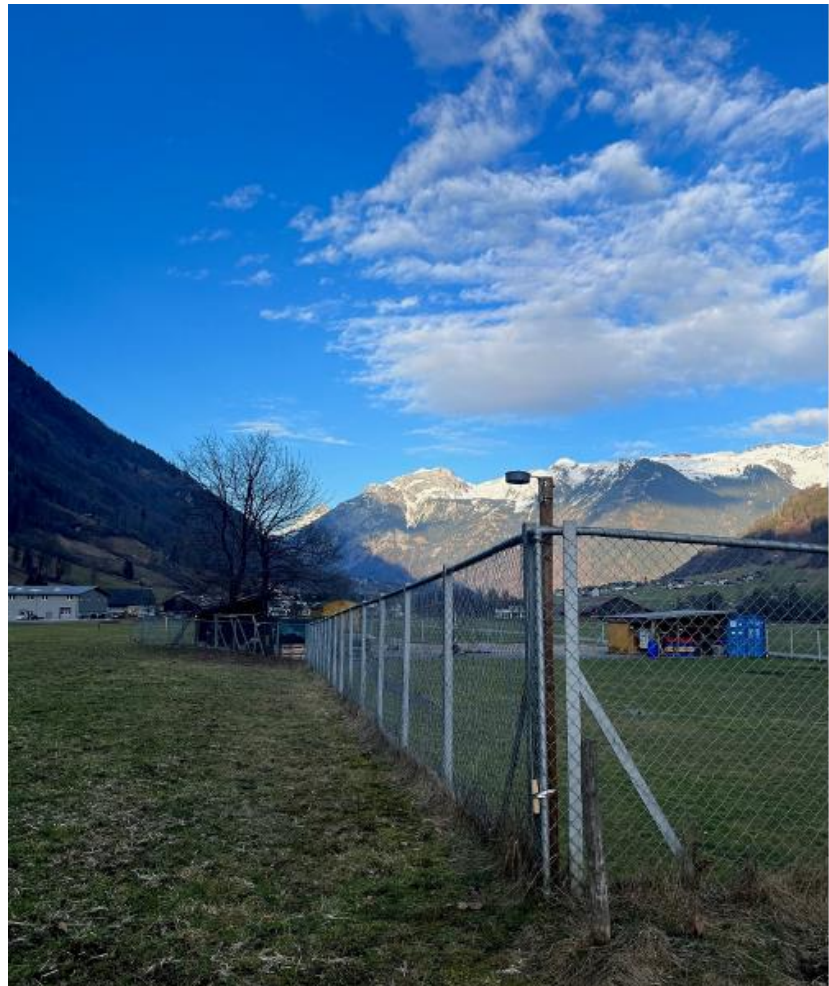


Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2023 Messbericht

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



Autorenschaft:
Eva Seitler, Mario Meier
Juli 2024

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

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		Nadine Engbersen, Ursina Schwyn
Kt. AG	Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt	Franziska Holzer Küng
Kt. AI	Amt für Umwelt	Desirée Kleger
Kt. AR	Amt für Umwelt	Marlene Rüegg, Rebecca Holdener
Kt. BE	Amt für Umwelt und Energie	Anuschka Neira, Silvia Hubschmid
Kt. BL/BS	Lufthygieneamt beider Basel	Enrica Sendelov
Kt. FR	Service de l'environnement / Amt für Umwelt	Marc Schwärzel, Daniel Clement
Kt. GL	Umweltschutz und Energie	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 und Energie	Karin Odermatt, Corina Müller
Kt. OW	Amt für Landwirtschaft und Umwelt	Marco Dusi
Kt. SG	Amt für Umwelt	Susanne Schlatter
Kt. SH	Interkantonales Labor, Schaffhausen, Immissionen	Roman Fendt
Kt. SO	Amt für Umwelt	Birgit Wittel
Kt. SZ	Amt für Umwelt und Energie	Christian Kiebele
Kt. UR	Amt für Umweltschutz, Abt. Immissionsschutz	Regula Hodler
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	Roy Eugster (Kt. ZH)
WSL/LWF	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf Messungen auf LWF-Flächen	Maria Schmitt, Joachim Zhu

Autorenschaft

Eva Seitler und Mario Meier
FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG
Alte Jonastrasse 83
CH – 8640 Rapperswil
E-Mail: fub@fub-ag.ch, 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

Standort LUT, Luchsingen Tschächli, Kanton Glarus (Foto: Sara Bachmann, Umweltschutz und Energie GL)

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

1	Zusammenfassung, Résumé, Summary	1
1.1	Zusammenfassung.....	1
1.2	Résumé.....	4
1.3	Summary.....	7
2	Einleitung	10
2.1	Ausgangslage	10
2.2	Zielsetzung.....	12
2.3	Projektrahmen.....	12
3	Methodisches	14
3.1	Messsystem	14
3.2	Empfehlung für Messstandorte	14
3.3	Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionsklassen.....	15
3.4	Zeitraum und Umfang der Messungen.....	15
3.5	Langzeitmonitoring.....	16
3.6	Messstandorte im Überblick	16
3.7	Auswertung	19
3.7.1	Jahres-, Saison- und Monatsmittelwerte	19
3.7.2	Boxplots.....	19
4	Resultate	20
4.1	Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen.....	20
4.1.1	Messungen an 7 Standorten seit 2000.....	20
4.1.2	Messungen an 12 Standorten seit 2004.....	21
4.1.3	Messungen an Standorten des Langzeitmonitorings	22
4.2	Vergleich mit Critical Levels	24
4.3	Vergleich mit Emissionsentwicklung	26
4.4	Zeitreihen der einzelnen Standorte	27
4.5	Jahresverläufe der Konzentrationen	48
4.6	Beispiele regionaler Messnetze	51
4.6.1	Kanton Bern.....	51
4.6.2	Kanton Solothurn.....	52
4.6.3	Kanton Schaffhausen	54
4.6.4	Kanton Graubünden	55
4.6.5	Kanton Luzern, Höhen transekt.....	56
4.6.6	Zentralschweizer Kantone und Ostluft	57
5	Qualitätssicherung	58
5.1	Ringversuche und Vergleichsmessungen.....	58
5.2	Qualitätsprobleme im Jahr 2023	60
5.3	Auswirkung der Ausfälle.....	61
6	Literatur	65
7	Anhang	69
7.1	Standort-Umplatzierungen	69
7.2	Beschreibung der Standorte	69
7.3	Jahresmittelwerte der Standorte	69
7.4	Standorte und Jahreswerte der regionalen Messnetze.....	73
7.5	Weitere Standorte	74
8	Glossar	76

1 Zusammenfassung, Résumé, Summary

1.1 Zusammenfassung

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz von 2000 bis 2023

Ammoniak (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. Wegen technischer Probleme kam es im Berichtsjahr 2023 zu aussergewöhnlich vielen Messausfällen. Diese werden in einem separaten Kapitel behandelt. Gezeigt werden Messungen zwischen 2000 und 2023 an insgesamt 76 Standorten. An sieben dieser Standorte wurde die NH_3 -Konzentration seit 2000 durchgehend gemessen, an fünf weiteren Standorten seit 2004. 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 werden in Gebieten mit intensiver Tierproduktion gemessen, wo die Jahresmittel von Ammoniak im Jahr 2023 Werte von 6–15 $\mu\text{g m}^{-3}$ erreichten. In Regionen mit Ackerbau lagen die Jahresmittelwerte bei 2–6 $\mu\text{g m}^{-3}$. Sechs ländliche Standorte an Autobahnen oder verkehrsreichen Durchgangsstrassen, die Konzentrationen von 2–5 $\mu\text{g m}^{-3}$ aufwiesen, sind durch Verkehr und Landwirtschaft beeinflusst. Am städtischen Standort wurde ein Jahresmittelwert von 3 $\mu\text{g m}^{-3}$ mit geringem Jahresgang beobachtet. Im Jahr 2023 lag der Median der Jahresmittelwerte der 76 Standorte bei 4.7 $\mu\text{g m}^{-3}$ (2021: 4.5 $\mu\text{g m}^{-3}$, 2022: 4.6 $\mu\text{g m}^{-3}$). Die Jahresmittelwerte lagen 2023 im obersten Drittel der 24 gemessenen Jahre, erreichten aber nicht die höchsten Werte von 2018 bis 2020, obwohl das Jahr 2023 das zweitwärmste seit Messbeginn hinter dem wärmsten Jahr 2022 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 7 Standorten, an denen seit 2000 ununterbrochen gemessen wurde, blieb die Ammoniakkonzentration ähnlich hoch (6 Standorte wurden 2023 wegen technischer Probleme ausgeschlossen). Eine Reduktion der Ammoniakkonzentrationen kann in diesem Zeitraum nicht beobachtet werden (Abbildung Z 1).
- 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 Ammoniak-Konzentrationen ($2\text{--}6\ \mu\text{g m}^{-3}$) 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 Ammoniak-Konzentrationen aufweisen, zeigen aber meistens parallele Verläufe der Jahreswerte.
- Gemäss Emissionsinventar gehen die Ammoniak-Emissionen dank getroffener Minderungsmaßnahmen zurück. Aufgrund von meteorologischen und atmosphären-chemischen Prozessen widerspiegelt sich dies nicht in den Immissionsmessungen. Die konstant hohen Immissionen zeigen jedoch auf, dass weitere Anstrengungen zur Senkung der Ammoniak-Emissionen wichtig sind.
- 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.

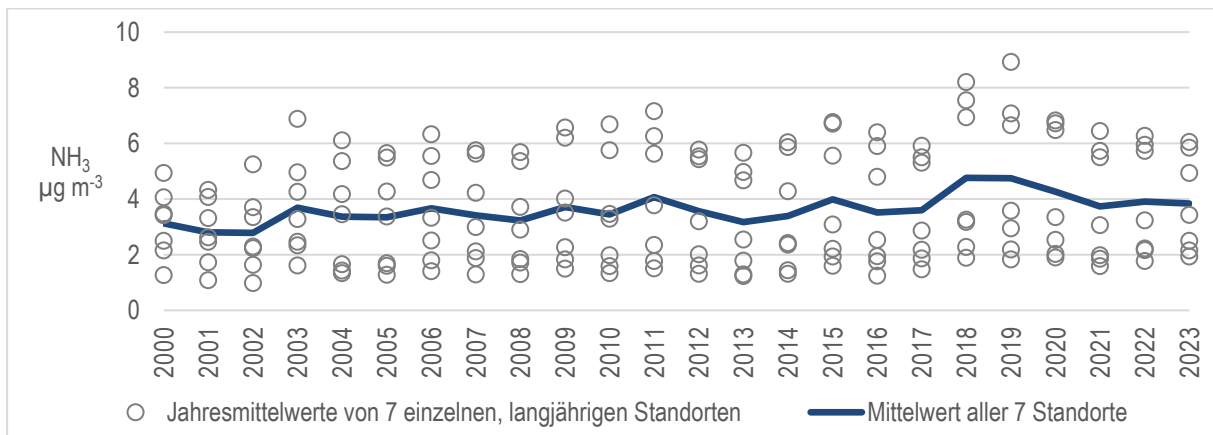


Abb. Z 1 Mittelwert der Ammoniakkonzentrationen
 Mittelwert (durchgezogene Linie) und Einzelwerte (Kreise) der Ammoniak-Jahresmittelkonzentrationen von 7 Standorten, an denen seit 2000 durchgehend gemessen wird.

Ausblick

Die Messungen werden 2024 an den meisten Standorten weitergeführt. Im OSTLUFT-Gebiet werden einige Standorte wechselnd im Zweijahresrhythmus beprobt.

Im Jahr 2024 findet die Probesammlung für das Projekt «Atmosphärische Stickstoffdeposition» an 54 Standorten statt. Manche dieser Standorte sind ebenfalls Bestandteil der Ammoniak-Immissionsmessungen, andere werden nur alle fünf Jahre für jeweils ein Jahr beprobt und sind somit nicht Teil des Ammoniak-Immissions-Messnetzes.

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 2023

De tous les composés azotés réactifs l'ammoniac (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 dans 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. En raison de problèmes techniques, un nombre exceptionnellement élevé de mesures manque pour l'année 2023. Ces problèmes sont traités dans un chapitre séparé. Dans ce rapport, les mesures effectuées entre 2000 et 2023 sur 76 sites sont présentées. Sept de ces sites sont entrés en fonction en 2000, cinq ont été ajoutés en 2004. Les sites sont représentatifs 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. Les sites doivent donc être choisis et entretenus de manière à assurer une ventilation sans entraves et à éviter toute influence de la végétation environnante.

Les concentrations d'ammoniac les plus élevées et les variations les plus fortes sont généralement enregistrées dans les régions pratiquant l'élevage intensif d'animaux. En 2023, les concentrations annuelles d'ammoniac y atteignaient entre 6 et 15 $\mu\text{g m}^{-3}$. Dans les régions de grandes cultures, ces valeurs se situaient entre 2 et 6 $\mu\text{g m}^{-3}$. Les concentrations de six stations rurales situées en bordure d'autoroute ou de routes bien fréquentées, subissant l'influence conjuguée du trafic et de l'agriculture, variaient entre 2 et 5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Sur le site urbain, une moyenne annuelle de 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ avec une faible variation saisonnière a été observée. La médiane des concentrations annuelles pour les 76 stations était de 4.7 $\mu\text{g m}^{-3}$ en 2023 (2021 : 4.5 $\mu\text{g m}^{-3}$, 2022 : 4.6 $\mu\text{g m}^{-3}$). Les valeurs moyennes annuelles en 2023 se situaient dans le tiers supérieur des 24 années mesurées, mais n'ont pas atteint les plus hautes valeurs de 2018 à 2020, quand bien même l'année 2023 était la deuxième année la plus chaude jamais mesurée après 2022 et suivie par 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 déposition.

Conclusions

- Sur la majorité des 7 stations ayant fait l'objet d'un suivi ininterrompu depuis 2000, les concentrations d'ammoniac sont restées à peu près constantes (6 sites ont été exclus en 2023 en raison de problèmes techniques). Aucune diminution n'a été constatée pendant cette période. (Fig. R 1)
- 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 la même région peuvent montrer des concentrations de différents niveaux, mais souvent avec une évolution parallèle des valeurs annuelles.
- Selon l'inventaire des émissions, les émissions d'ammoniac diminuent grâce aux mesures de réduction prises. En raison des processus météorologiques et de la chimie atmosphérique, cela ne se reflète pas dans les mesures des immissions. Les immissions constamment élevées soulignent néanmoins l'importance de continuer les efforts pour réduire les émissions d'ammoniac.
- L'ammoniac gazeux contribue substantiellement aux dépôts azotés dans les écosystèmes sensibles. En Suisse, les charges critiques d'azote (Critical Loads) sont dépassées sur de vastes étendues. Quant aux niveaux critiques (Critical Levels), 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 basé sur les inventaires d'émissions qui permet le calcul des concentrations d'ammoniac sur l'ensemble de la Suisse.

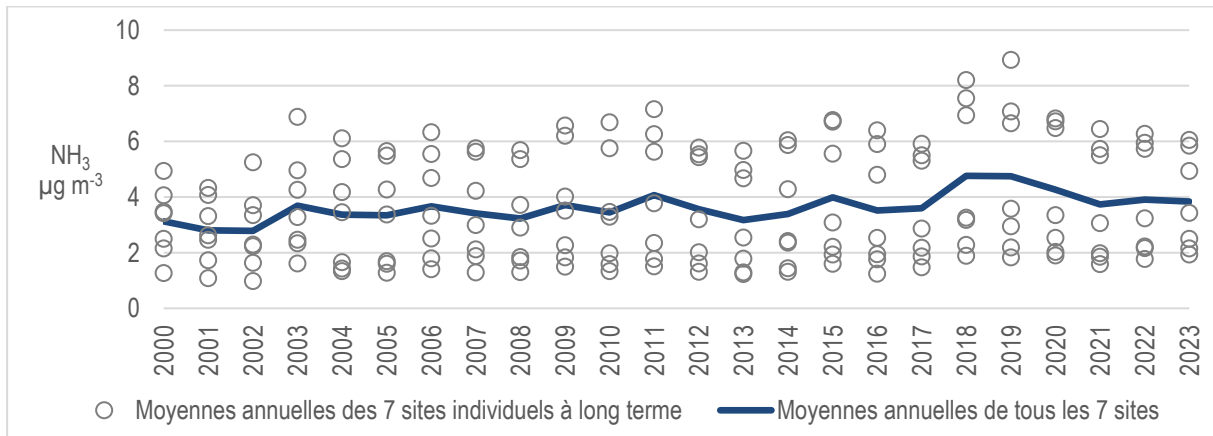


Fig. R 1 Concentrations d'ammoniac en moyenne annuelle
Moyennes annuelles (ligne continue) et valeurs individuelles (cercles) des 7 stations qui mesurent l'ammoniac sans interruption depuis 2000.

Perspectives

Les mesures se poursuivent en 2024 dans la plupart des stations. Dans la région d'OSTLUFT, plusieurs sites seront relevés tous les deux ans, en alternance.

En 2024, l'échantillonnage pour le projet « Déposition atmosphérique d'azote » aura lieu sur 54 sites. Certains de ces sites font également partie intégrante du réseau des mesures d'immissions d'ammoniac, d'autres ne sont échantillonnés qu'une fois tous les cinq ans pour une durée d'un an.

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 2023

Of all reactive nitrogen compounds ammonia (NH_3) 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. Due to technical issues, an exceptionally high number of measurement failures occurred in the reporting year 2023. These are addressed in a separate chapter. Shown are measurements between 2000 and 2023 at 76 sites. Among these, 7 sites have been operational since 2000, 5 were added 2004. 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 $\mu\text{g m}^{-3}$. Values in cultivated crop areas ranged from 2 to 6 $\mu\text{g m}^{-3}$. Six rural sites near motorways or busy roads with annual averages of 2 to 5 $\mu\text{g m}^{-3}$ are influenced by both traffic and agriculture. At the urban site an annual mean concentration of 3 $\mu\text{g m}^{-3}$ with small annual cycle was measured. In 2023, the median of annual mean values of all 76 sites was 4.7 $\mu\text{g m}^{-3}$ (2001: 4.5 $\mu\text{g m}^{-3}$, 2022: 4.6 $\mu\text{g m}^{-3}$)

In 2023, the annual mean values were in the top third of the 24 years measured so far. However, they did not reach the highest values measured in 2018 and 2020, even though 2023 was the second warmest year since temperature recordings started in Switzerland, after 2022 and 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 7 locations where ammonia concentrations were monitored since the year 2000 (6 locations were excluded in 2023 due to technical problems). No reduction in ammonia concentrations has been observed during this period. (Fig. S 1)
- 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 the same region may show different mean levels of ammonia concentrations, yet the development of the annual mean values is usually very similar.
- According to the emissions inventory, ammonia emissions are decreasing thanks to the reduction measures taken. Due to meteorological and atmospheric chemical processes, this is not reflected in the measured ammonia concentrations. Nevertheless, the consistently high concentrations show the importance of continued efforts to further reduce ammonia emissions.
- 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 mapping of the ammonia concentrations.

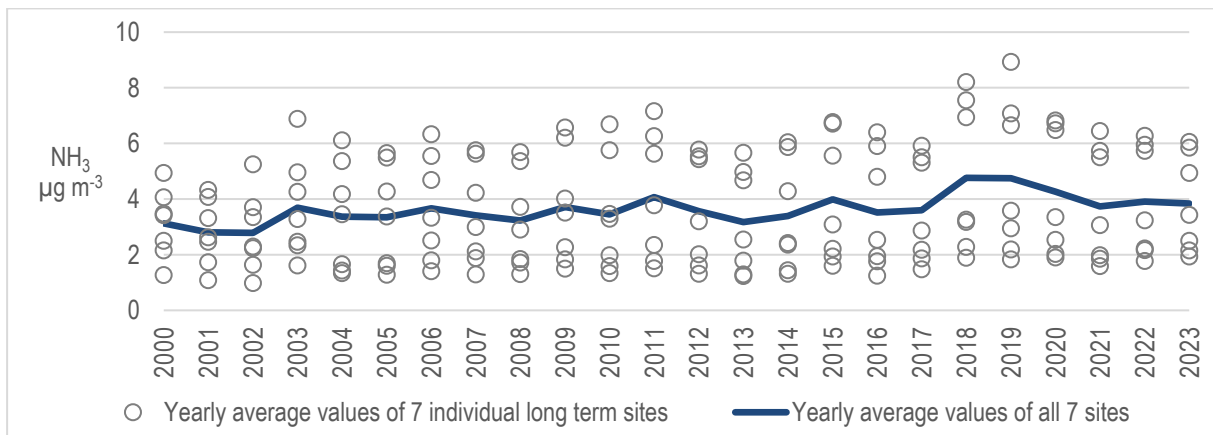


Fig. S 1 Annual mean of ammonia concentrations
Average (solid line) and single values (circles) of the annual mean ammonia concentrations of 7 sites with continuous measurements since 2000.

Outlook

In 2024 measurements will be continued at most of the sites. In the OSTLUFT area, some locations are sampled alternately every two years.

In 2024, sampling for the project "Atmospheric Nitrogen Deposition" will take place at 54 sites. Some of these sites are also part of the ammonia exposure measurement network, while others are sampled only once every five years during one year.

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 fünf NABEL-Standorten wurden im Jahresdurchschnitt 4 bis 9 % Ammonium-Anteil in PM₁₀ gemessen (Empa 2021). An 21 Standorten in Europa wurden 8 bis 16 % Ammoniumanteil in PM₁ gemessen (Bressi et al. 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). Die Studie von Grange et al. 2023 zeigt allerdings, dass die Ammonium-Konzentrationen im Feinstaub rückläufig sind, was mit dem erheblichen Rückgang der NO_x- und SO₂-Konzentrationen seit 2000 erklärt wird. Dieser Trend wird auch gesamteuropäisch festgestellt (Aas et al. 2024). NO_x und SO₂ fehlen als Vorläufersubstanzen bei der Partikelbildung, wodurch NH₃ vermehrt in der Gasphase deponiert wird, statt als NH₄⁺ in die Partikelphase zu wechseln, was zu einem «Ammoniak-Gap» zwischen den Emissionen und Immissionen führt (Kap. 4.3).

