Lotzwil		BE	Kt. BE		625558	226796	509	E	—		3
39		FRAU	Kloster Frauental	Cham	ZG	InNET		674546	229562	395	E	—		2.3
40	LZM	VU01	Vuisternens-en-Ogoz	Au Lieu dit Le Chapy	FR	Kt. FR		569708	173324	850	K	—		3
41	LZM	SZ-01	Schwyz Bauschli		SZ	InNET		692420	207555	490	E	—		3
42		INWI	Inwil	Baar	ZG	InNET		682567	226900	437	E	—		2.3
43	LZM	TAE	Tänikon	Aadorf	TG	NABEL		710500	259810	538	E	—		3.5
44		KBR	Uznach	Kaltbrunner Ried	SG	OSTLUFT		717580	230665	408	E	—		3
45		SSH	Stein	Sägehüsi	AR	OSTLUFT		745030	247240	722	H	E	7.7	
46	LZM	AIG	Gonten	Gontenbad	AI	Kt. AI		745301	243603	898	E	—		3.5

LZM = Standort des Langzeironitorings  
MAX = Hochimmissionsstandort

E = Ebene  
H = Hang  
K = Kuppe  
T = Terrasse



Nr. (Karte Abb.1)	Code	Belastungstyp	Immis- sionskl. $\mu\text{g m}^{-3}$	landwirtschaftliche Nutzung	Strassen- abstand	Verkehr DTV (% LKW)	Siedlungs- grösse	Abstand zu				LW- Betrieb	
								Flach- moor	Hoch- moor	Trocken- wiese	Wald		
								m	m	m	m		
1	TRS	Ländlich, > 900 m ü. M.	< 1	Wesen, Kuhweide	—	—	Einzelhöfe	—	—	90	170		
2	CHA	Ländlich,	1 – 3	Wesen, Weiden, Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	85		
3	RAN	oberhalb 900 m ü. M.		?	—	—	—	—	—	0	10	1350	
4	RIG			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	85		
5	AIB			Flachmoor	—	—	Einzelhöfe	0	—	1480	120	404	
6	GAK			Naturschutzfläche, Streuwiese	—	—	Einzelgebäude	0	320	—	200	230	
7	ZB 01			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhof	—	80	—	50		
8	FRÜE			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	—	50	—	80		
9	BA			Wesen, Weiden, Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	80	140	
10	ZIGE			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	5	720	—	190		
11	AIO	Ländlich, > 900 m ü. M.	3 – 5	Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	75	90	
12	NTW	Ländlich,	1 – 3		—	—		—	—	0	120	766	
13	SARE	unterhalb 900 m ü. M.		—	—	—	Weiler	—	—	—	7		
14	WH			Wesen, Ackerbau	—	—	Weiler	—	—	0	70	825	
15	AEG			Schweinezuchtbetrieb	—	—	Einzelhöfe	0	0	—	50	180	
16	TAB			Wesen, Weiden	—	—				180	15	430	
17	RAF			Obstgarten, Ackerbau	—	—	kleines Dorf	—	—	800	120	35	
18	ROPF			Naturschutzgebiet	—	—	—	0	0	—	860	748	
19	WBM			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	250	—	—	35		
20	SCH			Weide, Schafe, seit 2013 Rinder	—	—	Einzelgebäude	—	—	—	25		
21	HUD 0			Moor: direkt keine	—	—	—	0	0	—	10	1110	
22	IMM				—	—	kleines Dorf	—	—	280	60	197	
23	GMO			Wesen, Ackerbau, Reistall	—	—	Weiler	—	0	—	0	214	
24	VTG	Ländlich,	3 – 5	extensive Bewirtschaftung	—	—	Kleinstadt	0	—	—	720		
25	BRIS	unterhalb 900 m ü. M.		Wese, Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	285		
26	IEB			Wesen, Weiden, wenig Ackerbau	—	—	kleines Dorf	—	—	—	130		
27	PAY			Grasland, Ackerbau	—	—	grosses Dorf	—	—	—	1500		
28	RO			Obst-, Graswirtschaft	—	—	Weiler	—	—	—	90	150	
29	WTG1			Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Einzelhof	—	—	1000	2000		
30	HEMO			Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Weiler, Einzelhof	—	—	—	200		
31	ILN 01			Ackerbau, Graswirtschaft	—	—	kleines Dorf	620	630	—	440		
32	DEB				10	?	grosses Dorf	—	—	—	140		
33	BENN			Wese, Landwirtschaft	—	—	Weiler	—	—	—	210		
34	MI01			Ackerbau, Gras-, Weidewirtschaft	—	—	Weiler	—	—	—	700		
35	N14			Wese, Landwirtschaft	150	27'500 (6%)	kleines Dorf	—	—	880	830		
36	BIR1			Wesen, Weiden	—	—	Industrie, Einzelhof	—	—	1500	630		
37	WTGS			Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Weiler, Einzelhof	—	—	620	2000		
38	HBL			intensive Landwirtschaft	—	—	—	—	—	—	160		
39	FRAU			Wesen, Weiden	—	—	Weiler	140	—	—	80		
40	VU01			Gras-/Weidewirtschaft, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	380		
41	SZ-01			Wesen, Weiden	15	?	grosses Dorf	—	—	—	1000	135	
42	INW			Wesen, Weiden	—	—	Kleinstadt	—	—	—	720		
43	TAE			intensive Landwirtschaft	—	—	grosses Dorf	—	—	—	600	125	
44	KBR			Wesen, Ackerbau	—	—	grosses Dorf	170	—	—	1650	692	
45	SSH			Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	1000	205	260	
46	AIG			Landwirtschaft, Naturschutzgebiet	—	—	Einzelhöfe	70	190	—	380	453	