In der Schweiz betragen die Ammoniakemissionen im Jahr 2022 rund 53'500 Tonnen NH₃ (FOEN 2024). 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 2024). Die NH₃-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 NH₃ pro Jahr ab (FOEN 2024). 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 NH₃ 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_x) verursachten Stickstoffeinträge, haben schädliche Auswirkungen auf empfindliche Ökosysteme. Um den Langzeitwirkungen erhöhter Ammoniak-Konzentrationen Rechnung zu tra-

gen, wurden im Rahmen des UNECE Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Genfer Luftreinhaltekonvention, CLRTAP) folgendes festgelegt (Cape et al. 2009, CLRTAP 2017, Kapitel III, Franzaring & Kössler 2023):

- NH_3 -Konzentration von $1 \mu\text{g m}^{-3}$ für empfindliche Moose und Flechten und Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind.
- NH_3 -Konzentration von $3 \mu\text{g m}^{-3}$ für höhere Pflanzen. Aufgrund der Schätz-Unsicherheit wird jedoch ein Bereich von $2\text{--}4 \mu\text{g m}^{-3}$ angegeben.

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, Rihm & Künzle 2023). 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, Rihm & Künzle 2023). 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). Meteotest modelliert im Auftrag des BAFU die Ammoniakemissionen, -konzentrationen und -depositionen flächendeckend für die Schweiz (Thöni et al. 2004, Rihm und Achermann 2016, Rihm & Künzle 2023). Dies erfolgte für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 und 2020. Die hier gemessenen Konzentrationen dienen der Kalibration dieser Modellierungen. Die Methodik ist in Rihm & Künzle 2023 detailliert beschrieben. 2025 werden die Berechnungen erneut aktualisiert.

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)². 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 Übergangs- und Sanierungsfristen gelten (KOLAS und KVV 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 seit 2023 Pflicht. Zudem sind folgende Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft Stand der Technik und daher

¹ Gemäss Cape et al. (2009) gibt es für die NH_3 -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.

² 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.

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, KVV 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 Ammoniakemissionen 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 2023 präsentiert. Im Berichtsjahr 2023 umfasste das Messnetz total 143 Standorte in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein. Aufgrund technischer Probleme konnten für diese Auswertung nur 122 Standorte berücksichtigt werden. Die Zeitreihen von 76 Standorten, an denen 2023 seit mindestens zwei Jahren gemessen wurde, werden in Kapitel 4.4 als Verläufe der Jahresmittelwerte dargestellt und im Anhang (Kap. 7.2 & 7.3) tabellarisch aufgeführt. Liegen mehrere Standorte nahe beisammen, wurde jeweils ein repräsentativer Standort ausgewählt. In Kapitel 4.6 und Anhang 7.4 werden räumlich verdichteten Messnetze dargestellt und beschrieben.

Auf Standorte aus weiteren verdichteten Messnetzen wird in eigenen Berichten der inNET und OSTLUFT eingegangen. 4 Standorte der OSTLUFT werden nicht durchgehend beprobt, 6 Standorte wurden 2023 erstmals betrieben. Diese Standorte werden in diesem Bericht nur im Anhang 7.5 beschrieben.

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) 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.³

Die detaillierte Beschreibung aller 2023 betriebenen Standorte, die gemessenen NH₃-Konzentrationen sowie die modellierten Emissionen und Konzentrationen werden in den Standortdatenblättern dargestellt (Seitler et al. 2024).

³ 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. 39).

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. 38) 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.

Die Passivsammler wurden meist während zwei oder vier Wochen exponiert. 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 jährlich) 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 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:

Alp , oberhalb 1800 m ü. M.	Ländlich , verkehrsbelastet
Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Vorstädtisch
Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Städtisch
Ländlich , Autobahn	Städtisch , 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 NH_3 -Konzentrationen in der Luft erfasst. An 12 Standorten wird seit 2000, an 18 Standorten seit 2004 durchgehend gemessen⁴. 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. Im Berichtsjahr 2023 gab es technisch begründete Qualitätsprobleme mit vielen Messausfällen (Kap. 5.2). Deshalb wurde die geforderte zeitliche Abdeckung, um den Jahreswert zu verwenden, von 85 % auf 84 % gesenkt. Von den total 143 im Jahr 2023 beprobten Standorten erreichten 21 die zeitliche Abdeckung nicht. Insgesamt werden 76 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 13 ist detailliert ersichtlich,

⁴ 2023 erreichten 7 statt 12 der seit 2000 und 12 statt 18 der seit 2004 durchgehend gemessenen Standorte die geforderte zeitliche Abdeckung von 84 %.

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, 30 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 30 für das Langzeitmonitoring vorgeschlagenen Messstandorten wurden 25 zur langfristigen Beurteilung von schweizweiten Trends der Ammoniakkonzentration (LZM) sowie fünf als Hochimmissionsstandorte (MAX) definiert. Drei LZM-Standorte wurden seither durch nahe gelegene Standorte ersetzt, ein MAX-Standort musste aufgehoben werden⁵.

2023 fielen aufgrund der Qualitätsprobleme (Kap. 5.2) neun LZM-Standorte aus⁶. Somit sind im Berichtsjahr nur 16 LZM- und 4 MAX-Standorte im Messnetz. Die Standorte des Langzeitmonitorings sind in Tabelle 1 fett hervorgehoben.

Die Verläufe der Jahresmittelwerte sind in Kapitel 4.1.3, Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

3.6 Messstandorte im Überblick

In Abbildung 1 werden die Messstandorte dargestellt und in Tabelle 1 kurz beschrieben (ausführlicher in Kapitel 7.2, Tabelle 12 sowie in den Standortdatenblättern: Seitler et al. 2024).

Tab. 1 Standorte der Messungen 2023
Einteilung der Standorte nach Belastungstypen und Immissionsklassen. Das mehrjährige Jahresmittel ist (wo vorhanden) aus den Jahren 2019–2023 berechnet worden. Die schwarzen Linien trennen Belastungstypen, die grauen Linien Immissionsklassen innerhalb eines Belastungstyps. Die Standorte des minimalen Langzeitmonitorings sind fett hervorgehoben.

⁵ Sagno SA wurde durch Sagno Reservoir SARE, SZ-03 durch SZ-01 und URI 02 durch URI 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.

⁶ 2023 fielen BL Basel-Binningen, NE Chaumont, SO Hägendorf Gnöd, TI Lugano, GR Zizers 1, VS Sion-Aeroport, TG Tänikon, BE Gimmiz Dach und BE Gimmiz Süd aus.

Nr.	LZM Code	Standort Name	Kt. / Höhe	Belastungstyp	Mehrfähriges			Messreihe	Boxplots
					Immisionskl.	Jahresmittel*	Anzahl vollst. Jahre		
(Karte)	Kat.	Land	m ü. M.		µg m ⁻³	µg m ⁻³	Jahre	Abb. Nr.	
1	TRS	Triesenberg	FL	1307 Ländlich, > 900 m ü. M.	< 1	0.84	3	2021 - 2023	8
2	RAN	Merishausen Hagenturm	SH	900 Ländlich,	1 - 3	1.47	5	2019 - 2023	9
3	LZM RIG	Rigi-Seebodenalp	SZ	1031 oberhalb 900 m ü. M.		1.81	24	2000 - 2023	
4	AIB	Brülsau	AI	956		1.93	3	2021 - 2023	
5	GAK	Gais	AR	966		2.16	3	2021 - 2023	
6	LZM ZB 01	Zugerberg 1	ZG	990		2.16	24	2000 - 2023	10
7	BA	Bachlet	ZH	930		2.36	24	2000 - 2023	
8	FRÜE	Früebüel	ZG	980		2.39	17	2007 - 2023	
9	ZIGE	Zigerhütli	ZG	989		2.83	17	2007 - 2023	
10	AIO	Oberegg	AI	1077 Ländlich, > 900 m ü. M.	3 - 5	3.03	13	2010-21, 2023	11
11	NTW	Trimmis	GR	701 Ländlich,	1 - 3	1.74	3	2021 - 2023	12
12	LZM SARE	Sagno Reservoir	TI	820 unterhalb 900 m ü. M.		1.87	10	2014 - 2023	
13	AEG	Knonau	ZH	449		2.04	5	2019 - 2023	
14	WH	Winterthur	ZH	513		2.06	3	2021 - 2023	
15	WBM	Mollis	GL	831		2.12	6	2018 - 2023	13
16	ROPF	Pfahlbautenweg	ZH	537		2.38	2	2022 - 2023	
17	HUD 0	Hudelmoos 0	TG	518		2.68	7	2000, 14, 19-23	
18	GMO	Gänsemoos	BE	797		2.79	5	2019 - 2023	
19	IMM	Immenberg	TG	547		2.84	3	2021 - 2023	14
20	VTG	Gwatt	BE	558 Ländlich,	3 - 5	3.16	15	2009 - 2023	15
21	BRIS	Brislach	BL	450 unterhalb 900 m ü. M.		3.19	11	2013 - 2023	
22	IEB	Bärau	BE	725		3.28	15	2009 - 2023	
23	LZM PAY	Payerre	VD	489		3.34	24	2000 - 2023	
24	RO	Root Michaelskreuz	LU	791		3.48	23	2001 - 2023	16
25	DEB	Näfels	GL	436		3.90	9	2015 - 2023	
26	LZM BIR1	Birrfeld 1	AG	393		4.14	13	2011 - 2023	
27	MI01	Misery	FR	607		4.35	16	2008 - 2023	
28	FRAU	Kloster Frauental	ZG	395		4.44	17	2007 - 2023	
29	HBL	Lotzwil	BE	509		4.46	15	2009 - 2023	17
30	LZM AIG	Gonten	AI	898		4.57	14	2010 - 2023	
31	LZM VU01	Vuisternens-en-Ogoz	FR	850		4.61	18	2006 - 2023	
32	LZM SZ-01	Schwyz Bauschli	SZ	490		4.62	14	2010 - 2023	18
33	SSH	Slein	AR	709		4.85	5	2019 - 2023	17
34	KBR	Uznach	SG	408		4.89	4	2020 - 2023	
35	MAEM	Matzendorf Emet	SO	594		4.90	13	2011 - 2023	18
36	RRI	Ruggell	FL	431		4.92	5	2019 - 2023	
37	NMS	Malans	GR	529 Ländlich,	5 - 8	5.00	15	2009 - 2023	20
38	BSZ	Ziegelbrücke	GL	424 unterhalb 900 m ü. M.		5.09	9	2015 - 2023	
39	KIT	Kirchberg	SG	740		5.09	5	2019 - 2023	
40	GEF	Gelfingen	LU	572		5.38	8	2016 - 2023	19
41	GRT	Gartenmatt	UR	439		5.57	2	2022 - 2023	
42	SHkl	Neunkirch Erspel	SH	420		5.64	11	2013 - 2023	
43	SAM2	Suhretal 2	AG	493		5.76	14	2010 - 2023	
44	BRM	Beromünster NABEL	LU	797		5.76	7	2017 - 2023	
45	LZM WAU 16.4	Wauwil 16	LU	499		5.86	18	2006 - 2023	20
46	LZM MAU 01	Mauren 1	TG	439		5.87	24	2000 - 2023	
47	ZUZ	Zuzwil	SG	533		5.98	3	2021 - 2023	
48	ZG-02	Niedervil 2	ZG	420		6.26	14	2010 - 2023	21
49	NRB	Billen	GL	411		6.47	5	2018-19, 21-23	
50	EST	Eschen	FL	441		6.51	16	2008 - 2023	
51	LZM MAG	Magadino-Cadenazzo	TI	203		6.54	24	2000 - 2023	
52	SCHÜ 00	Schüpfheim 0	LU	735		6.64	24	2000 - 2023	22
53	LZM NEU 02	Neudorf 2	LU	735		6.67	18	2006 - 2023	
54	LZM NW-03	Oberdorf Schiesstand	NW	466		6.79	14	2010 - 2023	
55	MAX HÄG	Häggenschwil	SG	555		7.08	21	2003 - 2023	
56	TUG01	Tuggen	SZ	409		7.09	4	2020 - 2023	23
57	OW-02	Obwalden 2	OW	560		7.11	14	2010 - 2023	
58	LZM URI 01	Uri 1	UR	455		7.34	14	2010 - 2023	
59	BAV	Balzers	FL	473		7.59	16	2008 - 2023	24
60	ALB	Allstätten	SG	420		7.68	6	2018 - 2023	
61	NE 03	Le Landeron	NE	431 Ländlich,	> 8	8.66	12	2012 - 2023	
62	MAX APS	Steinegg	AI	820 unterhalb 900 m ü. M.		8.89	21	2003 - 2023	25
63	SIN3	Freiamt 3	AG	519		9.08	14	2010 - 2023	
64	HOL 01	Neuenkirch 1	LU	590		9.16	24	2000 - 2023	
65	MAX NGD 01	Grüsch Dorf 1	GR	615		9.58	13	2011 - 2023	26
66	LZM ESC 07	Eschenbach 7	LU	498		10.09	20	2004 - 2023	
67	WEIN	Weinfelden	TG	422		10.49	14	2009-15, 17-23	
68	WAU 13	Wauwil 13	LU	501		10.50	20	2004 - 2023	27
69	MAX ESC 14	Eschenbach 14	LU	541		14.54	18	2006 - 2023	
70	OSD	Ossingen	ZH	410 Ländlich,	1 - 3	2.09	3	2021 - 2023	28
71	NET	Neerach	ZH	409 verkehrsbelastet		2.91	3	2021 - 2023	
72	WIG	Nelsal	GL	455 Ländlich, verkehrsbel.	3 - 5	3.54	9	2015 - 2023	29
73	SLI 01	Schaan 1	FL	450 Ländlich, verkehrsbel.	5 - 8	5.01	12	2012 - 2023	30
74	NV4	San Vittore	GR	270 Ländlich, an Autobahn	3 - 5	3.36	15	2009 - 2023	31
75	LZM HAE	Härkingen	SO	431 Ländlich, an Autobahn	5 - 8	5.16	18	2006 - 2023	32
76	SOAL	Solothurn Almyberhüsi	SO	453 Städtisch, verkehrsbel.	1 - 3	2.52	13	2011 - 2023	33

LZM = Standort des Langzeitmonitorings
MAX = Hochimmissionsstandort

* Jahre 2019 - 2023

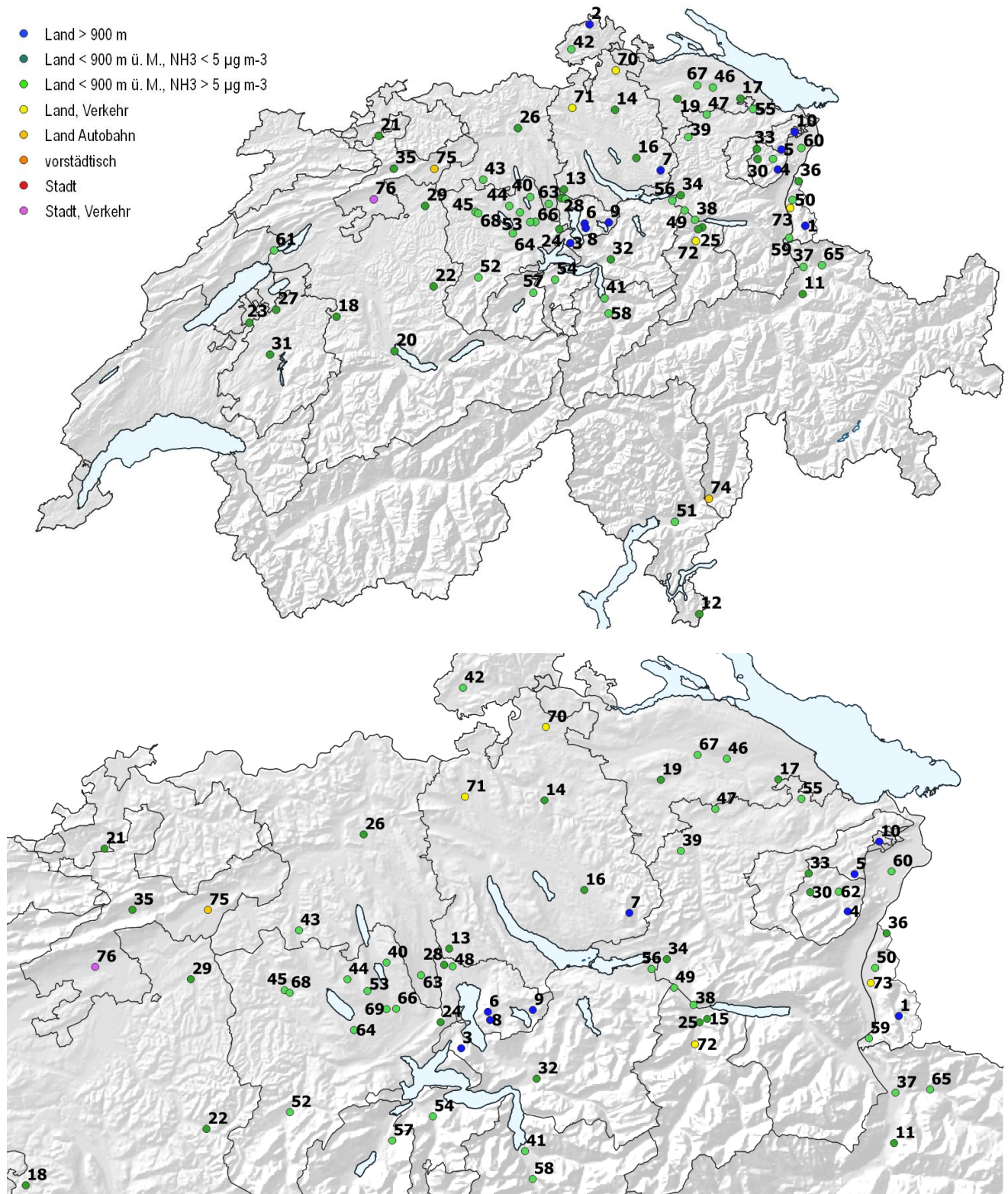


Abb. 1 Messnetz 2023, ganze Schweiz und vergrößerter Ausschnitt des dicht bebauten Mittellandes
 Die Nummerierung entspricht den Standortnummern in Tabelle 1.
 Programm: QGIS; Quelle Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo

3.7 Auswertung

3.7.1 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:

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

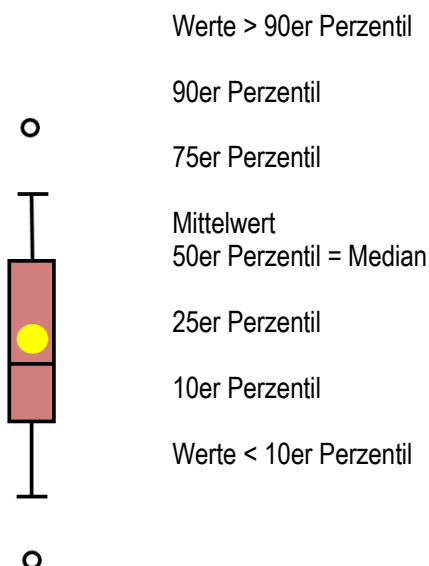
Die Jahreswerte werden üblicherweise nur berücksichtigt, wenn mindestens 11 Monate vorhanden sind (ca. 85 %). Wegen Qualitätsproblemen kam es 2023 zu vielen Ausfällen, wodurch die geforderte zeitliche Abdeckung der Jahresmittelwerte von 85 % nur an 52 der Standorte des Immissionsmessnetzes erreicht wurde. Für das Jahr 2023 wird in diesem Bericht eine zeitliche Abdeckung der Jahresmittelwerte von 84 % toleriert, somit werden 76 Standorte in die Auswertung einbezogen.

Die Saisonmittelwerte werden verwendet, wenn mindestens 80 % und die Monatsmittel, wenn mindestens 50 % der Zeit gemessen wurde.

Jahres- und Saisonmittelwerte werden in den Standortdatenblättern tabellarisch aufgelistet. (Seitler et al. 2024). Monatsmittelwerte bilden die Datengrundlage für Boxplots und Verlaufsgrafiken in den Standortdatenblättern.

3.7.2 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). 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. 2024) dargestellt.

4.1 Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen

4.1.1 Messungen an 7 Standorten seit 2000

An sieben der seit 2000 durchgehend gemessenen Standorte ist die zeitliche Abdeckung 2023 trotz Qualitätsproblemen (Kap 5.2) genügend zur Erfassung in dieser Kategorie (Tabelle 2). Fünf Stationen mussten dieses Jahr aus Qualitätsgründen ausgeschlossen werden. Der Standort Neuenkirch (HOL 01) wird bei den seit 2000 durchgehend gemessenen Standorten nicht mehr aufgeführt, weil die Bewirtschaftung und somit die Emittenten-Situation direkt an der Messstelle 2017 geändert wurde. 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 Standort-Änderungen detailliert aufgeführt.

Tab. 2 Standorte seit 2000, Standortcharakteristik
Belastungstypen und Immissionsklassen der 12 Standorte, an denen schon seit 2000 gemessen wird.

3 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	RIG, ZB 01, BA
1 Standort	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3–5	PAY
3 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	MAU 01, MAG, SCHÜ 00

In Tabelle 3 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Das Jahr 2023 wies innerhalb der Messperiode 2000 – 2023 mittlere bis hohe Ammoniakkonzentrationen bei den zweithöchsten Jahresmitteltemperaturen seit Messbeginn auf (MeteoSchweiz). In den Jahren 2018, 2020 (drittwärmste Jahre seit Messbeginn) und 2019 (achtwärmstes Jahr, vierwärmster Sommer) und 2022 (wärmstes Jahr) wurden die höchsten Werte gemessen. Ebenfalls hoch sind die Perzentile in den Jahren 2011 (sechstwärmstes Jahr seit Messbeginn) und 2003 (wärmster Sommer). Die Messwerte der Jahre 2000 bis 2002 sowie 2013 sind eher tief.

Tab. 3 Standorte seit 2000, Perzentile und Mittelwerte
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in $\mu\text{g m}^{-3}$) der 2023 Standorte an denen seit 2000 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte. (Jahres- und Sommermitteltemperaturen von MeteoSchweiz)

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Anzahl Monatsmittelwerte	84	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	80
kleinster Monatsmittelwert	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.0	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4
10er Perzentil	0.8	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.9	1.1	1.1	0.7	0.8	1.4	0.7	0.6	0.8	1.1	0.9	1.1	1.0	1.5	1.3	1.3	0.9	1.0
25er Perzentil	2.2	1.4	1.4	1.8	1.7	1.9	1.6	1.7	1.7	2.1	1.8	2.1	1.9	1.5	1.6	2.1	1.7	2.0	2.7	2.1	2.3	2.0	2.3	2.1
Median	3.0	2.7	2.5	3.3	3.0	3.0	3.2	2.9	2.7	3.3	3.0	3.4	2.9	2.7	2.9	3.1	2.8	3.2	3.8	4.1	3.6	3.1	3.4	3.3
Mittelwert	3.1	2.8	2.8	3.7	3.4	3.3	3.7	3.4	3.2	3.7	3.4	4.1	3.6	3.2	3.4	4.0	3.5	3.6	4.8	4.8	4.3	3.8	3.9	3.8
75er Perzentil	3.8	3.7	3.5	4.6	4.7	4.6	5.0	4.8	4.6	4.9	4.7	5.4	5.3	4.5	4.7	5.2	4.9	5.1	6.8	6.4	5.8	5.2	5.5	5.4
90er Perzentil	4.9	5.0	5.5	6.8	6.1	6.1	7.1	6.3	5.6	7.0	6.2	7.5	6.5	5.8	6.4	8.1	6.8	6.6	9.3	8.9	7.4	7.1	6.4	6.9
grösster Monatsmittelwert	9.2	8.1	13.5	14.2	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	11.5	13.9	21.0	13.5	13.3	13.5	9.8
Jahresmitteltemperatur °C	6.0	5.5	6.1	6.2	5.4	5.0	6.0	6.1	5.6	5.8	4.7	6.6	5.8	5.3	6.5	6.7	6.1	6.2	6.9	6.5	6.9	5.6	7.4	7.2
Sommermitteltemperatur °C	11.0	10.0	10.4	12.6	10.4	10.8	11.2	11.1	10.4	11.8	10.4	11.7	11.2	10.7	10.6	11.8	11.2	11.4	12.8	11.4	11.9	10.4	12.4	12.3

Abbildung 2 zeigt die Jahresmittelwerte der einzelnen Standorte, an denen seit 2000 jedes Jahr gemessen wurde. Die langjährigen Messungen an diesen unterschiedlich belasteten Standorten zeigen keine allgemeine Tendenz zur Zu- oder Abnahme der Ammoniakkonzentration.

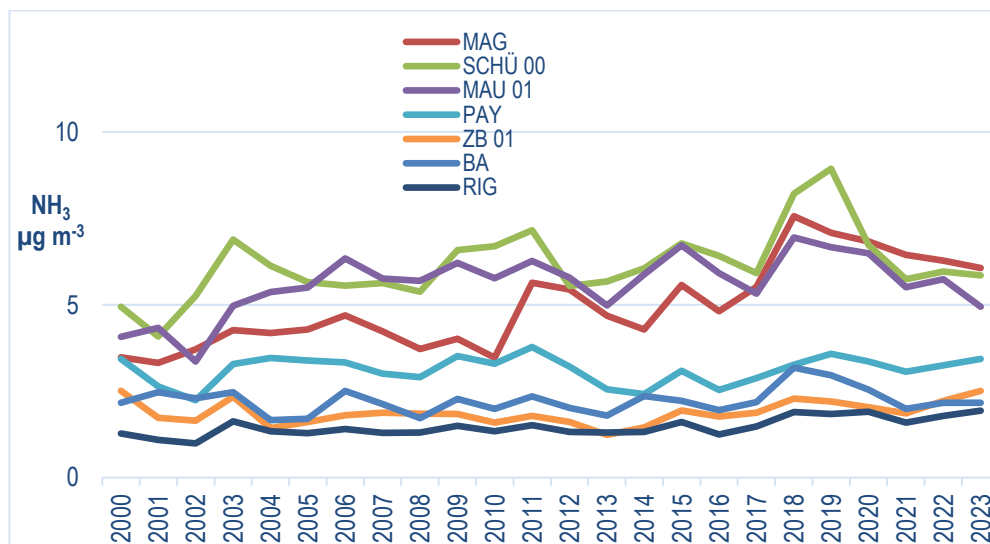


Abb. 2 Standorte seit 2000, Jahresmittelwerte im Verlauf
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen von 7 Standorten, an denen seit 2000 gemessen wird.

4.1.2 Messungen an 12 Standorten seit 2004

Seit 2004 wird, einschliesslich jenen ab 2000, an 19 Standorten gemessen. Aus Qualitätsgründen wurden 2023 nur 12 Stationen erfasst, HOL 01 wird wegen der Änderung der Emittensituation dauerhaft aus dieser Kategorie ausgeschlossen (Tabelle 4).

Tab. 4 Standorte mindestens seit 2004, Perzentile und Mittelwerte
 Belastungstypen und Immissionsklassen der 12 Standorte, an denen seit 2004 gemessen wird.

3 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	RIG, ZB 01, BA
2 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3–5	PAY, RO
4 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	MAU 01, MAG, SCHÜ 00, HÄG
3 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	APS, ESC 07, WAU 13

In Tabelle 5 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Abbildung 3 zeigt die Verläufe der Jahresmittelwerte der 12 Standorte, an denen während 20 Jahren gemessen wurde. Die Jahresmittel der Jahre 2018 bis 2020 zeigen die höchsten Werte, diejenigen von 2023 sind im mittleren bis hohen Bereich. Bei den Standorten mit hohen Konzentrationen sind die Schwankungen von Jahr zu Jahr meist grösser als bei Standorten mit niedrigen Konzentrationen.

Tab. 5 Standorte mindestens seit 2004, Perzentile und Mittelwerte
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen (in $\mu\text{g m}^{-3}$) aller 12 Standorte an denen mindestens seit 2004 gemessen wird. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte. (Jahres- und Sommermitteltemperaturen von Mete-oSchweiz)

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Anzahl Monatsmittelwerte	144	144	144	144	144	144	143	144	144	144	144	144	144	144	144	144	143	144	143	133
kleinster Monatsmittelwert	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.0	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4
10er Perzentil	1.3	1.5	1.3	1.4	1.2	1.6	1.2	1.8	1.3	1.2	1.4	1.2	1.3	1.4	1.7	1.8	1.8	1.7	1.5	1.2
25er Perzentil	2.2	2.4	2.6	2.5	2.3	2.6	2.2	2.8	2.2	1.9	2.1	2.7	2.3	2.5	3.2	3.2	3.0	2.4	2.7	2.8
Median	4.5	4.3	4.5	4.5	4.2	4.6	4.4	5.0	4.3	4.2	4.0	4.5	4.0	4.5	5.3	5.2	5.2	4.6	4.6	4.5
Mittelwert	5.2	5.1	5.6	4.9	4.7	5.4	4.9	5.8	5.1	4.6	4.8	5.6	4.9	5.3	6.6	6.6	6.2	5.3	5.2	5.3
75er Perzentil	7.8	6.9	7.7	6.7	6.3	7.7	6.7	7.7	6.8	6.6	6.6	8.1	6.7	7.2	9.4	9.2	8.6	7.1	7.0	6.7
90er Perzentil	9.9	10.0	11.6	9.1	9.3	10.5	9.7	11.3	10.0	9.1	9.0	10.7	9.2	10.5	13.4	13.2	11.8	10.1	8.8	10.5
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	18.1	18.7	21.0	27.4	17.6	19.6	20.1
Jahresmitteltemperatur °C	5.4	5.0	6.0	6.1	5.6	5.8	4.7	6.6	5.8	5.3	6.5	6.7	6.1	6.2	6.9	6.5	6.9	5.6	7.4	7.2
Sommermitteltemperatur °C	10.4	10.8	11.2	11.1	10.4	11.8	10.4	11.7	11.2	10.7	10.6	11.8	11.2	11.4	12.8	11.4	11.9	10.4	12.4	12.3

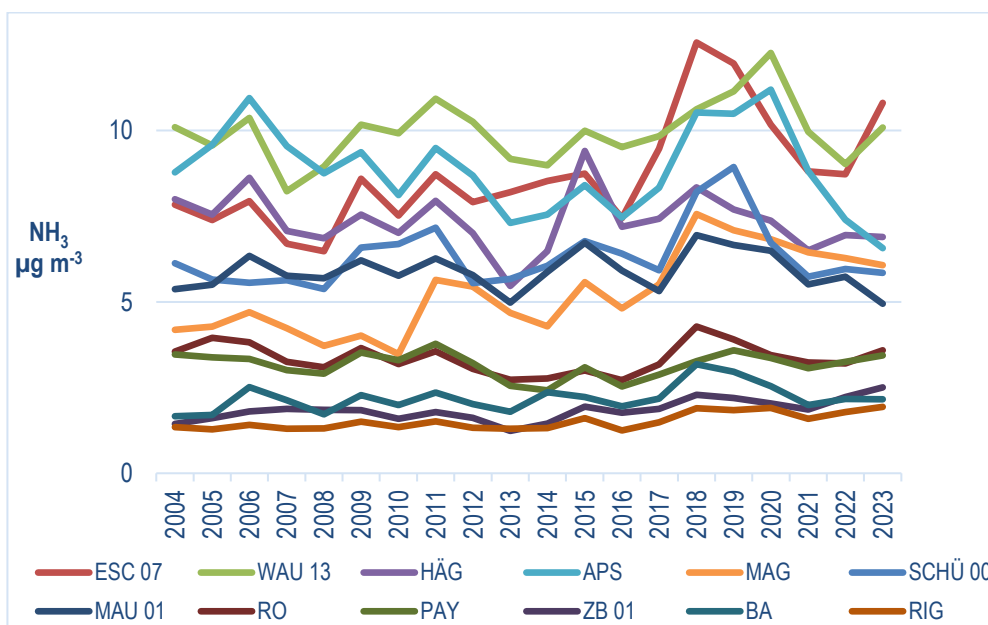


Abb. 3 Standorte mindestens seit 2004, Jahresmittelwerte im Verlauf
Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen der 12 Standorte, an denen seit 2004 gemessen wird.

4.1.3 Messungen an Standorten des Langzeitmonitorings

Bei 16 von 25 Standorten zur langfristigen Beurteilung von schweizweiten Trends der Ammoniakkonzentration (LZM) war die zeitliche Abdeckung 2023 grösser als 84 %. (Tabelle 6, Abbildung 4).

Tab. 6

Standorte des Langzeitmonitorings LZM

Belastungstypen und Immissionsklassen der 16 Standorte, die 2023 den Qualitätsanforderungen genügten.

2 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	RIG, ZB 01
1 Standort	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 1–3	SARE
5 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 3–5	PAY, BIR1, AIG, VU01, SZ-01
6 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	WAU 16.4, MAU 01, MAG, NEU 02, NW 03, URI 01
1 Standort	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	ESC 07
1 Standort	Ländlich , an Autobahn	Immissionsklasse 5–8	HAE

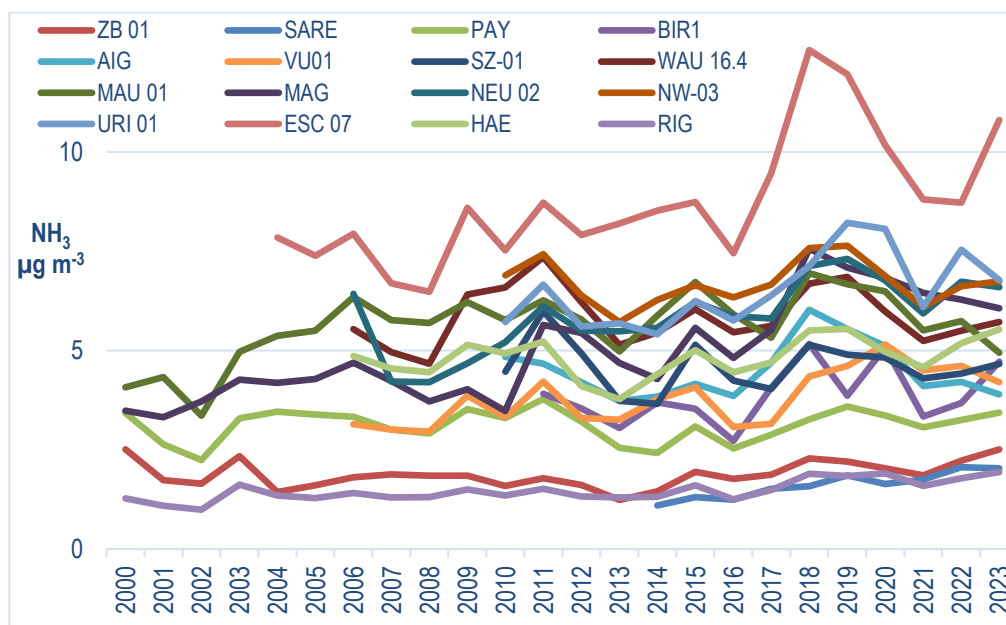


Abb. 4

Standorte des Langzeitmonitorings

Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen von 16 Standorten zur langfristigen Beurteilung von schweizweiten Trends der Ammoniakkonzentration (LZM)

Abbildung 5 und Tabelle 7 zeigen die vier Hochimmissionsstandorte des Langzeitmonitorings (nicht von Qualitätsproblemen betroffen).

Tab. 7

Hochimmissionsstandorte des Langzeitmonitorings MAX

Belastungstypen und Immissionsklassen der 4 Standorte.

1 Standort	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse 5–8	HÄG
3 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionsklasse > 8	APS, NGD 01, ESC 14

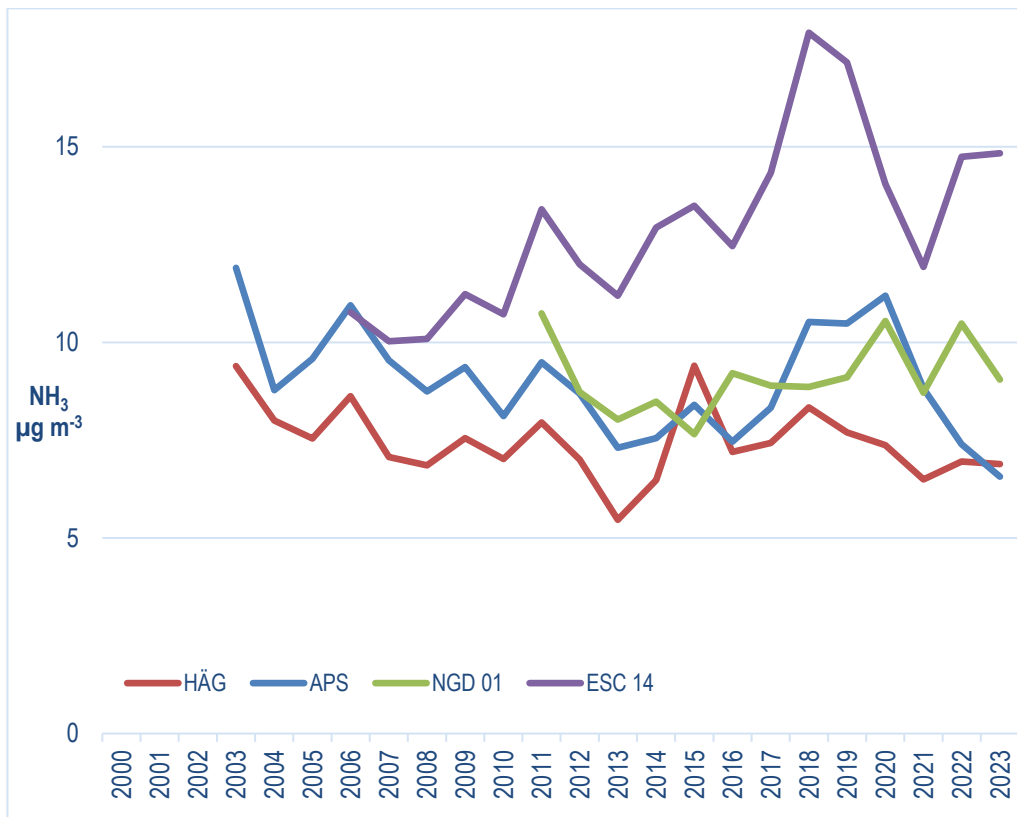


Abb. 5 Hochimmissionsstandorte des Langzeitmonitorings
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen der 4 Hochimmissionsstandorte des Langzeitmonitorings (MAX)

4.2 Vergleich mit Critical Levels

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

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

- NH₃-Konzentration von 1 µg m⁻³ für empfindliche Moose und Flechten sowie Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind
- NH₃-Konzentration von 3 µg m⁻³ für höhere Pflanzen. Aufgrund der Schätz-Unsicherheit wird jedoch ein Bereich von 2–4 µg m⁻³ angegeben.

Tab. 8 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 gelb, diejenigen oberhalb der CLe rot, und die unterhalb der CLe grün dargestellt.
 Abstände der Messstellen zu den Ökosystemen und Landwirtschaftsbetrieben sind angegeben.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt/ Land	NH ₃ -Konzentration		Abstand zu					direkte Umgebung	
				Mittelwert 2019* - 2023 µg m ⁻³	CLe	Hoch- moor m	Flach- moor m	Trocken- wiese m	Wald m	LW- betrieb m		
Hochmoor												
13	AEK	Knonau	ZH	2.0	1	0	0	—	50	180	Hochmoor	
16	ROPF	Pfälbautenweg	ZH	2.4		0	0	—	860	748	Flachmoor, Hochmoor	
17	HUD 0	Hudelmoos 0	TG	2.7		0	0	—	10	1110	ländlich, Naturschutzgebiet	
18	GMO	Gänsemoos	BE	2.8		0	—	—	0	214	Hochmoor	
8	FRÜE	Früebüel	ZG	2.4		50	—	—	80		Wiesen, Hoch- & Flachmoorrand	
6	ZB 01	Zugerberg 1	ZG	2.2		80	—	—	50		Weide, Hochmoorrand	
Flachmoor												
4	AIB	Brülisau	AI	1.9	2 - 4	—	0	1480	120	404	Flachmoor/Waldnah	
5	GAK	Gais	AR	2.2		320	0	—	200	230	Flachmoor/Hochm./Waldnah	
71	NET	Neerach	ZH	2.9		—	0	—	660	433	Flachmoor	
20	VTG	Gwatt	BE	3.2		—	0	—	720		Flachmoor, auf Turm im Schilf, Seeufer	
36	RRI	Ruggell	FL	4.9		—	0	—	770		Flachmoor	
39	KIT	Kirchberg	SG	5.1		—	0	—	330		Flachmoor	
9	ZIGE	Zigerhütli	ZG	2.8		720	5	—	190		Flachmoor, Naturschutzgebiet	
45	WAU 16	Wauwil 16	LU	5.9		—	10	—	600		Flachmoor, extensives Wiesland	
49	NRB	Billen	GL	6.5		—	20	—	550		Wiesen, Flachmoor, ARA	
70	OSD	Ossingen	ZH	2.1		—	40	—	60	510	Flachmoor	
60	ALB	Altstätten	SG	7.7		—	60	—	3300	500	Flachmoor, Wiesen, Äcker	
30	AIG	Gonten	AI	4.6		190	70	—	380	453	Hoch- und Flachmoor, Golfplatz	
47	ZUZ	Zuzwil	SG	6.0		—	80	—	300	308	Flachmoor	
Trockenwiese												
2	RAN	Merishausen Hagenturm	SH	1.5	2 - 4	—	—	0	10	1350	Trockenwiese, Waldlichtung, Hagenturm	
11	NTW	Trimmis	GR	1.7		—	—	0	120	943	Trockenwiese und -weide	
14	WH	Winterthur	ZH	2.1		—	—	0	70	825	Trockenwiese/Wald	
1	TRS	Triesenberg	FL	0.8		—	—	90	170		Wiese/Waldnah	
Waldrand												
12	SARE	Sagno Reservoir	TI	1.9	2 - 4	—	—	—	7		Trinkwasserfassung, Waldlichtung	
40	GEF	Gellingen	LU	5.4		—	—	—	18		Wiesen, Wald	
64	HOL 01	Neuenkirch 1	LU	9.2		—	—	—	30	85	Tierhaltung, Wiese, Wald, Graswirtschaft	
15	WBM	Mollis	GL	2.1		—	250	—	35		Weiden, Wald	
19	IMM	Immenberg	TG	2.8		—	—	280	60	510	Trockenw./S-Wald	
10	AIO	Oberegg	AI	3.0		—	—	—	75	107	Wiesland	
63	SIN3	Freiamt 3	AG	9.1		—	—	—	75	120	Wiesen, Weiden	
7	BA	Bachtel	ZH	2.4		—	—	—	80	140	Wiesen, Weiden, Graswirtschaft	
28	FRAU	Kloster Frauental	ZG	4.4		—	140	—	80		Wiesen, Weiden	
3	RIG	Rigi-Seebodenalp	SZ	1.8		—	—	—	85		Weiden, Wald	
24	RO	RootMichaelskreuz	LU	3.5		—	—	—	90	150	Obst, Graswirtschaft	

* wo vorhanden

Sechs Standorte des Messnetzes befinden sich in oder maximal 80 m von **Hochmooren** entfernt (Tabelle 8). Mit Mehrjahresmittelwerten von 2.0 bis 2.8 µg m⁻³ wird an diesen Standorten der Critical Level für Ammoniak von 1 µg m⁻³ für dieses empfindliche Ökosystem überall deutlich überschritten.