Strassenabstand: — = &gt; 200 m

Verkehr DTV: — = &lt; 2000 Fahrzeuge

# Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz – 2000 bis 2022

Nr. (Karte Abb.1)	LZM Kat	Code	Standort Name	Standort Gebiet	Kt. / Land	Stationsbetreiber	Koordinaten		Höhe m ü.M.	Relief	Expo- sition	Neigung > 5 %	Höhe Sammler ü. Boden m
							E	N					
47	RRI		Rugell	Riet	FL	FL	760091	235669	431	E	—		2.8
48	KIT		Kirchberg	Turpenriet	SG	OSTLUFT	720314	251605	740	E	—		3
49	NMS		Malans	Rütönen	GR	Kt. GR	761785	204850	529	E	—		2
50	MAEM		Matzendorf Emet		SO	Kt. SO	614279	240205	594	K	—		4
51	BSZ		Ziegelbrücke	Berufsschule	GL	Kt. GL	722744	221825	424	E	—		5
52	KAP		Kappel am Albis	Uerzlikon	ZH	Kt. ZH	680066	230326	527	E	—		4
53	GEF		Gelfingen		LU	IAP	663397	230005	572	H	SW		3.5
54	SAM2		Suhretal 2	Staffelbach	AG	Kt. AG	646488	236250	493	H	SW	7	3
55	LZM	NZI 01	Zizers 1	Neulöser	GR	Kt. GR	761250	201200	527	E	—		3
56	BRM		Beromünster NABEL		LU	NABEL	655840	226780	797	K	—		
57	SHkl		Neunkirch Ersipel		SH	Kt. SH	678190	283124	420	E	—		4
58	ZUZ		Zuzwil	Zuzwiler Riet	SG	OSTLUFT	726963	259705	533	E	—	8	3
59	LZM	WAU 16.4	Wauwil 16		LU	InNET	643707	224651	499	E	—		4
60	LZM	MAU 01	Mauren 1	Pünt	TG	OSTLUFT	729182	269404	439	E	—		3
61		ZG-02	Niederwil 2		ZG	InNET	676164	229277	420	E	—		3
62	LZM	NEU 02	Neudorf 2		LU	InNET	659706	224499	735	H	NE	6	3
63	NRB		Bilten	Niederriet	GL	Kt. GL	719002	225156	411	E	—		2.2
64	LZM	MAG	Magadino-Cadenazzo		TI	NABEL	715500	113195	203	E	—		3.5
65		OW-02	Obwalden 2	Kerns	OW	InNET	664518	195592	560	E	—		4
66	LZM	NW-03	Oberdorf Schiesstand		NW	InNET	672375	200273	466	E	—		3.7
67		EST	Eschen	Schwarze Strasse	FL	FL	757866	228970	441	E	—		2
68		SCHÜ 00	Schüpfheim 0		LU	InNET	644727	201091	735	H	SE	9	3