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

Drei von vier Standorten auf oder nahe von **Trockenwiesen** liegen unter dem Critical Level für höhere Pflanzen, ein Standort liegt im Unsicherheitsbereich.

Von 11 **waldnahen Standorten** (innerhalb 90 m vom Waldrand) bleiben zwei Standorte unter dem Critical Level für höhere Pflanzen, fünf Standorte erreichen den Unsicherheitsbereich des Critical Levels für höhere Pflanzen von 2–4 µg 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 2024)⁷. Die Ammoniakemissionen der Schweiz 1990-2020 sind in Kupper et al. 2022 detailliert beschrieben. Bei Ammoniak ist die Landwirtschaft der Hauptemittent (Tabelle 9).

Tab. 9 NH₃-Emissionen der Schweiz zwischen 2000 und 2022
Für die Quellengruppe Landwirtschaft und die Summe aller Quellengruppen (BAFU 2024)
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	2022
Landwirtschaft kt NH ₃	54	55	54	53	53	54	54	55	55	53	53	52	52	51	52	52	51	51	51	50	50	50	50
total kt NH ₃	62	62	61	60	59	60	60	60	60	58	58	57	56	55	56	55	55	55	54	54	53	54	53
Anteil Landwirtschaft %	88	89	89	89	89	90	90	91	91	91	92	92	92	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94

Die Mittelwerte der Immissionen von 7 seit 2000 resp. 12 seit 2004 gemessenen Standorten werden mit den Ammoniakemissionen verglichen. Dazu wird 2005 als Bezugsjahr festgelegt und alle Werte relativ zum Wert dieses Jahres angegeben (Abb. 6). Beim Jahr 2005 handelt es sich um das Referenzjahr gemäss Luftreinhalte-Konzept 2009 sowie des Göteborg-Protokolls der Genfer Luftreinhaltekonvention.

Gemäss Emissionsinventar 2023 haben die landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen zwischen 2000 und 2022 um 8 % und die gesamten schweizerischen NH₃-Emissionen um 14 % abgenommen. Eine Reduktion der Ammoniakimmissionen kann in diesem Zeitraum allerdings nicht beobachtet werden. Dieser «Ammoniak-Gap» wird mit einer Verschiebung des NH₃/NH₄⁺-Gleichgewichts erklärt. NO_x und SO₂-Konzentrationen sind seit 2000 erheblich zurückgegangen und fehlen als Vorläufersubstanzen bei der Partikelbildung, wodurch

⁷ "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>

NH₃ vermehrt in der Gasphase deponiert wird, statt als NH₄⁺ in die Partikelphase zu wechseln (Grange et al. 2023).

Während der Einfluss der Witterung bei den Immissionsmessungen gut beobachtet werden kann (vgl. warme Jahre 2003, 2011, 2015, 2018-2020, 2022 und 2023), wird die Witterung bei den Emissionsberechnungen nicht berücksichtigt.

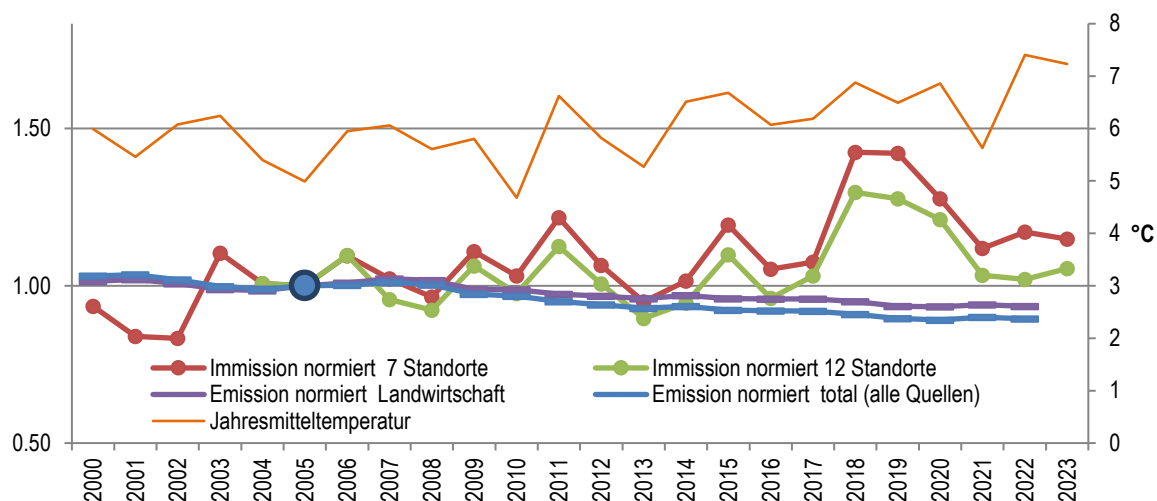


Abb. 6 Vergleich der Entwicklung von Emissionen und Immissionen, alle normiert auf das Jahr 2005. Die Emissionen (Summe aller Quellengruppen sowie Quelle Landwirtschaft) und die Mittelwerte der Immissionen von 7 bzw. 12 Standorten wurden auf das Bezugsjahr 2005 normiert.

4.4 Zeitreihen der einzelnen Standorte

In den folgenden Abbildungen werden die Ammoniakkonzentrationen der einzelnen Standorte als Jahresmittelwerte dargestellt, einerseits um den Vergleich unter den Standorten besser sichtbar zu machen, andererseits um die Entwicklung über diese 24 Jahre aufzuzeigen.

Berücksichtigt wurden die 76 Standorte, an denen im Jahr 2023 und mindestens ein weiteres Jahr gemessen wurde, und Jahresmittelwerte mit einer zeitlichen Abdeckung von mindestens 84 % vorhanden sind. Die Boxplots eines Jahres werden nur gezeichnet, wenn 11 Monatsmittel vorhanden sind.

Innerhalb räumlich verdichteter Messnetze wurde jeweils ein repräsentativer Standort ausgewählt. Die Reihenfolge entspricht weitgehend jener der Tabelle 1.

Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration <1 µg m⁻³

Abbildung 8 zeigt einen höher gelegenen Standort mit Jahresmittelwerten unter 1 µg m⁻³.

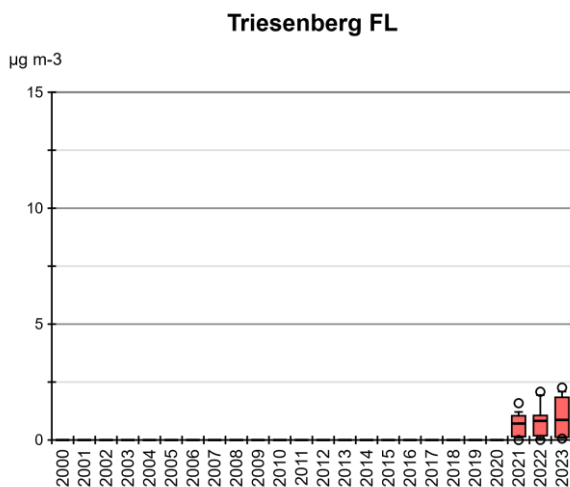


Abb. 8 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Triesenberg (FL)

Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 1–3 µg m⁻³

Abbildungen 9 und 10 zeigen die acht höher gelegenen Standorte in Wiesen- und Weidegebieten mit Jahresmittelwerten zwischen 1 und 3 µg m⁻³.

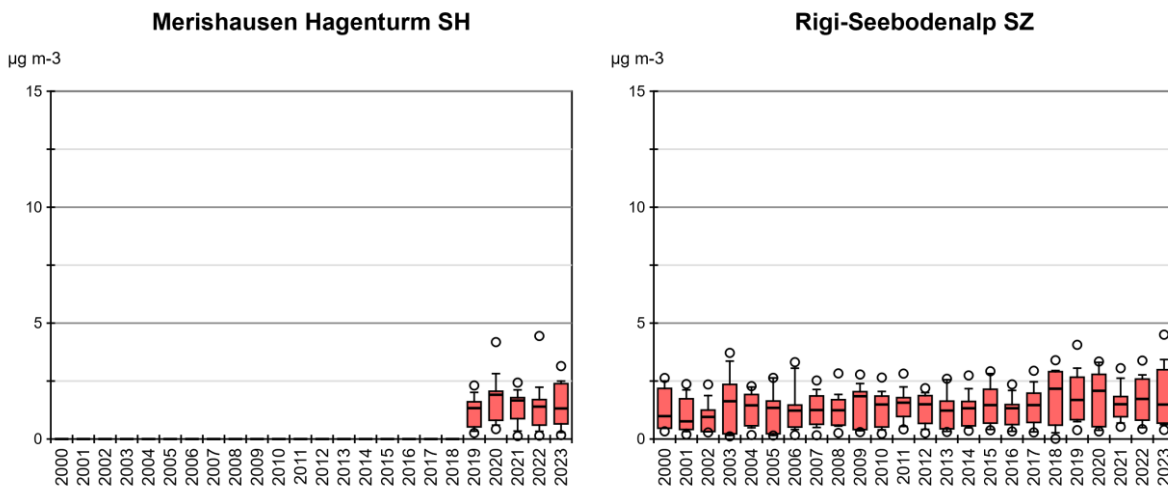


Abb. 9 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Merishausen Hagenturm (SH), Rigi-Seebodenalp (SZ)

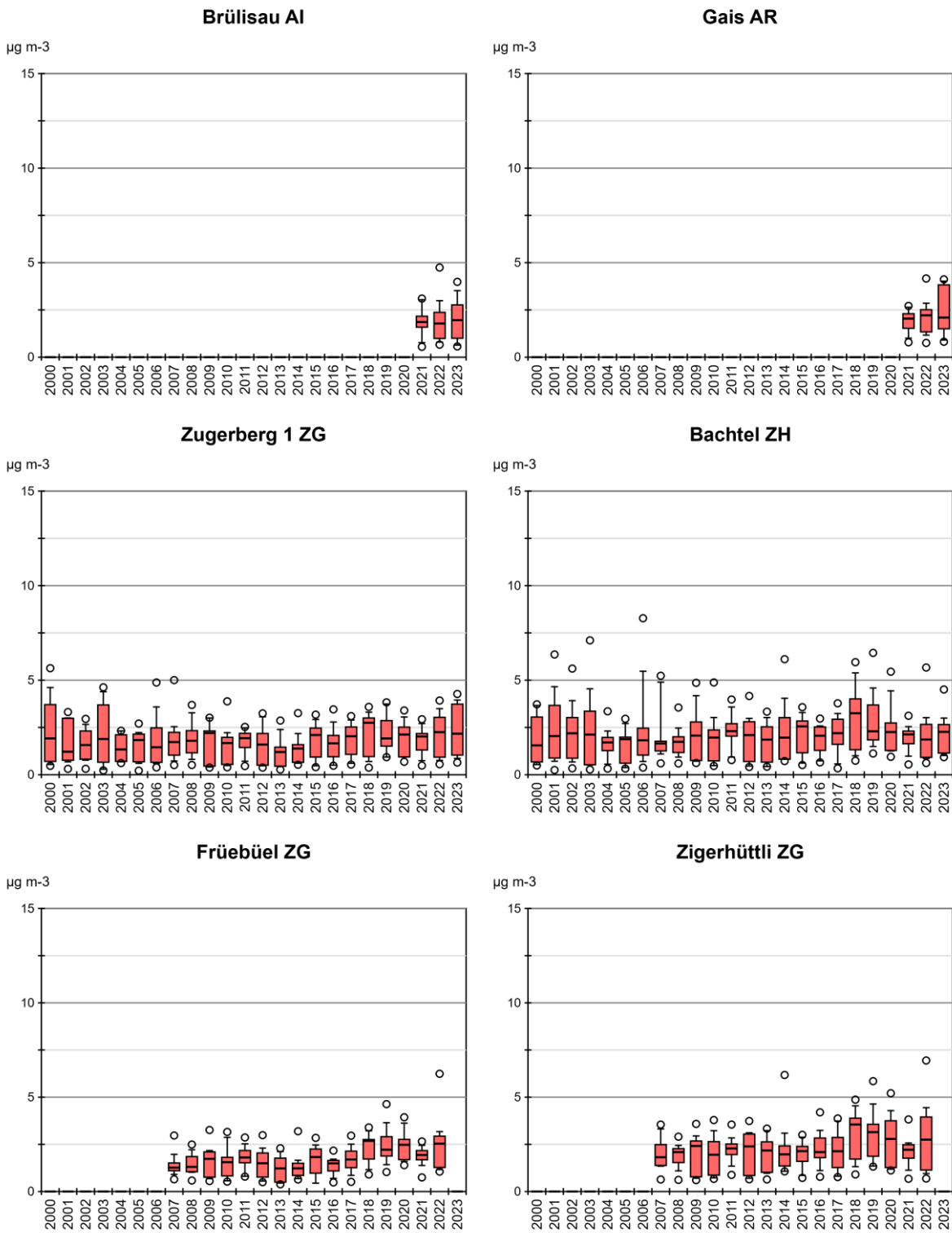


Abb. 10 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Brülisau (AI), Gais (AR), Zugerberg 1 (ZG), Bachtel (ZH), Frübüel (ZG), Zigerhüttli (ZG)

Belastungstyp: Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 3–5 µg m⁻³

Abbildung 11 zeigt den höher gelegenen Standort Oberegg mit Jahresmittelwerten zwischen 3 und 5 µg m⁻³.

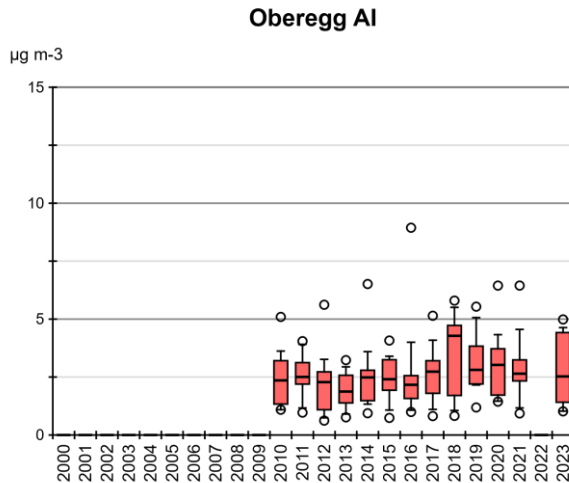


Abb. 11 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von AIO

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 1–3 µg m⁻³

Abbildung 12 bis 14 zeigen die neun ländlich gelegenen Standorte unterhalb 900 m ü. M. mit den tiefsten Ammoniak-Immissionen.

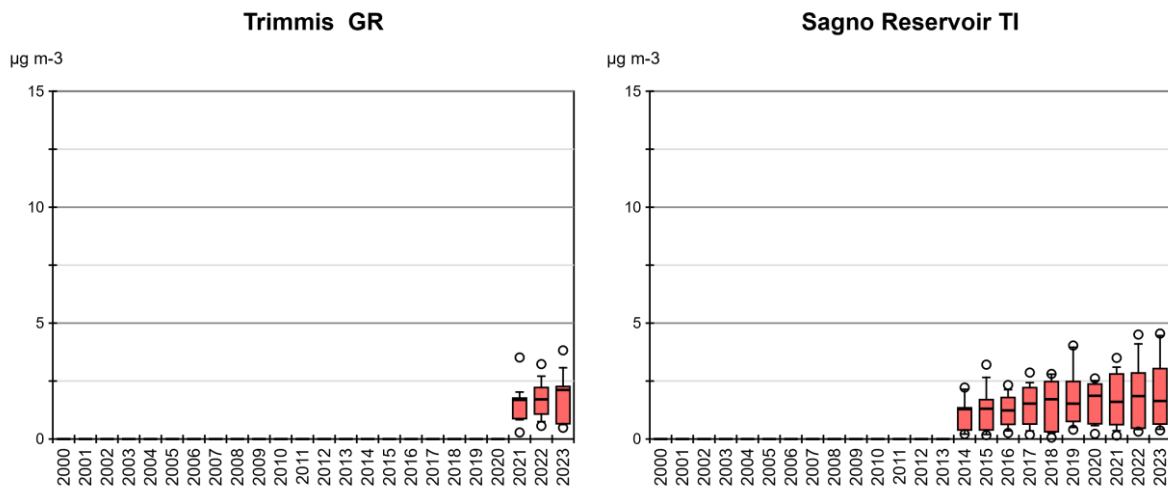


Abb. 12 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Trimmis (GR), Sagno Reservoir (TI)

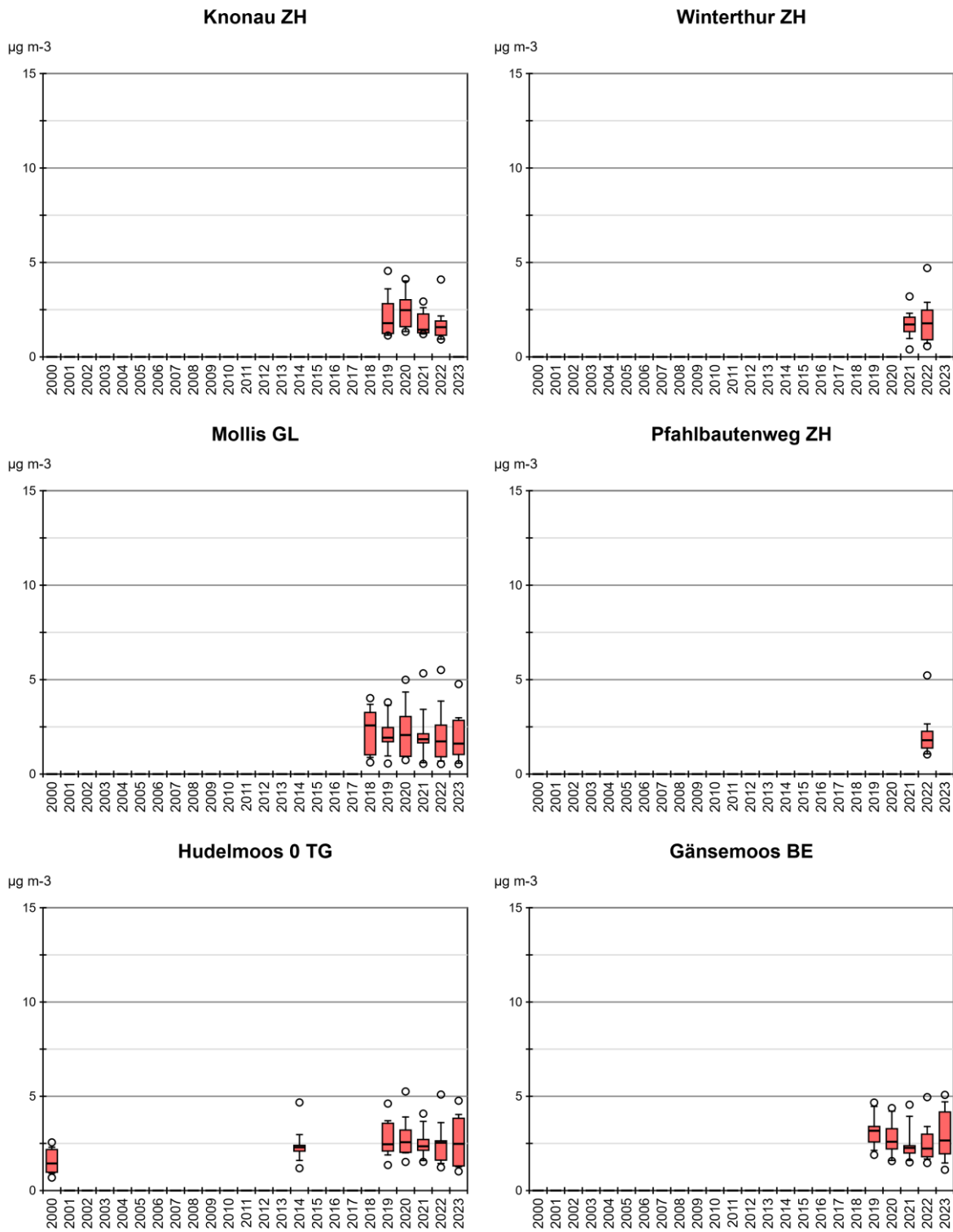


Abb. 13 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Knonau (ZH), Winterthur (ZH), Mollis (GL), Pfahlbautenweg (ZH), Hudelmoos 0 (TG), Gänsemoos (BE), Immenberg (TG)
Jahresmittelwerte von

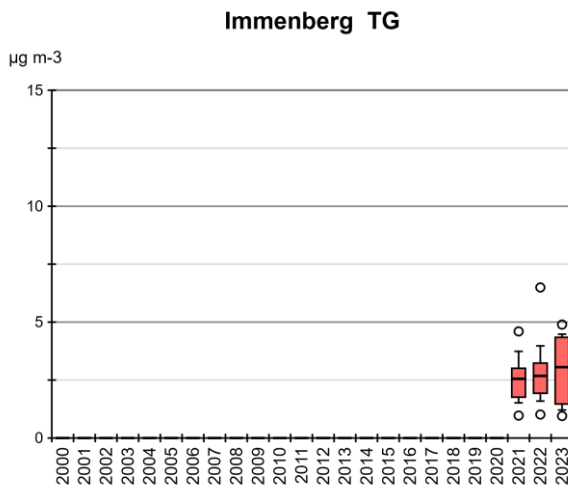


Abb. 14 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Immenberg (TG)

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 3–5 µg m⁻³

Abbildungen 15 bis 18 zeigen die 17 unter 900 m gelegenen ländlichen Standorte mit einem Jahresmittelwert im Bereich von 3 bis 5 µg m⁻³.

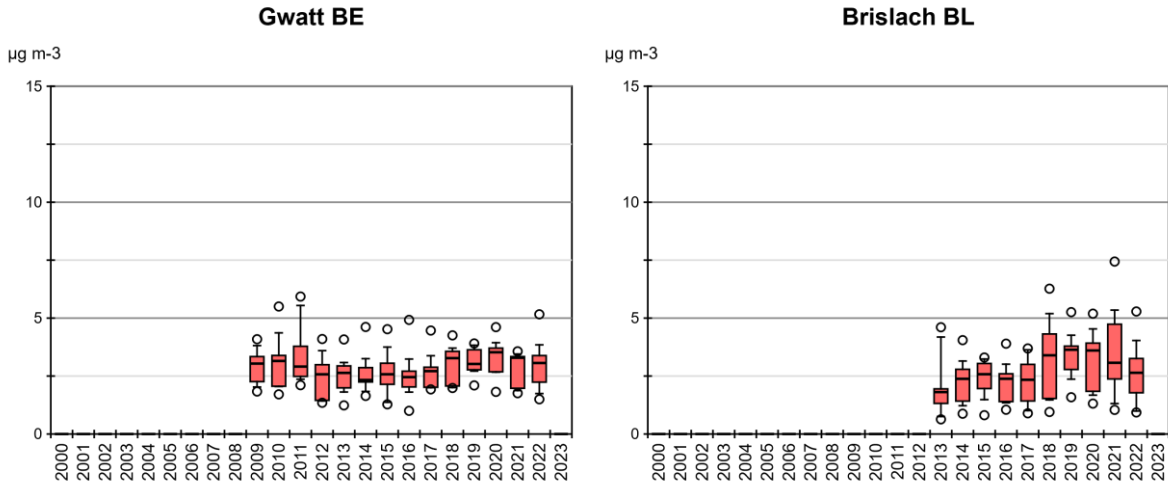


Abb. 15 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Gwatt (BE), Brislach (BL)

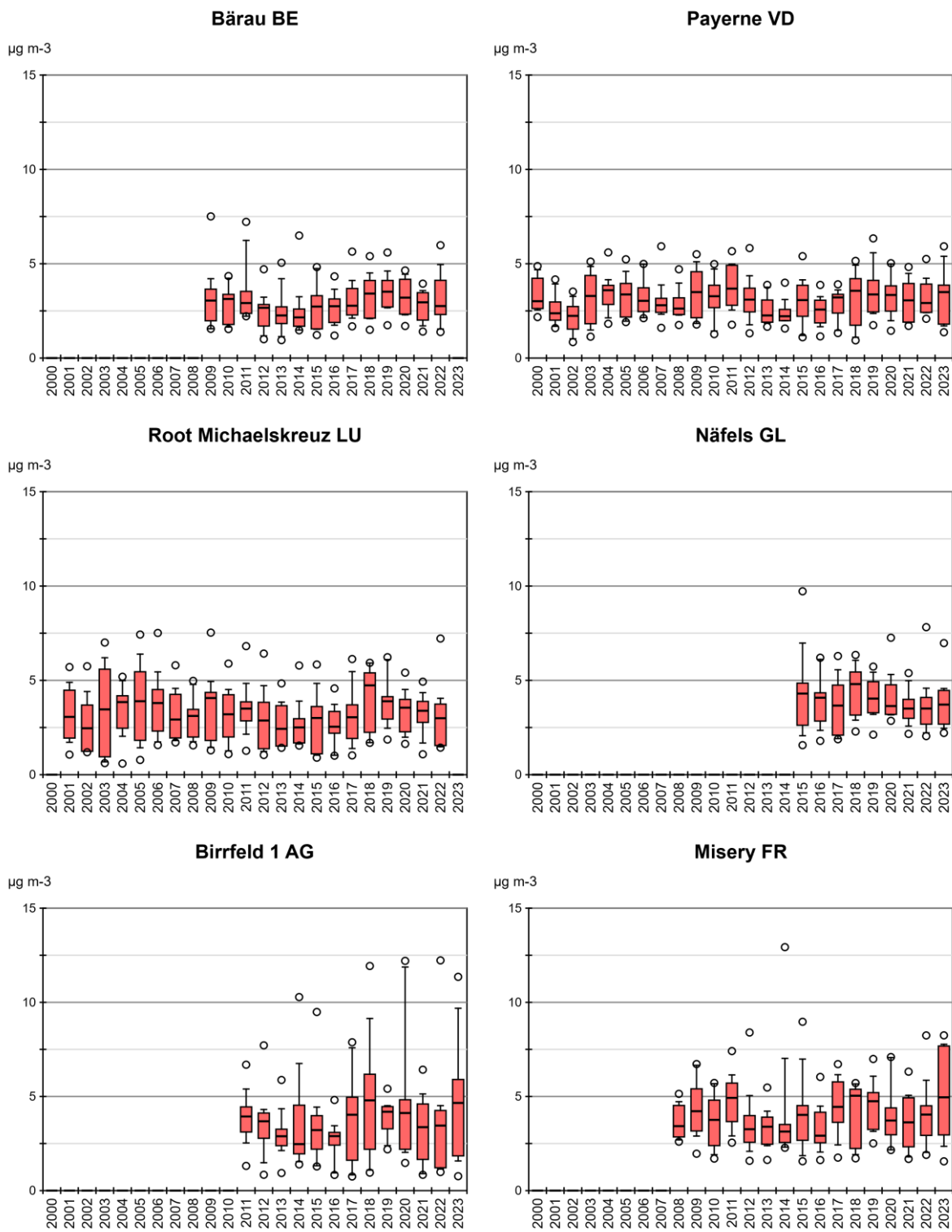


Abb. 16 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Bärau (BE), Payerne (VD), Root Michaelskreuz (LU), Näfels (GL), Birrfeld 1 (AG), Misery (FR)

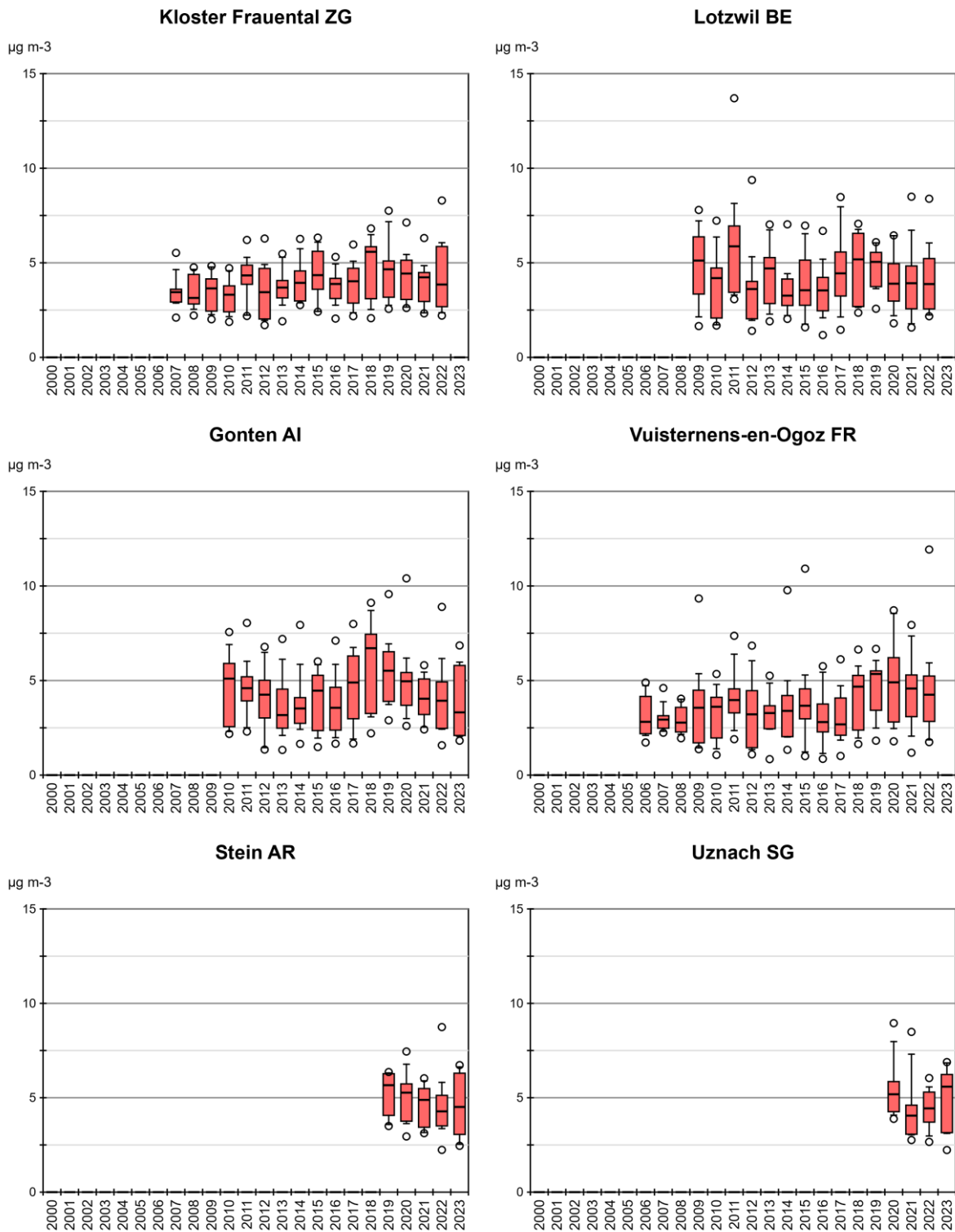


Abb. 17 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Kloster Frauental (ZG), Lotzwil (BE), Gonten (AI), Vuisternens-en-Ogoz (FR), Stein (AR), Uznach (SG)

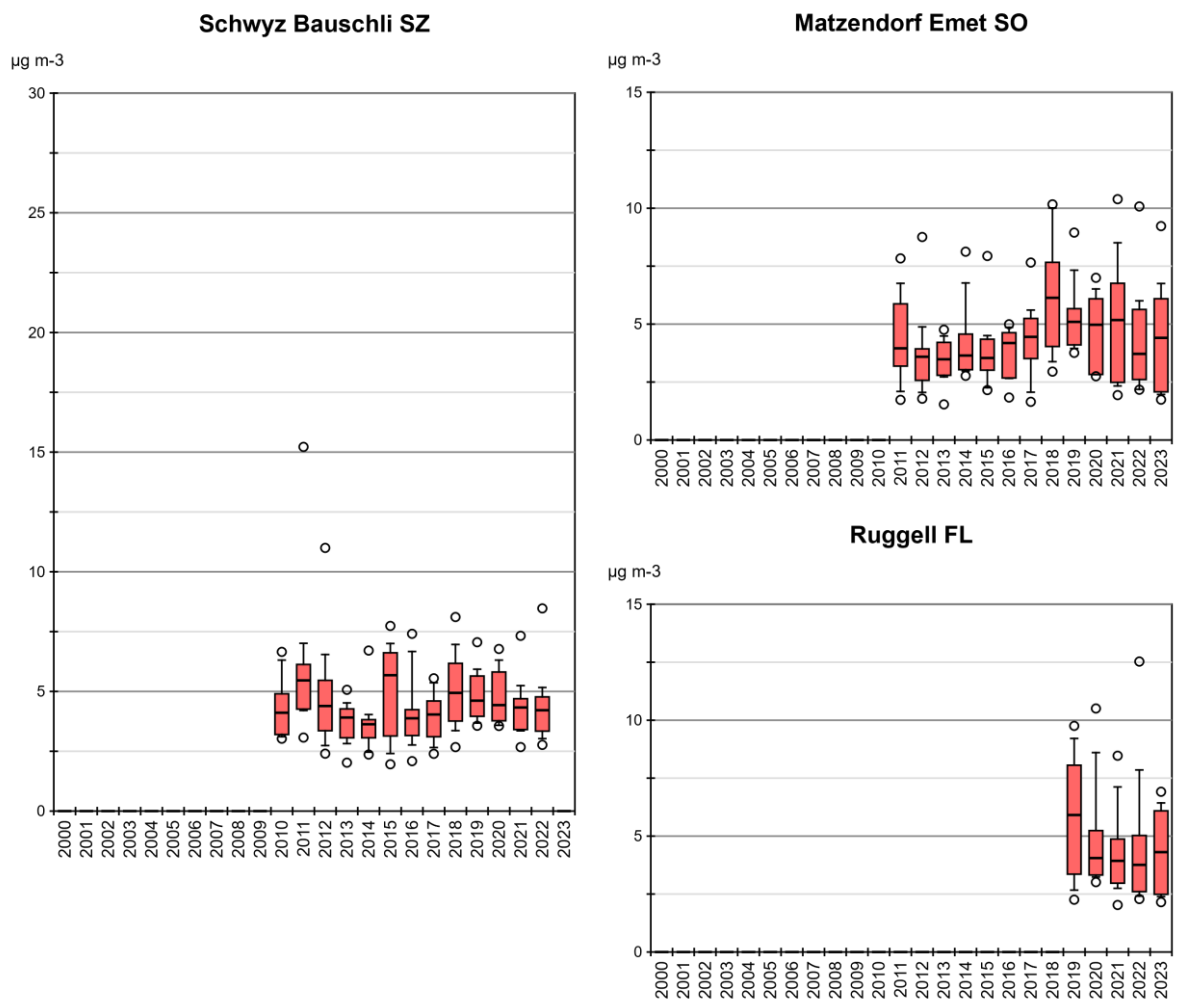


Abb.18 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Schwyz Bauschli (SZ), Matzendorf Emet (SO), Ruggell (FL)

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 5–8 µg m⁻³

Abbildungen 19 bis 24 zeigen die 24 landwirtschaftlich geprägten Standorte mit höheren Immissionen von 5 – 8 µg m⁻³.

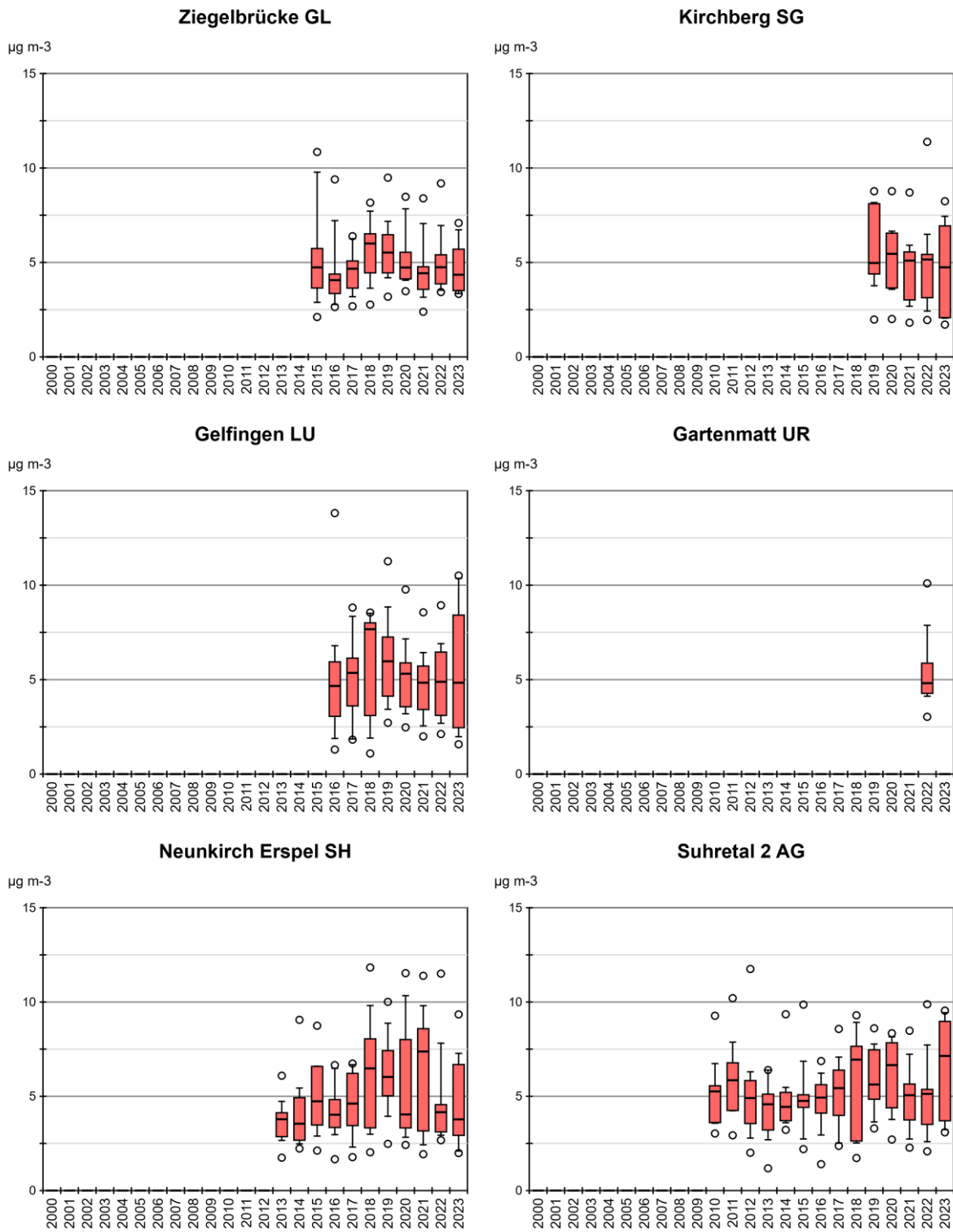


Abb. 19 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Ziegelbrücke (GL), Kirchberg (SG), Gelfingen (LU), Gartenmatt (UR), Neunkirch Erspel (SH), Suhretal 2 (AG)

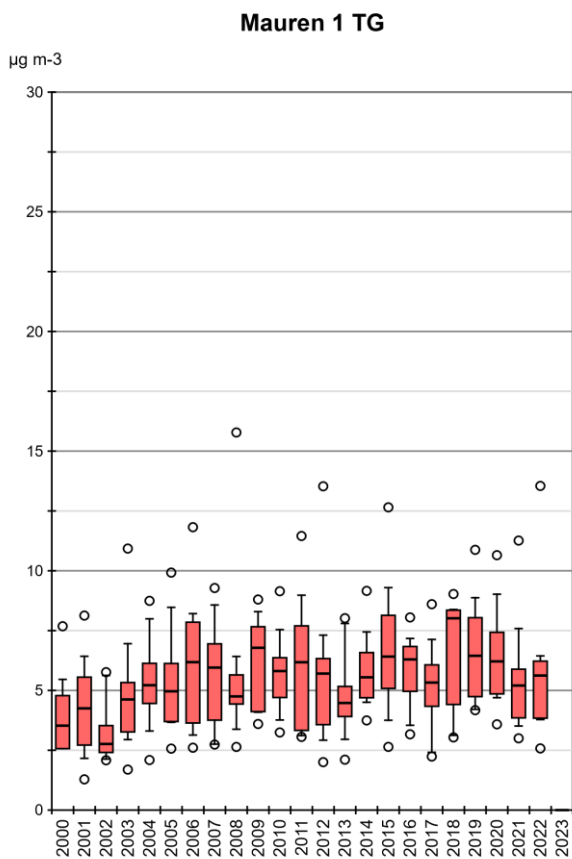
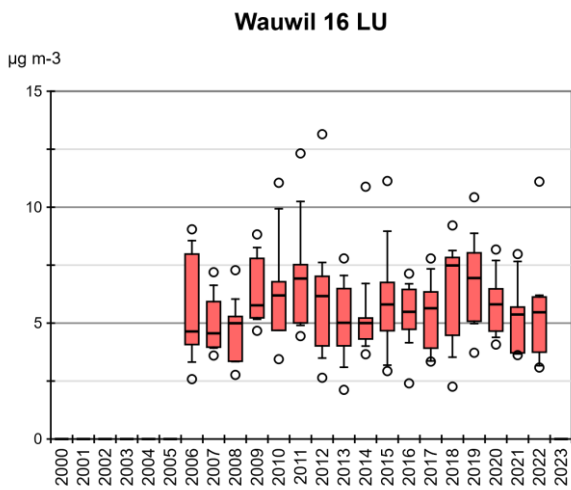
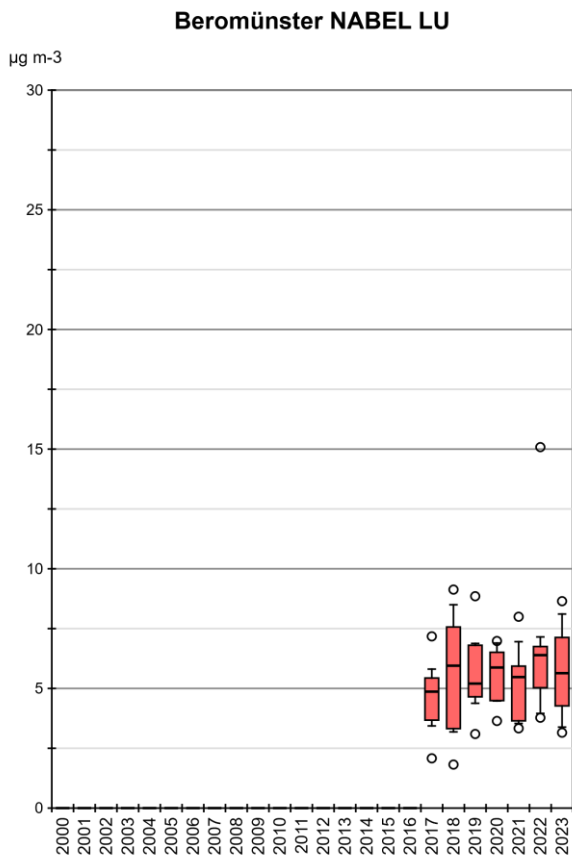
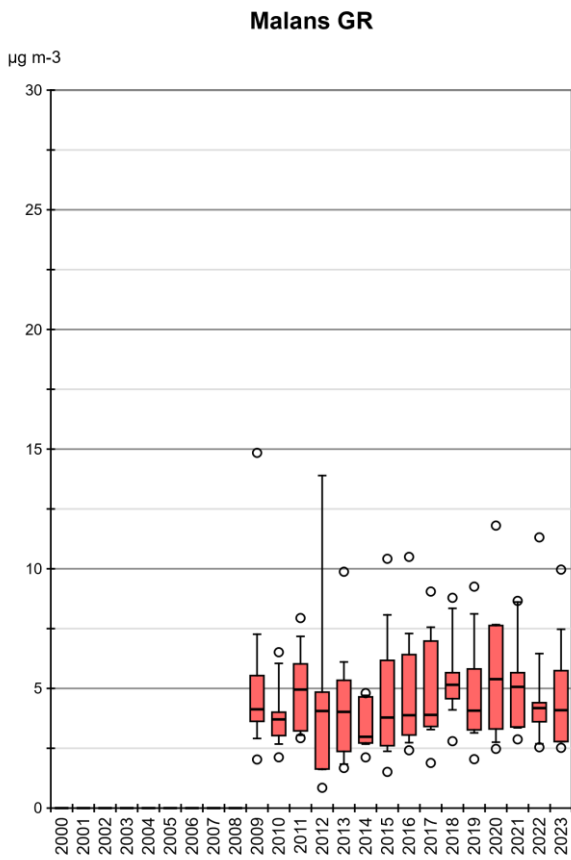