69		TUG01	Tuggen		SZ	InNET	714630	228761	409	E	—		4
70	MAX	HÄG	Häggenschwil	Buo	SG	OSTLUFT	743590	261675	555	E	—		3
71	LZM	URI 01	Uri 1	Erstfeld	UR	InNET	691655	188171	455	E	—		3
72		NE 03	Le Landeron	Station MétéoSuisse, Entre-deux-Lacs	NE	Kt. NE	571165	210798	431	E	—		
73	BAV		Balzers	Aviois	FL	FL	756662	215349	473	E	—		1.8
74		ALB	Allstätten	Bannriet	SG	OSTLUFT	761030	247635	420	E	—		3.5
75		HOL 01	Holderhus 1	Neuenkirch	LU	InNET	657129	216962	590	H	N	7	4
76		SIN3	Freiamt 3	Sins	AG	Kt. AG	670061	227561	519	E	—		3
77	MAX	NGD 01	Grüsch Dorf 1		GR	Kt. GR	768490	205450	615	E	—		3
78	MAX	APS	Steinegg	Rödelbach	AI	OSTLUFT	750830	243700	820	E	—		1.7
79	LZM	ESC 07	Eschenbach 7		LU	InNET	665253	221074	498	H	NW	4	3
80		WAU 13	Wauwil 13		LU	InNET	644669	224165	501	E	—		3
81		WEIN	Weinfeldern	Weid	TG	OSTLUFT	723547	270162	422	E	—		3
82	MAX	ESC 14	Eschenbach 14		LU	InNET	663386	221017	541	H	E	6	3
83		OSD	Ossingen	Dachshuserriet	ZH	OSTLUFT / FUB	694191	275542	410	E	—		4
84		NET	Neerach	Turpenlöcher	ZH	OSTLUFT / FUB	678574	262079	409	E	—		4
85		WIG	Netstal	Wiggisparkzentrum	GL	Kt. GL	723045	214203	455	E	—		12.5
86		SLI 01	Schaan 1	Lindenkreuzung	FL	FL	757046	226080	450	E	—		2.2
87	LZM	HAGN	Hägendorf Gnöd		SO	Kt. SO	629822	243741	590	T	—		4
88		NV4	San Vittore	San Vittore	GR	Kt. GR	727760	121500	270	E	—		2
89	LZM	SIO	Sion-Aeroport		VS	NABEL	592545	118745	483	E	—		3.5
90	LZM	HAE	Härkingen		SO	NABEL	628875	240180	431	E	—		3.5
91	LZM	BAS	Basel-Binningen		BL	NABEL	610890	265605	316	E	—		3.5
92	LZM	LUG	Lugano		TI	NABEL	717610	96645	280	E	—		2
93		SOAL	Solothurn Altwyberhüsli		SO	Kt. SO	607067	229174	453	E	—		3
94		WE	Zürich Wiedikon	Schimmelstrasse	ZH	OSTLUFT	681950	247250	415	E	—		2.9