Abb. 20 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Malans (GR), Beromünster NABEL (LU), Wauwil 16 (LU), Mauren 1 (TG)

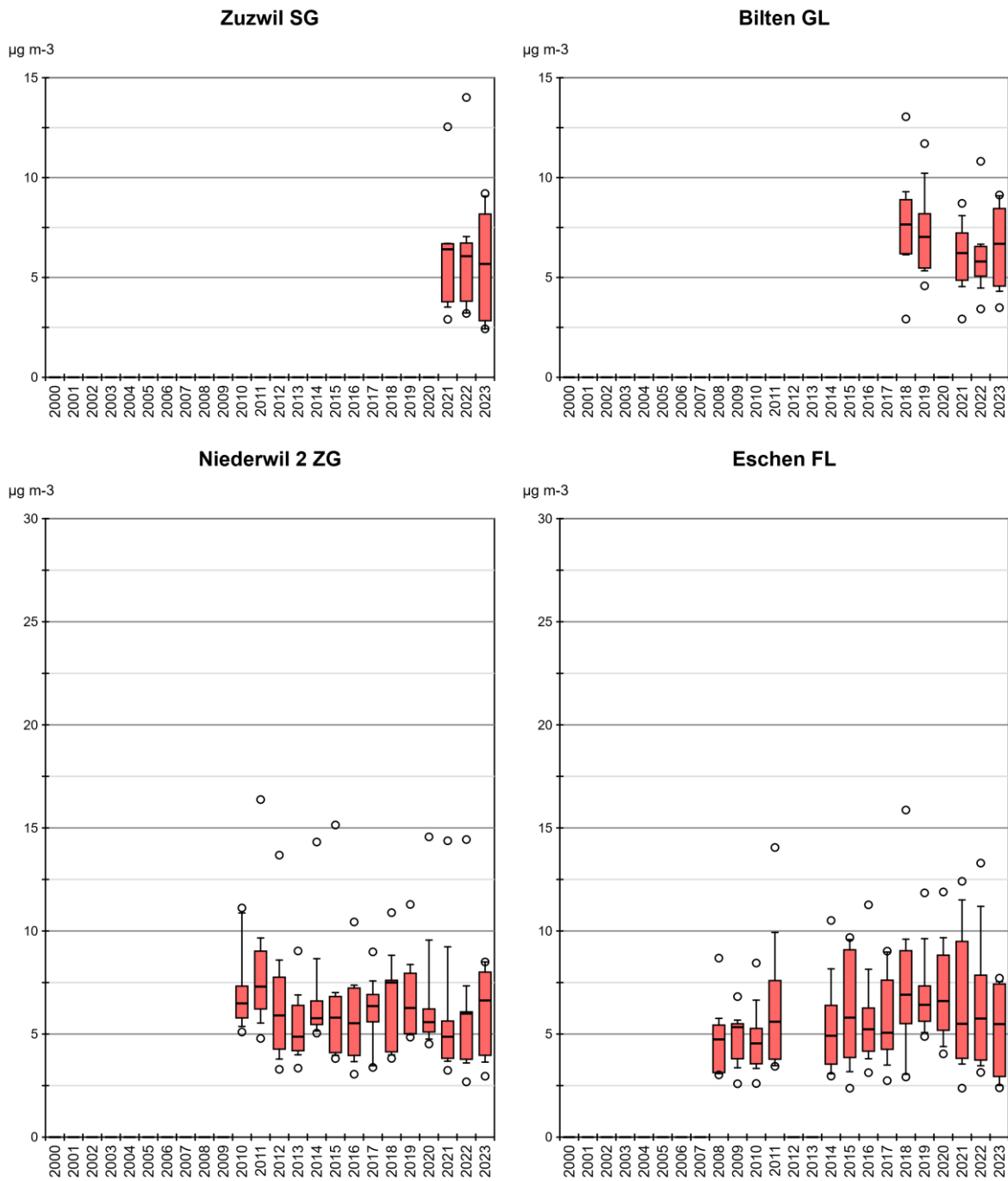


Abb. 21 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Zuzwil (SG), Niederwil 2 (ZG), Bilten (GL), Eschen (FL)

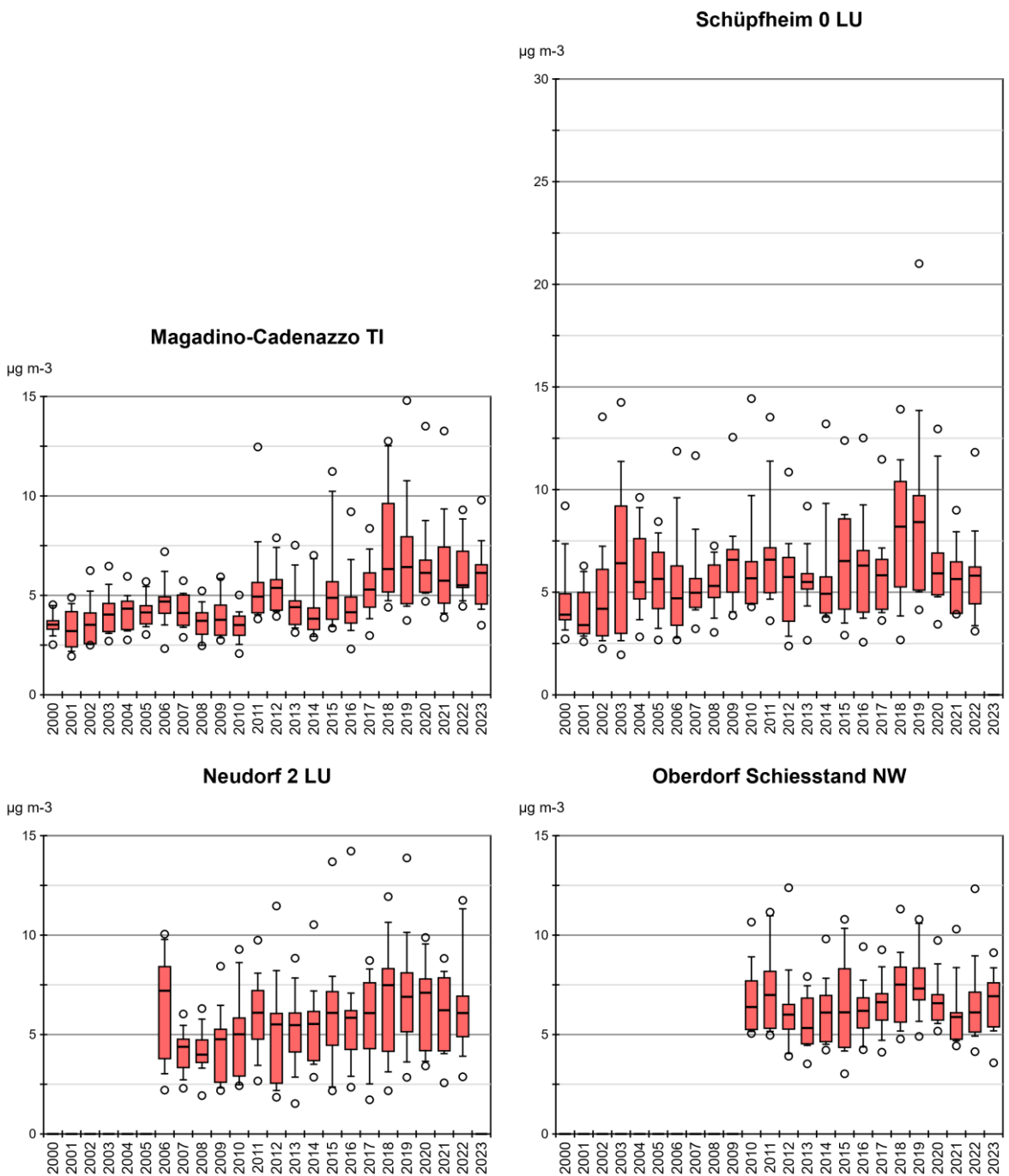


Abb. 22 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Magadino-Cadenazzo (TI), Schüpfheim 0 (LU), Neudorf 2 (LU), Oberdorf Schiesstand (NW)

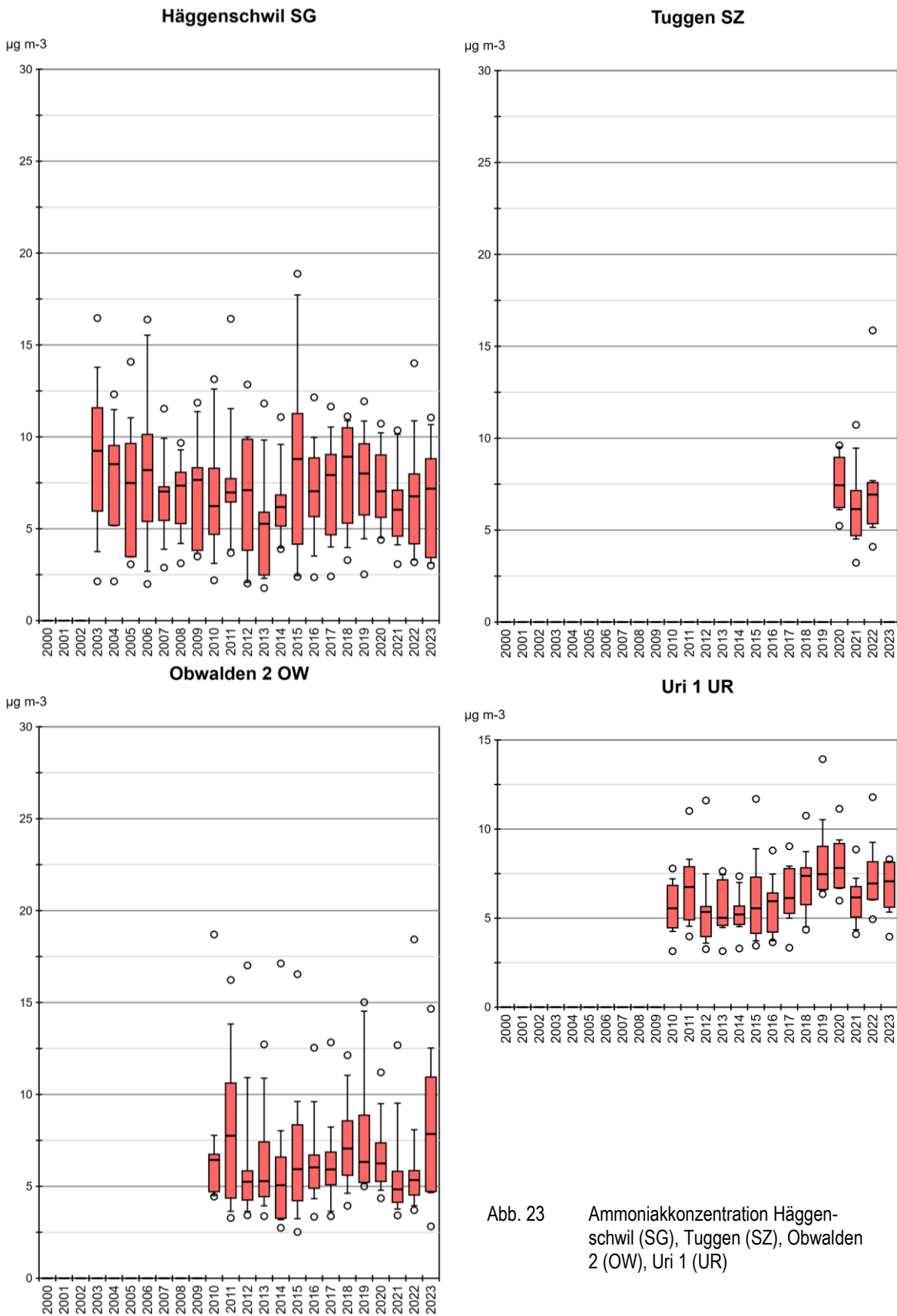


Abb. 23 Ammoniakkonzentration Hägenschwil (SG), Tuggen (SZ), Obwalden 2 (OW), Uri 1 (UR)

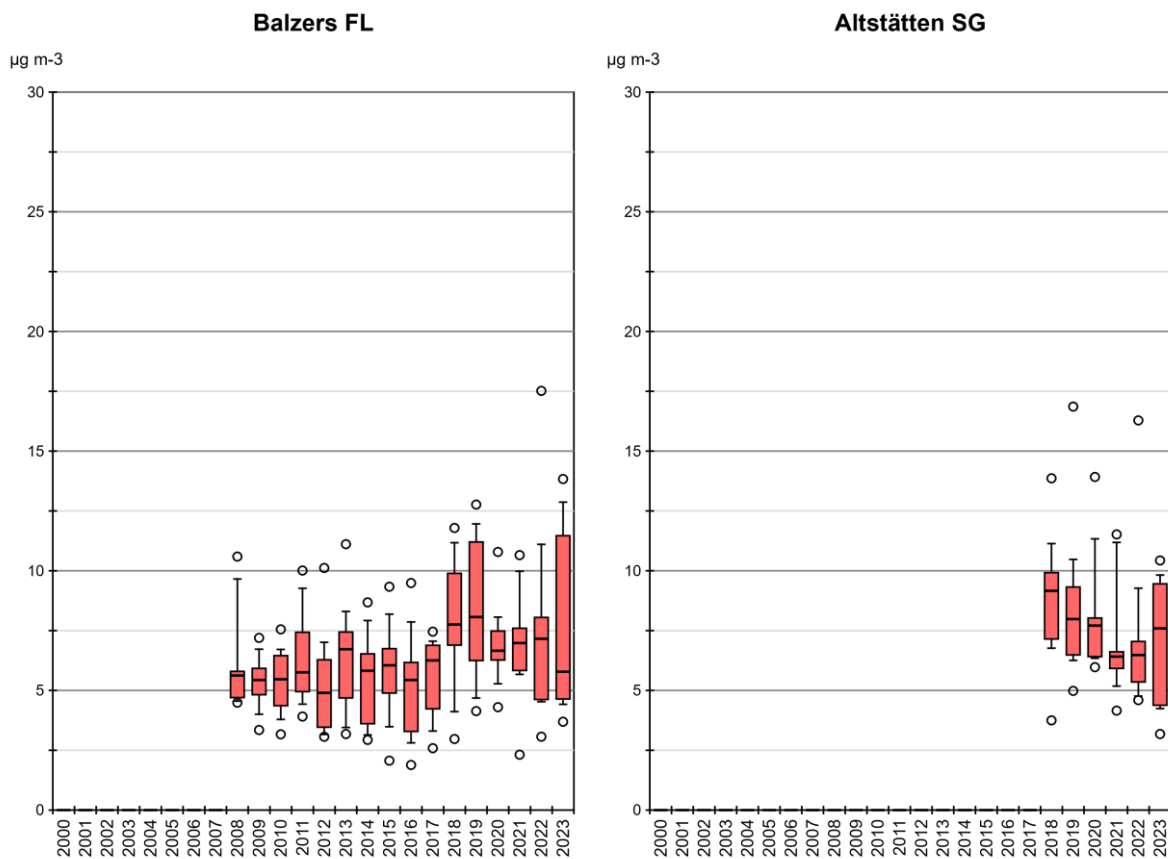


Abb. 24 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Balzers (FL), Altstätten (SG)

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration > 8 µg m⁻³

Abbildungen 25 bis 27 zeigen die 9 landwirtschaftlich geprägten Standorte mit den höchsten Immissionen von > 8µg m⁻³.

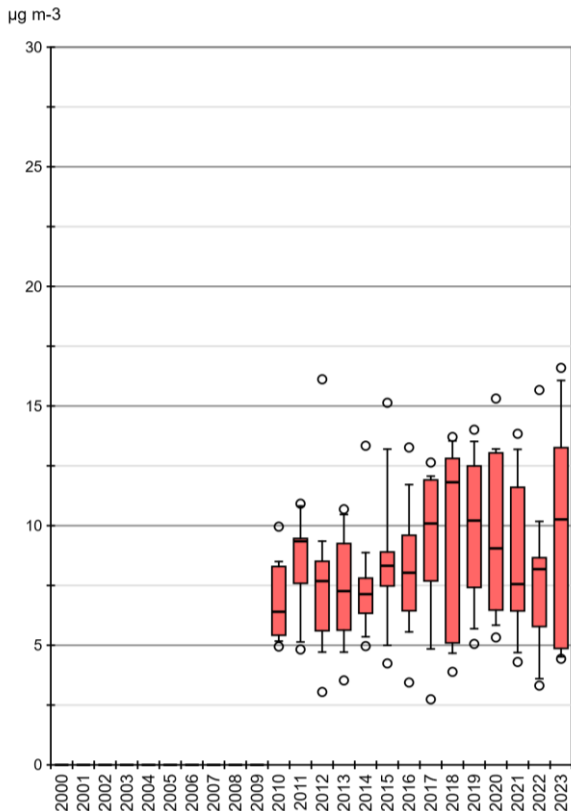
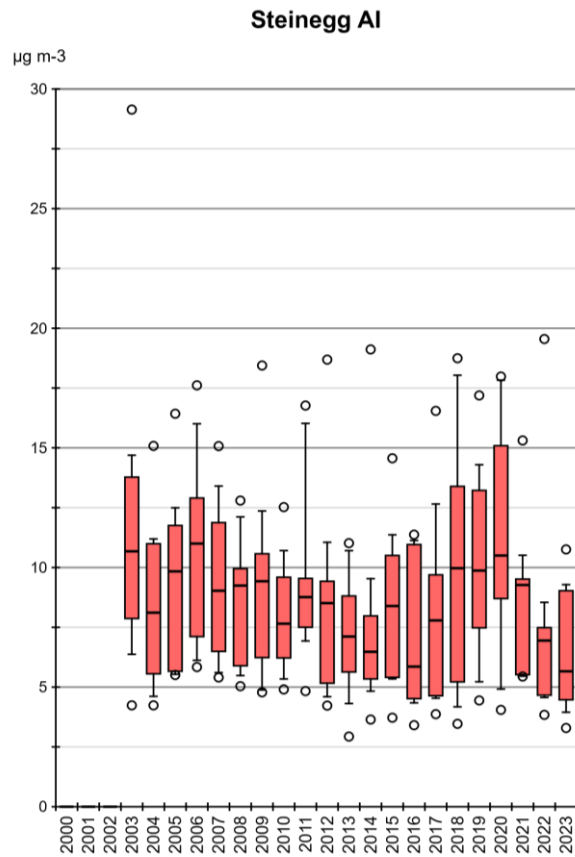
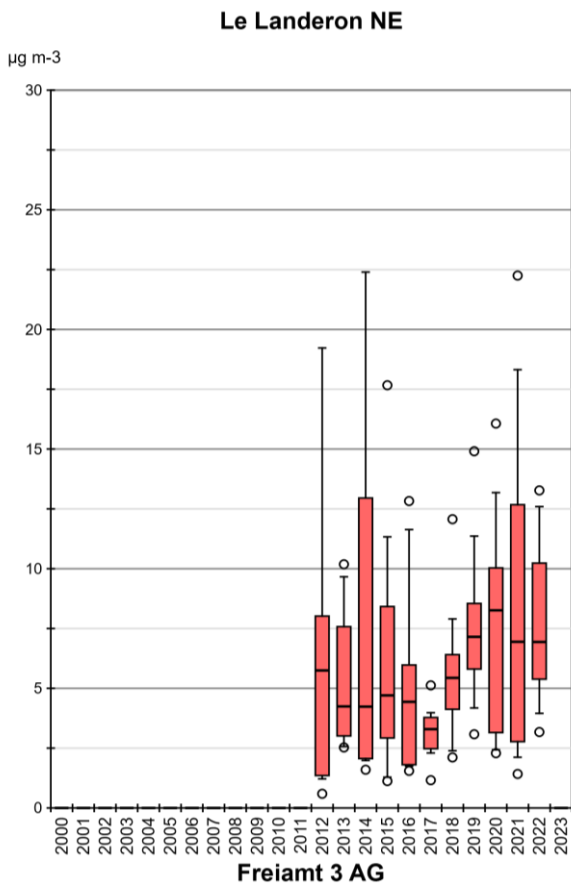
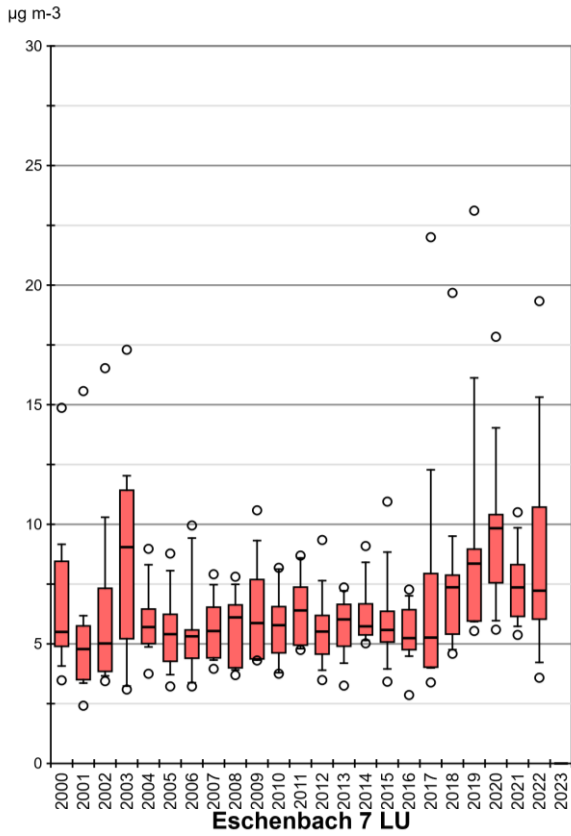


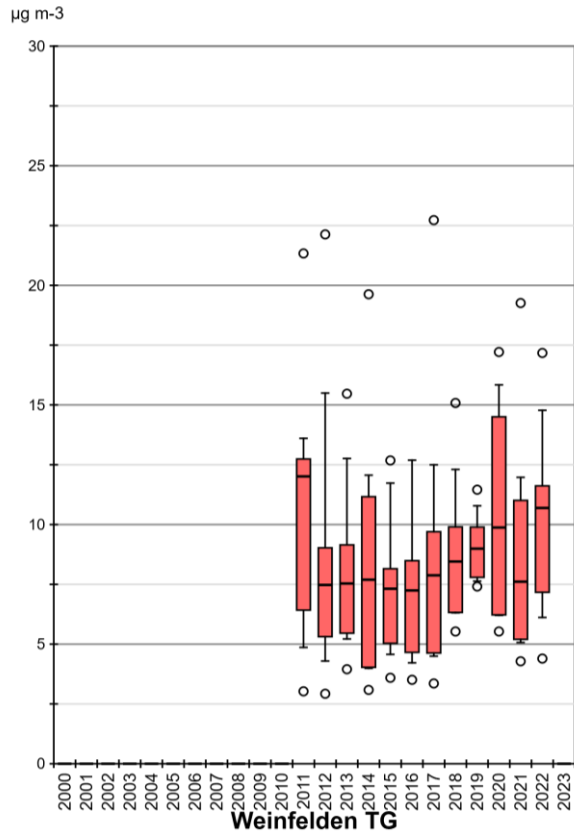
Abb. 25 Ammoniakkonzentration Le Landeron (NE), Steinegg (AI), Freiamt 3 (AG)

Abb. 26 Ammoniakkonzentration von Neuenkirch 1 (LU), Grünsch Dorf 1 (GR), Eschenbach 7 (LU), Weinfeldern (TG)

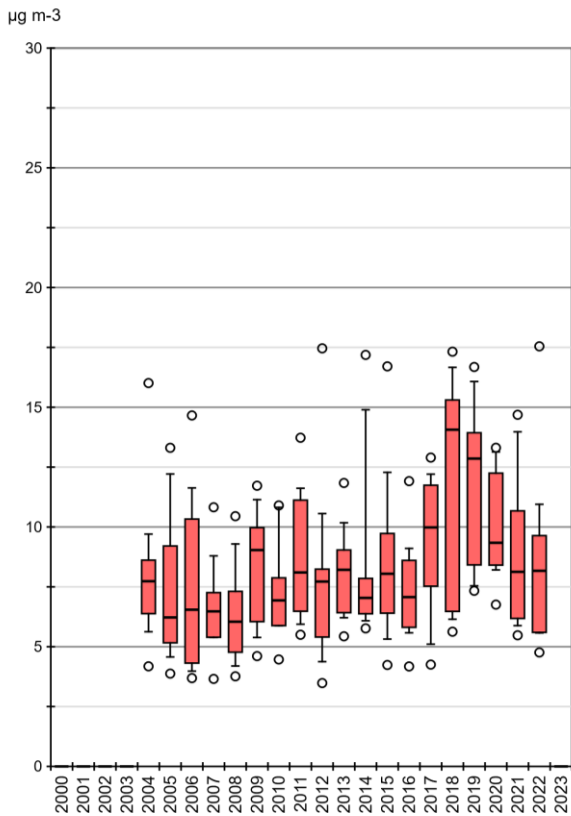
Neuenkirch 1 LU



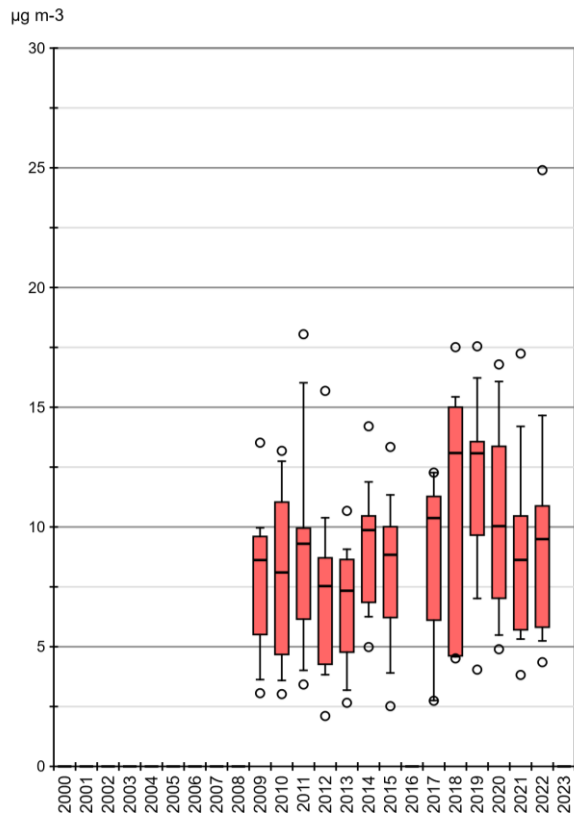
Grüsch Dorf 1 GR



Eschenbach 7 LU



Weinfelden TG



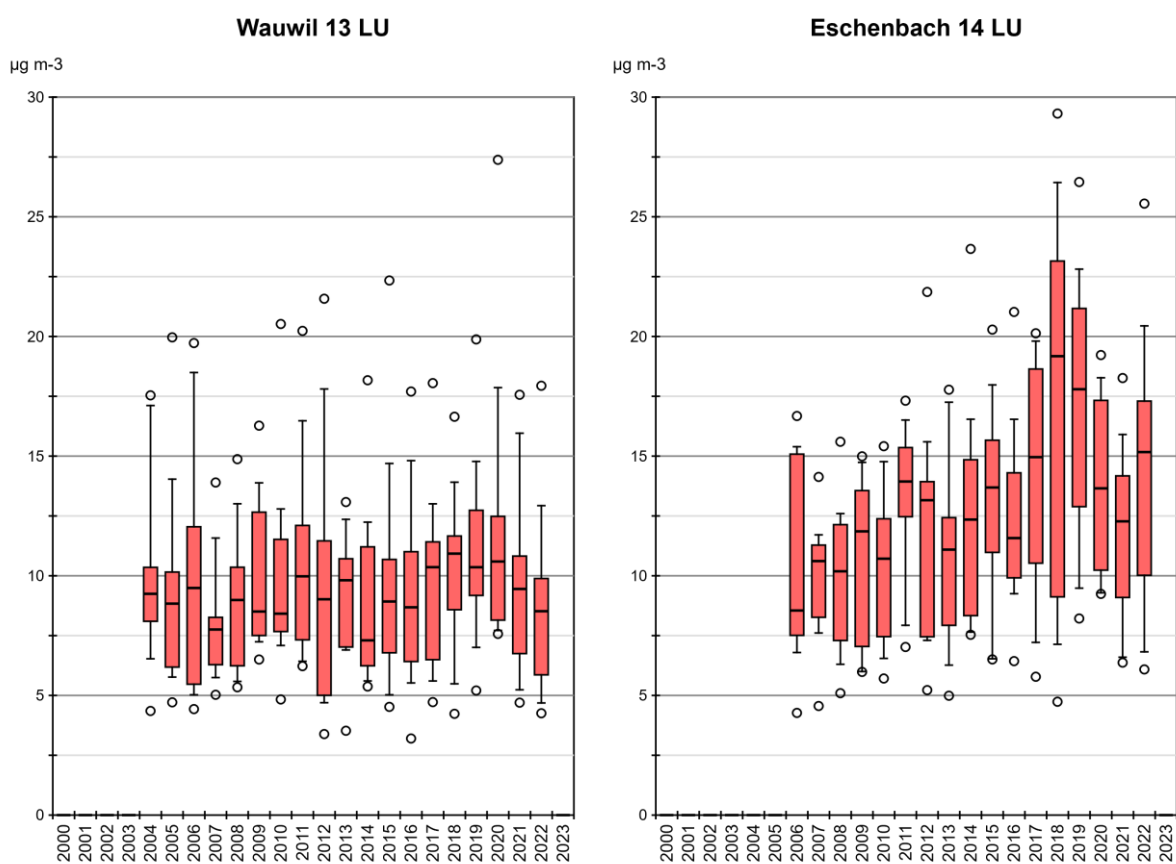


Abb. 27 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Wauwil 13 (LU), Eschenbach 14 (LU)

Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 1–3 µg m⁻³

Abbildung 28 zeigt die Standorte mit niedrigen Immissionen, die sowohl von Verkehr als auch von Landwirtschaft beeinflusst sind.

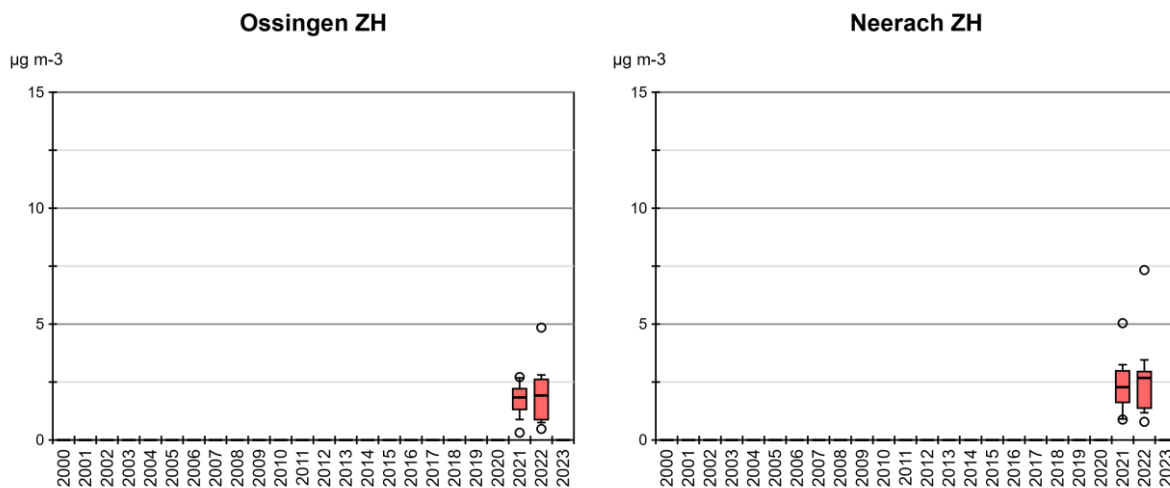


Abb. 28 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Ossingen (ZH), Neerach (ZH)

Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 3–5 µg m⁻³

Abbildung 29 zeigt die Werte des Standorts Netstal, die direkt an einer stark befahrenen Durchgangsstrasse in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

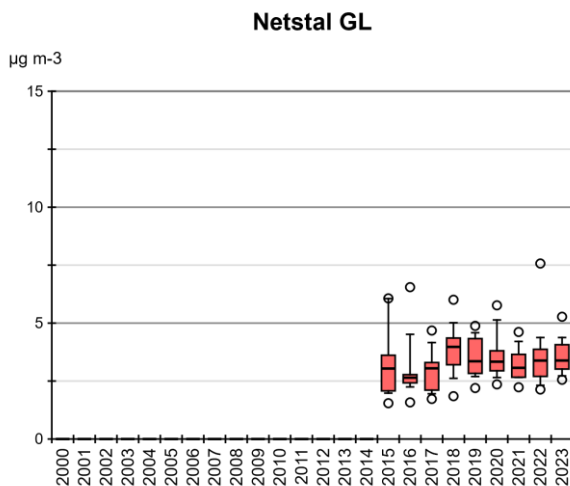


Abb. 29 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Netstal (GL)

Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 5–8 µg m⁻³

Abbildung 30 zeigt die Werte des Standorts Schaan 1, der direkt an einer stark befahrenen Strassenkreuzung in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

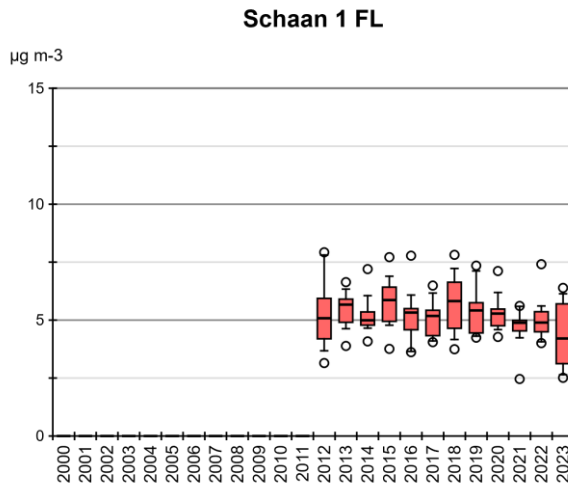


Abb. 30 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Schaan 1 (FL)

Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 3–5 µg m⁻³

Der Standort San Vittore sind sowohl an der Autobahn gelegen, wie auch von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 31).

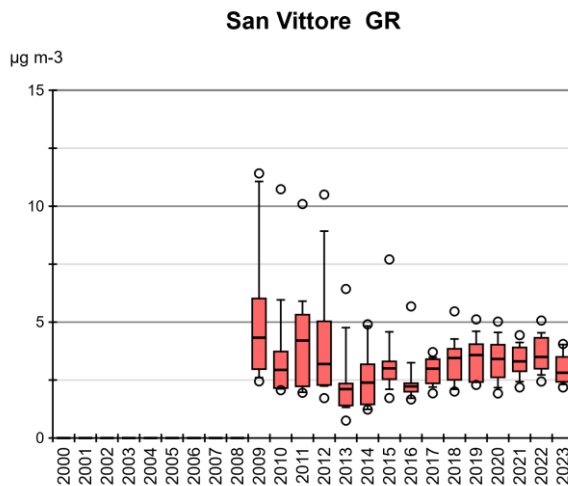


Abb. 31 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von San Vittore (GR)

Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 5–8 µg m⁻³

Der Standort Härkingen ist ebenfalls direkt an der Autobahn gelegen und von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 32).

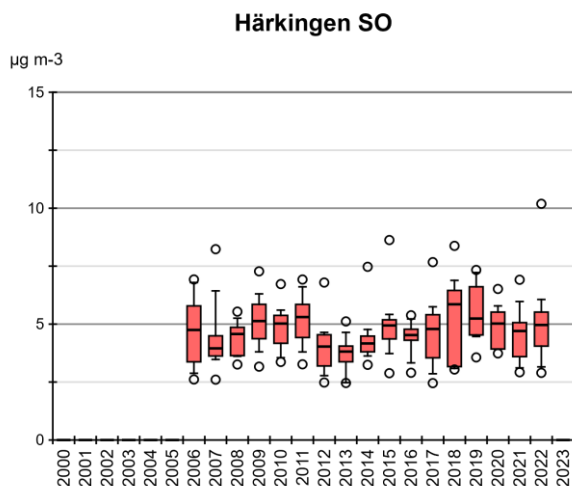


Abb. 22 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Härkingen (SO)

Belastungstyp: Städtisch, verkehrsbelastet; Immissionsklasse: NH₃-Konzentration 1–3 µg m⁻³

Der Standort Solothurn Altwyberhüsli ist auf zwei Seiten von Ackerbau, auf zwei Seiten von einer Strasse mit daran angrenzenden Wohngebieten umgeben (Abb. 33).

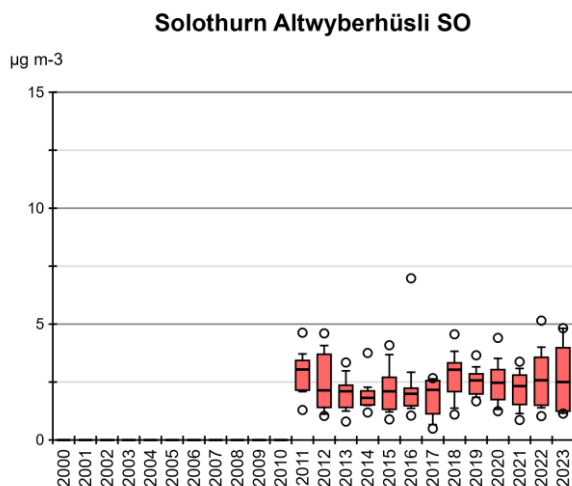


Abb. 33 Monatsmittelwerte der Ammoniakkonzentration von Solothurn Altwyberhüsli (SO)

4.5 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 20 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) und Matzendorf Emet (MAEM) 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. 34).

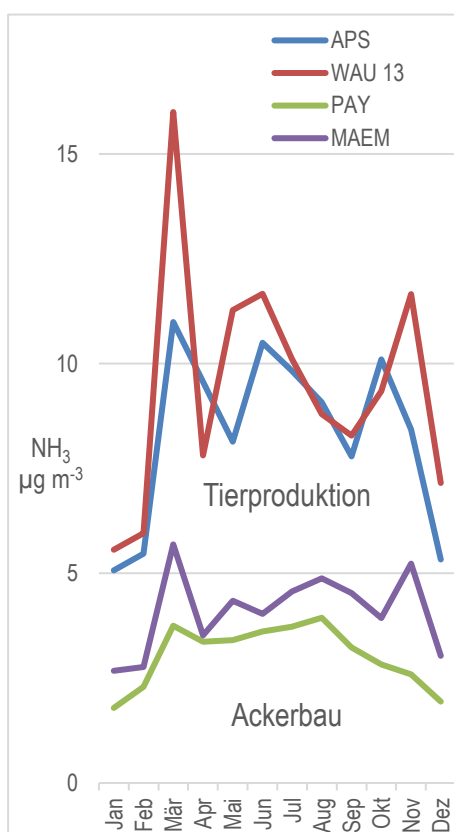


Abb. 34 Jahresverläufe der NH₃-Konzentration an landwirtschaftlich bewirtschafteten Standorten
Mediane der Monatsmittel MAEM 2011-2023, andere 2004-2023,
Ackerbau: Beispiel PAY (VD) und MAEM (VD), typischer Jahresgang mit wenig hohen Spitzenwerten.
Tierproduktion: Beispiel WAU 13 (LU) und APS (AI), typischer Jahresgang überlagert mit Konzentrations-
spitzen bei landwirtschaftlicher Tätigkeit wie Gülleausbringung.

Naturschutzgebiete

Der Ammoniakeintrag 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. 35).

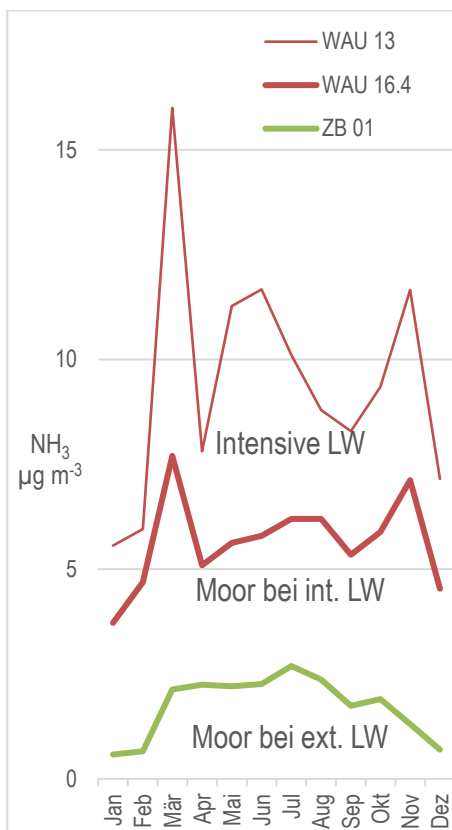


Abb. 35 Jahresgänge der NH₃-Konzentration bei Moo-
ren
Mediane der Monatsmittel 2004–2023 (ZB 01, WAU 13), 2006–2023 (WAU 16.4).
ZB 1 (ZG) bei extensiver LW, WAU 16.4 (LU) bei intensiver LW. Zum Vergleich WAU 13 inmitten intensiver LW in der Nähe des Moores (LW = Landwirtschaft).

Städtische und verkehrsreiche Standorte

Verkehrsreiche Standorte in Städten oder grossen Gemeinden zeigen vergleichbare NH₃-Konzentrationen und saisonale Variationen (Abb. 36) wie die Ackerbauregionen (Abb. 44). Massgebliche Ammoniakemittenten in Städten sind Fahrzeuge, Kanalisation und Kehricht. Jedoch bildet sich auch die landwirtschaftliche Tätigkeit in der Umgebung der Stadt im jährlichen Verlauf ab (Schaan 1 SLI 01 und Solothurn Altwyberhüsli SOAL).

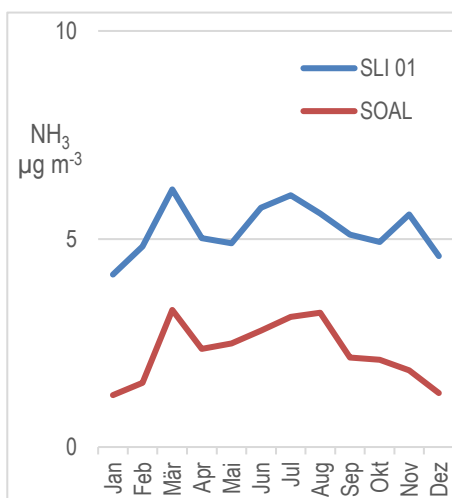


Abb. 36 Jahresverläufe der NH₃-Konzentration an einem städtischen sowie einem ländlichen verkehrsbelasteten Standort
Mediane der Monatsmittel.
SLI 01 (FL) an Strassenkreuzung 2012–2023
SOAL (SO) mit Siedlungen, Strassen und Ackerbau 2012–2023.