LZM = Standort des Langzeitmonitorings  
MAX = Hochimmissionsstandort

E = Ebene  
H = Hang  
K = Kuppe  
T = Terrasse

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Belastungstyp	Immis- sionskl. $\mu\text{g m}^{-3}$	landwirtschaftliche Nutzung	Strassen- abstand	Verkehr DTV (% LKW)	Siedlungs- grösse	Abstand zu				LW- Betrieb	
								Flach- moor	Hoch- moor	Trocken- wiese	Wald		
								m	m	m	m		
47	RRI	Ländlich,	5 – 8	Wesen, Weiden	—	—	—	0	—	—	—	770	
48	KIT	unterhalb 900 m ü. M.		Ackerbau, Wesen, Weiden	50	?	grosses Dorf	0	—	—	—	330	
49	NMS			Wiese, Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf	—	—	—	370	800	
50	MAEM			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	—	435	145
51	BSZ			Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf	—	—	—	660	300	
52	KAP			Ackerbau, Wesen, Weiden	—	—	Weiler	740	740	—	—	150	150
53	GEF			Wesen, Weiden	—	—	kleines Dorf	—	—	—	—	18	
54	SAM2			Wesen, Weiden	—	—	Weiler	—	—	—	—	700	
55	NZI 01			Wiese, Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	1250	700	
56	BRM			Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	—	400	
57	SHkl			Ackerbau, Obstbäume	—	—	—	—	—	—	—	1700	
58	ZUZ			Wesen, Weiden	—	—	kleines Dorf	80	—	—	—	300	308
59	WAU 16.4			Naturschutzgebiet, Wiesen	—	—	—	10	—	—	—	600	
60	MAU 01			int. Landwirtschaft, Acker, Obstbau	150	6'700 (<5%)	Weiler	—	—	—	—	890	
61	ZG-02			Wesen, Weiden, Ackerbau	—	—	kleines Dorf	1450	—	—	—	150	
62	NEU 02			Weide, Acker	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	—	560	
63	NRB			Wesen, Weiden	300	?	Kläranlage 300 m	20	—	—	—	550	
64	MAG			Obst- u. Gemüseanbau	—	—	Einzelgebäude	350	—	—	—	570	80
65	OW-02			Wesen, Weiden	—	—	Weiler, Industrie	—	—	—	—	520	
66	NW-03			Wesen, Weiden	115	?	Einzelhöfe	—	—	—	1100	370	150
67	EST			Wesen, Ried	—	—	Einzelhof	800	—	—	—	985	40
68	SCHÜ 00			Wesen, Weiden	—	—	grosses Dorf	—	—	—	—	240	
69	TUG01			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	kleines Dorf	870	—	—	—	930	390
70	HÄG			intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler, Einzelhof	—	—	—	—	230	100
71	URI 01			offenes Wiesland, Futterbau, Weide	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	1300	500	120
72	NE 03			Ackerbau	—	—	grosses Dorf	—	—	—	1400	1300	
73	BAV			Wesen, Kuhweide	60	ca. 7'100	grosses Dorf	—	—	—	600	180	205
74	ALB	Ländlich,	> 8	Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhof	60	—	—	—	3300	500
75	HOL 01	unterhalb 900 m ü. M.		Obstbau, Wiese	—	—	grosses Dorf	—	—	—	—	30	85
76	SIN3			Wesen, Weiden	—	—	Weiler, Einzelhöfe	—	—	—	—	75	120
77	NGD 01			Wiese, Landwirtschaft	100	10'980 (6%)	kleines Dorf	—	—	—	275	700	90
78	APS			intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler, Einzelhöfe	—	—	—	—	380	190
79	ESC 07			intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	—	620	
80	WAU 13			sehr intensive Landwirtschaft	—	—	—	550	—	—	—	560	
81	WEIN			Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhof	—	—	—	—	330	
82	ESC 14			intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	—	340	80
83	OSD	Ländlich,	1 – 3	Gemüse-, Ackerbau	(740)	(33000)	—	40	—	—	—	60	510
84	NET	verkehrsbelastet	1 – 3	Naturschutzfläche, keine Bewirtschaftung	140	5'000<X<20'000	—	0	—	—	—	660	433
85	WIG	Ländlich, verkehrsbel.	3 – 5		65	18500	grosses Dorf	—	—	—	230	200	
86	SLI 01	Ländlich, verkehrsbel.	5 – 8	keine	ca. 4	?	grosses Dorf	—	—	—	750	880	300
87	HAGN	Ländlich, an Autobahn	1 – 3	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	130	45000	Weiler	—	—	—	1520	130	
88	NV4	Ländlich, an Autobahn	3 – 5	Wiese, Landwirtschaft	200	11'500, 6%	Industrie	—	—	—	480	230	
89	SIO		3 – 5	Obstbau	30	40'000 (5%)	Industrie	—	—	—	880	750	
90	HAE	Ländlich, an Autobahn	5 – 8	intensive Landwirtschaft	20	90'000 (13%)	kleines Dorf	—	—	—	—	670	
91	BAS	Vorstädtisch	1 – 3	Parkanlage, Schrebergärten	200	Stadtverkehr	Stadt	—	—	—	780	65	
92	LUG	Städtisch	1 – 3	—	50	Stadtverkehr	Stadt	—	—	—	—	0	
93	SOAL	Städtisch, verkehrsbel.	1 – 3	Ackerbau, Graswirtschaft	25	10000	Kleinstadt	—	—	—	—	—	
94	WE	Städtisch, verkehrsbel.	3 – 5	—	5	27'000 (5.5%)	Stadt	—	—	—	—	—	

Strassenabstand: — = &gt; 200 m

Verkehr DTV: — = &lt; 2000 Fahrzeuge







## **7.5 Weitere Standorte**

Das Schweizer Messnetz umfasst weitere, in diesem Bericht nicht aufgeführte Standorte:

- Standorte, die im Bericht der Zentralschweizer Ammoniakmessungen oder der OSTLUFT beschrieben werden (Wey et al. 2022, OSTLUFT 2022), oder zu Projekten mit anderer Fragestellung / Ausrichtung gehören (Tabelle 16).
- Standorte, an denen erst ein Jahr gemessen wurde (Tabelle 17).





Tab. 17 Erst oder nur 2022 beprobte Standorte, Beschreibung und Jahresmittelwerte  
 Standorte im Messnetz, auf die in diesem Bericht nicht eingegangen wurde.  
 Die Jahreswerte sind aufgeführt, wenn mindestens über 85 % (Jahr) der Zeitspanne exponiert wurde.

Code	Standort Name	Kt.	Stations- Land betreiber	Koordinaten		Höhe			Relief	Expo- sition	Sammler ü. Bod.	Belastungstyp	Abstand zu					LW- Betrieb
				E	N	m	ü. M.	m					Immis- sionstyp	Flach- moor	Hoch- moor	Trocken- wiese	Wald	
				m	m	m	m	m	m	m	m	$\mu\text{g m}^{-3}$	m	m	m	m	m	
JBP	Le Bémont - Le Péché	JU	Kt. JU	569452	235462	941				2.8	Land, >900 m	3-5	—	160	—	160	88	
JCB	La Chaux-des-Breuleux	JU	Kt. JU	569287	230183	1017				3.1	Land, >900 m	1-3	—	160	oui	220	339	
JCE	Chevèze	JU	Kt. JU	565591	250645	539				3	Land, <900 m	1-3	—	—	—	220	1078	
JCM	Coeuve - sur le Mont	JU	Kt. JU	573506	255772	526				2.9	Land, <900 m	1-3	—	—	—	0	205	
JCO	Courtételle - Les Grands-P	JU	Kt. JU	591747	244097	429				2.7	Land, <900 m	3-5	—	—	0	320	96	
JCV	Muriaux - Cerneux-Veusil	JU	Kt. JU	564483	225813	1035				3.3	Land, >900 m	1-3	—	—	—	25	541	
JDA	Dampfreux - marais	JU	Kt. JU	575888	258559	437				3	Land, <900 m	3-5	225	—	oui	128	598	
JOR	Bourrignon - Les Ordonns	JU	Kt. JU	584378	248643	989				3.03	Land, >900 m	1-3	—	—	370	40	540	
JSL	Soulce	JU	Kt. JU	587082	240318	782				2.9	Land, <900 m	<1	—	—	530	30	1075	
JSU	Saint-Ursanne - ENV	JU	Kt. JU	579663	246146	441				2.95	Land, <900 m	1-3	—	—	80	30	800	
WAG	Walensstadt	SG	OSTLUFT	743429	219938	430	E	—	3		Land, <900 m	5-8	0	—	—		562	
WIM	Wildhaus	SG	OSTLUFT	744648	229446	1021	S		3		Land, >900 m	1-3	0	140	—	220	504	
SCHUB01	Schübelbach 1a	SZ	InNET	712488	226762	424	E		4		Land, <900 m	>8	—	—	—	0	184	
WAN01a	Wangen 1a	SZ	InNET	709332	227470	422	E		4		Land, <900 m	>8	—	—	—	850	355	
HES	Herdern	TG	OSTLUFT	710220	273997	585					Land, <900 m	1-3	—	—	0	40	348	
WEW	Weerswilen	TG	OSTLUFT	727744	271190	627					Land, <900 m	1-3	—	—	0	55	529	
APR	Beim Schloss A Pro	UR	InNET	689265	193430	439					Land, <900 m	3-5	170	—	—	480	214	
GRT	Gartenmatt	UR	InNET	690175	193550	439					Land, <900 m	5-8	830	—	—	270	225	
SCB	Schattdorf-Bürglen	UR	InNET	693000	191608	501					Land, <900 m	3-5	—	—	—	250	65	
RVI	Rigoles de Vionnaz	VS	Kt. VS	559565	128095	385					Land, <900 m	3-5	0	—	—	250		

E = Ebene

S = Senke

Code	direkte Umgebung	Strassen- abstand	Verkehr DTV (% LKW)	Siedlungs- grösse	Ammoniakkonzentration in Luft, Jahresmittelwerte $\mu\text{g m}^{-3}$													
					2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
JBP																		3.5
JCB																		2.7
JCE																		2.2
JCM	kleine Lichtung, Laubwald																	1.8
JCO	Trockenwiese																	3.7
JCV	Waldrand, Nadelwald, Weiden																	1.2
JDA	Moor, Wiesen																	3.2
JOR																		1.6
JSL	Waldlichtung																	1.0
JSU	Parkplatz, Wald, Weiher																	1.4
WAG	Flachmoor	0 (Autobahn)		kleines Dorf														7.2
WIM	Hochmoor/Waldnah			kleines Dorf														1.6
SCHUB01	Wiesen, Ackerbau																	9.4
WAN01a	Wiesen, Ackerbau																	8.2
HES	Trockenwiese																	2.9
WEW	Trockenw. /Waldnah																	2.7
APR																		4.8
GRT																		5.5
SCB																		4.9
RVI	Flachmoor, int. Landwirtschaft, Laubwald																	3.1

## 8 Glossar

Aerosole	Gemische aus festen und/oder flüssigen Schwebeteilchen in der Luft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
Boxplot	Diagramm zur grafischen Darstellung der Verteilung von Resultaten, zur Vermittlung in welchem Bereich die Daten liegen und wie sie sich über diesen Bereich verteilen.
CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution bzw. Genfer Luftreinhaltekonvention
Critical Levels	Konzentration bzw. Dosis eines Schadstoffes in der Atmosphäre, bei deren Überschreitung nachteilige Effekte bei Pflanzen, Tieren oder Menschen auftreten können.
Critical Loads	Kritische Eintragungsgrenzen, bei deren Überschreitung negative Veränderungen an verschiedenen Ökosystemen (z.B. Wälder, Moore) auftreten.
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme; Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmissions of air pollutants
FOEN	Federal Office for the Environment (Englisch für BAFU)
GAW	Global Atmosphere Watch, Programm der WMO
in-LUFT	Messnetz zur Luftqualitätsüberwachung auf dem Gebiet der Zentralschweiz der Kantone Uri, Schwyz, Nidwalden, Obwalden, Luzern und Zug
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
LWF	Langfristige Waldökosystem-Forschung
LwG	Bundesgesetz über die Landwirtschaft
NILU	Norwegian Institute for Air Research
oligotroph	nährstoffarm (für Gewässer und Moore)
OSTLUFT	Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone Appenzell-Innerrhoden, Appenzell-Ausserrhoden, Glarus, Graubünden (Teil), St. Gallen, Schaffhausen, Thurgau und Zürich und des Fürstentums Liechtenstein
PM1	Particulate Matter mit einem aerodynamischen Durchmesser von <1 µm, lungengängiger Feinstaub
PM10	Particulate Matter mit einem aerodynamischen Durchmesser von <10 µm, einatembarer Feinstaub
Quelle	Emissionsverursacher
Ressourcenprogramm	Förderung der nachhaltigen Stickstoff-Ressourcennutzung durch das BLW
Senke	Oberfläche an der Stoffe abgelagert und so der Atmosphäre entzogen werden
swisstopo	Bundesamt für Landestopographie
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WMO	World Meteorological Organisation