„Untypische“ Verläufe

Die Werte an den Standorten Grüşch Dorf 1 (NGD 01), Magadino (MAG) und San Vittore (NV4) laufen dem allgemeinen Jahreszeitmuster entgegen: Im Winter werden regelmässig höhere Werte gemessen als im Sommer (Abb. 37). Bei Grüşch Dorf und San Vittore ist eine mögliche Erklärung, dass sich in der kalten Jahreszeit regelmässig Kaltluftseen ausbilden. Zwischen Mitte Dezember und Ende Januar kommt keine Sonne zur Messstelle. Bekannt ist die Messstelle auch wegen hoher PM10-Belastung im Winter.

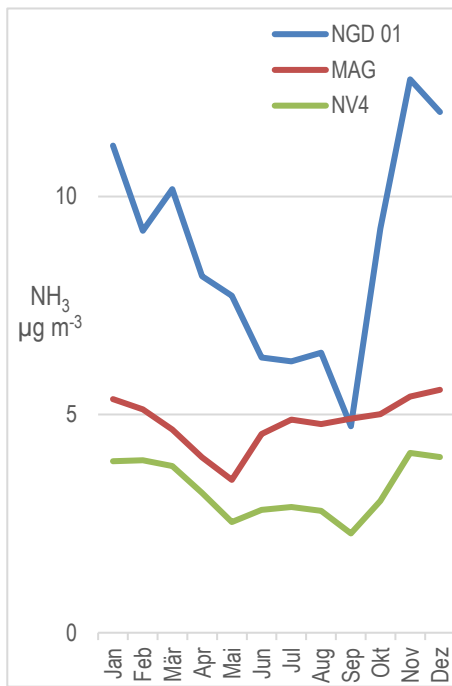


Abb. 37 Jahrgänge der NH₃-Konzentration an Standorten mit „untypischem“ Verlauf
 Mediane der Monatsmittel 2004–2023 (MAG), 2009–2023 (NV4), 2011–2023 (NGD 01).
 Atypischer Jahrgang mit höheren Werten im Winter als im Sommer.

4.6 Beispiele regionaler Messnetze

Die Standorte der regionalen Messnetze sind in Kapitel 7.4, Tabelle 14 beschrieben.

4.6.1 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. 28 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. Wegen den Qualitätsproblemen erreichte nur WTGN die geforderte zeitliche Abdeckung von 84 %.

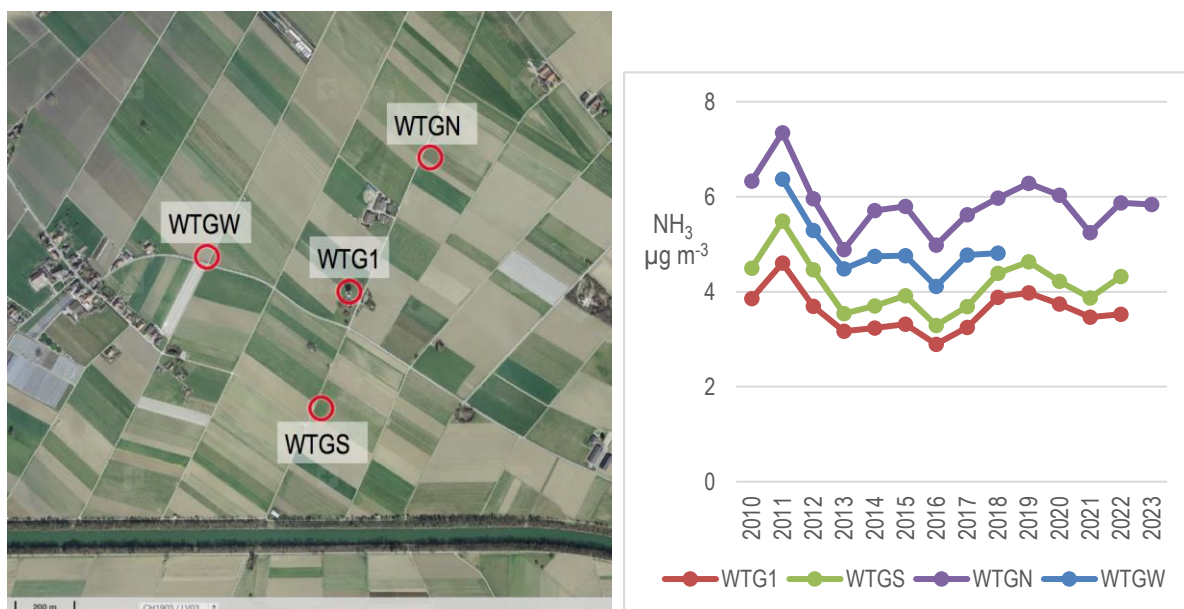


Abb. 38 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Gimmiz (BE)

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.

Abbildung 38 zeigt die Messstandorte und den Verlauf der Jahresmittelwerte in Gimmiz (BE) seit dem Start eines Projekts zur Reduktion der Nitratbelastungen aus der Landwirtschaft im Jahr 2010. Das Projekt hat sich positiv auf die Nitratwerte im Trinkwasser ausgewirkt und wurde unterdessen um sechs weitere Jahre verlängert. Im Rahmen des Projekts wurde im Zuströmbereich des Wasserturms auf einer Fläche von ca. 160 ha die Bewirtschaftung mehrheitlich extensiviert (bodenschonende Anbausysteme, Ackerland zu Wiesland u.a.). Zusätzlich wurden im Zusammenhang mit dem kantonalen Ressourcenprogramm, das von 2009 bis 2015 dauerte, verschiedene ammoniakmindernde Massnahmen umgesetzt. Unter anderem wird nun ein grosser Teil der Gülle mit Schleppschlauchverteiler ausgebracht. Abbildung 28 zeigt, dass die Jahresmittelwerte der vier Standorte parallel verlaufen. Der Unterschied zwischen der Station auf dem Wasserturm (WTG1) mit den niedrigsten Werten, und der Station des in der Nähe des erwähnten Landwirtschaftsbetriebs gelegenen, nördlichen Standorts (WTGN) mit den höchsten Werten beträgt im Durchschnitt, seit 2010, ca. 2.3

$\mu\text{g m}^{-3}$. Von 2011 bis 2016 sind die Werte tendenziell gesunken. Der erneute Anstieg der Werte ab 2017 wurde in der ganzen Schweiz beobachtet und steht mit der warmen Witterung in Verbindung, wobei die Werte nicht mehr auf den Level von 2011 angestiegen sind. Der Standort WTGW wurde ab Messperiode 2019 aufgehoben.

4.6.2 Kanton Solothurn

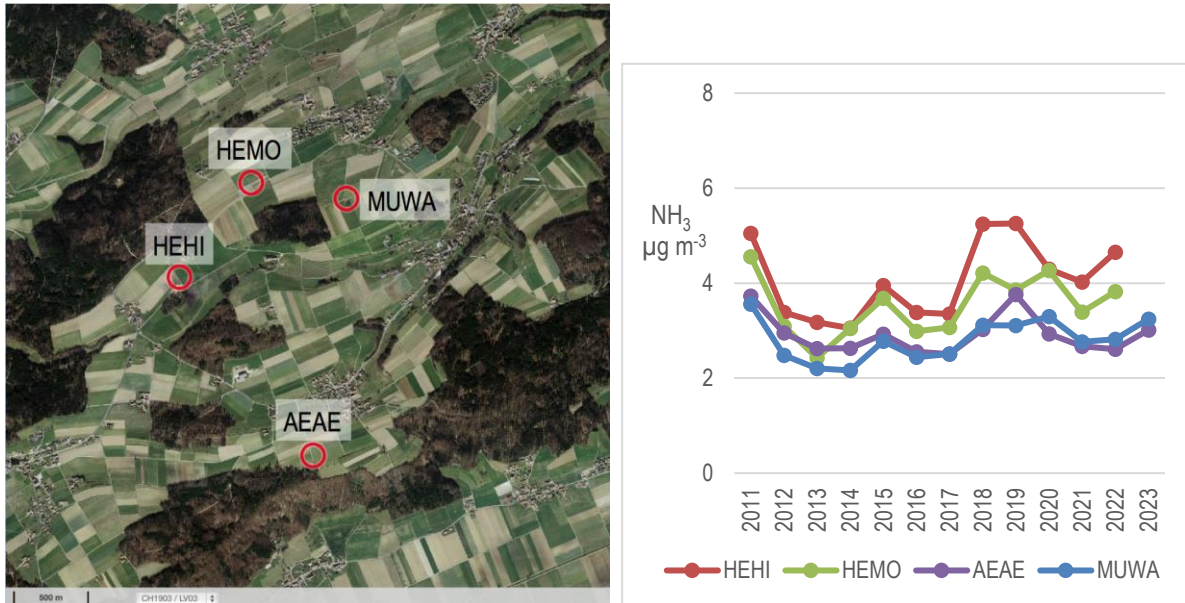


Abb. 39 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Hessikofen (SO)
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$.
 Alle 4 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld und Ackerwirtschaft. Luftbild: geodata © swisstopo.

In drei Geländekammern im Kanton Solothurn wurden je drei bis fünf Messpunkte platziert. Die Standorte HEHI, HEMO und MACH wurden Anfang 2023 zugunsten anderer Standorte im Kanton aufgehoben.

In der Gegend von Hessikofen im Solothurner Mittelland (Abb. 39) 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. 40). Danach schwanken die Jahresmittelwerte von MAEM stark, während die Konzentration am Standort MAST kaum schwankt.

Ebenfalls ähnliche Verläufe aber grössere Unterschiede in den Ammoniakkonzentrationen finden sich in der Region Egerkingen (Abb. 41). 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 GUWI, ebenfalls im Landwirtschaftsgebiet gelegen, zeigt eine mittlere Konzentration von $4 \mu\text{g m}^{-3}$.

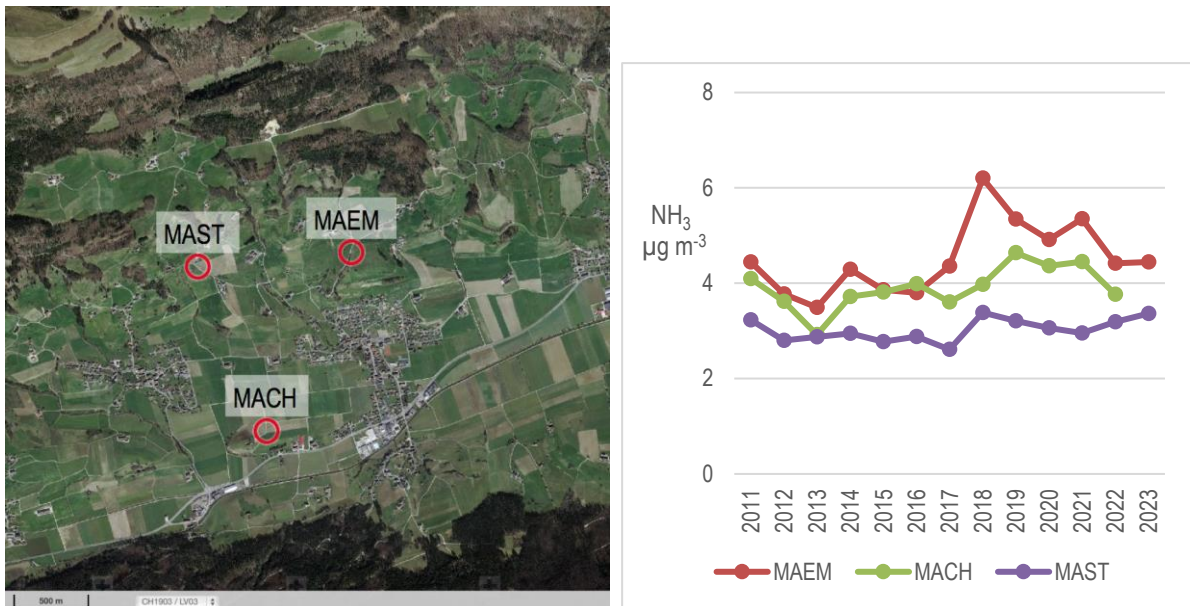


Abb. 40 Luftbild (links) und NH₃-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Matzendorf (SO)
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m⁻³.
 Alle 3 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld- und Ackerwirtschaft. Luftbild: geodata © swisstopo.

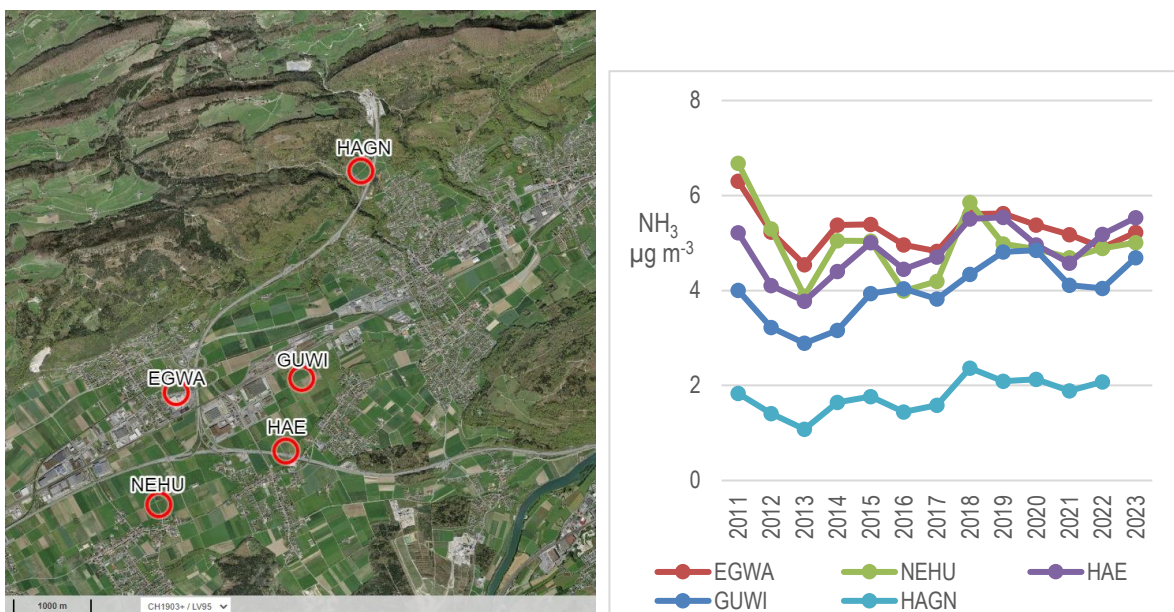


Abb. 41 Luftbild (links) und NH₃-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Egerkingen (SO)
 Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m⁻³.
 EGWA liegt direkt zwischen Strasse und Einkaufszentrum; GUWI und NEHU inmitten von Feldern, HAGN am Jurahang in der Nähe des Waldes, der NABEL-Standort HAE direkt an der Autobahn und an landwirtschaftlichen Kulturen.
 Luftbild: geodata © swisstopo.

4.6.3 Kanton Schaffhausen

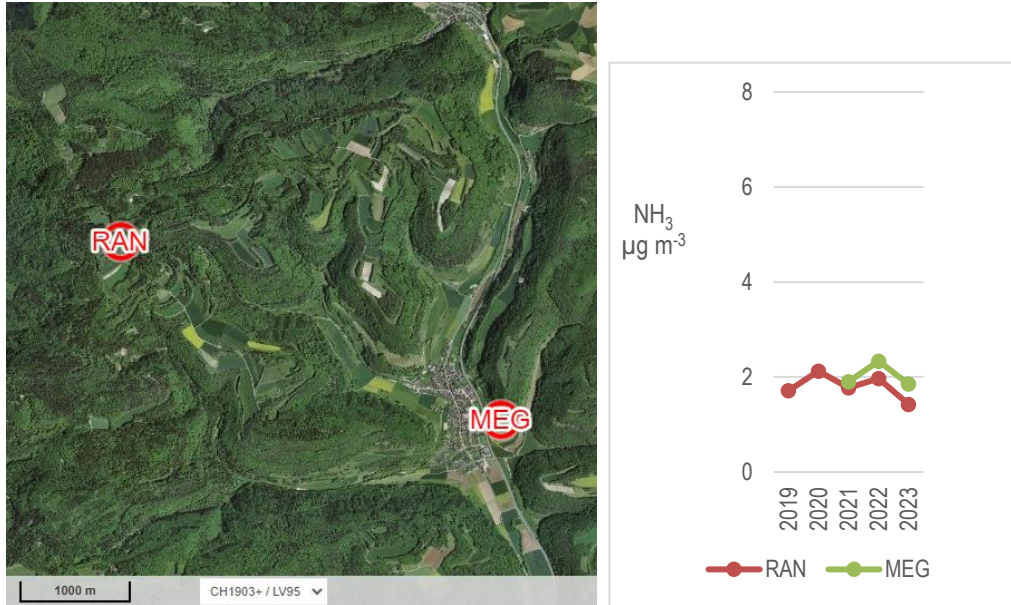


Abb. 42 Luftbild (links) und NH₃-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Merishausen (SH)
Zwei Standorte in unterschiedlichen Geländekammern.
Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m⁻³. Luftbild: geodata © swisstopo.

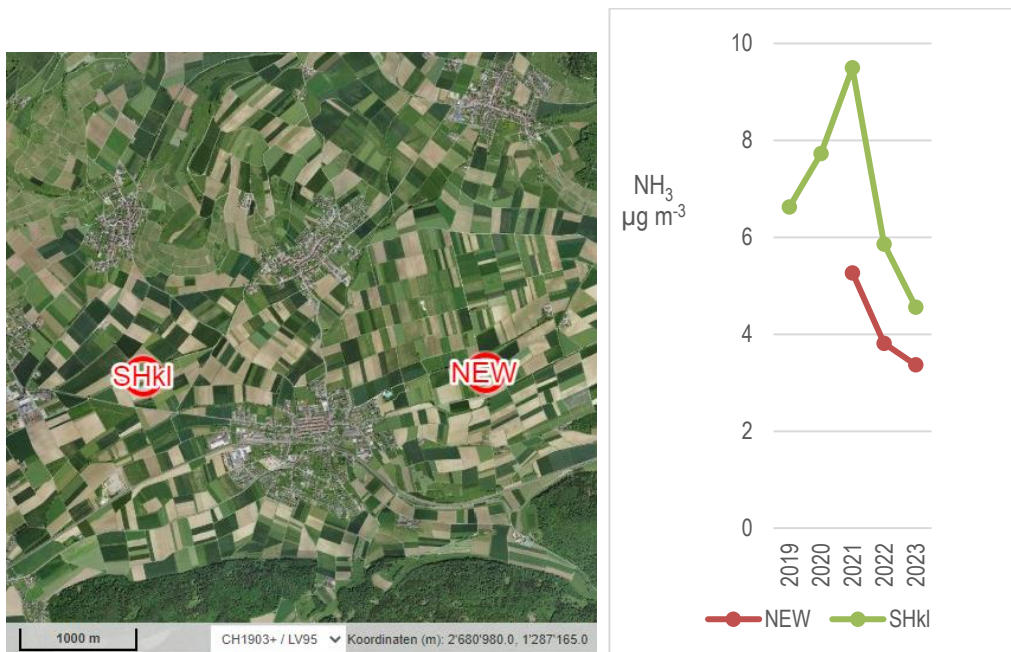


Abb. 43 Luftbild (links) und NH₃-Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Neunkirch (SH)
Zwei Standorte in unterschiedlichen Geländekammern.
Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: µg m⁻³. Luftbild: geodata © swisstopo.

Im Gebiet des 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. 42).

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 1.5 bis $4 \mu\text{g m}^{-3}$ höher als in NEW (Abb. 43).

4.6.4 Kanton Graubünden

Südöstlich vom Dorf Grüşch in der Region Prättigau/Davos sind zwei Standorte im Abstand von 470 Metern platziert (Abbildung 44). NGD 01 (Grüşch-Dorf) ist auf 615 m, NGS (Grüşch-Schwellenen) auf 607 m ü. M platziert. Nahe von Grüşch Dorf befinden sich mehrere Landwirtschaftsbetriebe. In diesem Gebiet kommen im Winter häufig Kaltluftseen vor.



Abb. 44 Luftbild der Standorte bei Grüşch (GR)
Die zwei Standorte befinden sich in einem Ackerbaugesamt, nahe bei Grüşch Dorf befinden sich mehrere Landwirtschaftsbetriebe. Luftbild: geodata © swisstopo.

In Grüşch verlaufen die Jahresmittelwerte der zwei Standorte mehrheitlich parallel mit einem Unterschied von ca. $3 \mu\text{g m}^{-3}$ NH_3 , was durch die Landwirtschaftsbetriebe im Bereich Grüşch-Dorf zu erklären ist. Die Jahresmittelwerte sind seit 2012 an beiden Standorten wenig angestiegen.

Die Jahresverläufe der beiden nahe und auf ähnlicher Höhe gelegenen Standorte zeigen grosse Unterschiede: Von Dezember bis März sind die Mediane der Monatsmittel 2011–2023 in Grüşch-Dorf über $5 \mu\text{g m}^{-3}$ höher als in Grüşch-Schwellenen, dies lässt sich durch die Inversionslagen mit Kaltluftsee-Bildung und insgesamt schlechter Durchlüftung in Grüşch-Dorf in den Wintermonaten erklären. Von April bis November weichen die die Mediane der Monatsmittel um weniger als $3 \mu\text{g m}^{-3}$ voneinander ab. In den Sommermonaten wird Alpwirtschaft betrieben und an beiden Messstandorten werden Jahrestiefstwerte für Ammoniak gemessen, während im Frühling und November die Werte durch Gülleausstrahlung erhöht sind (Abbildung 45).

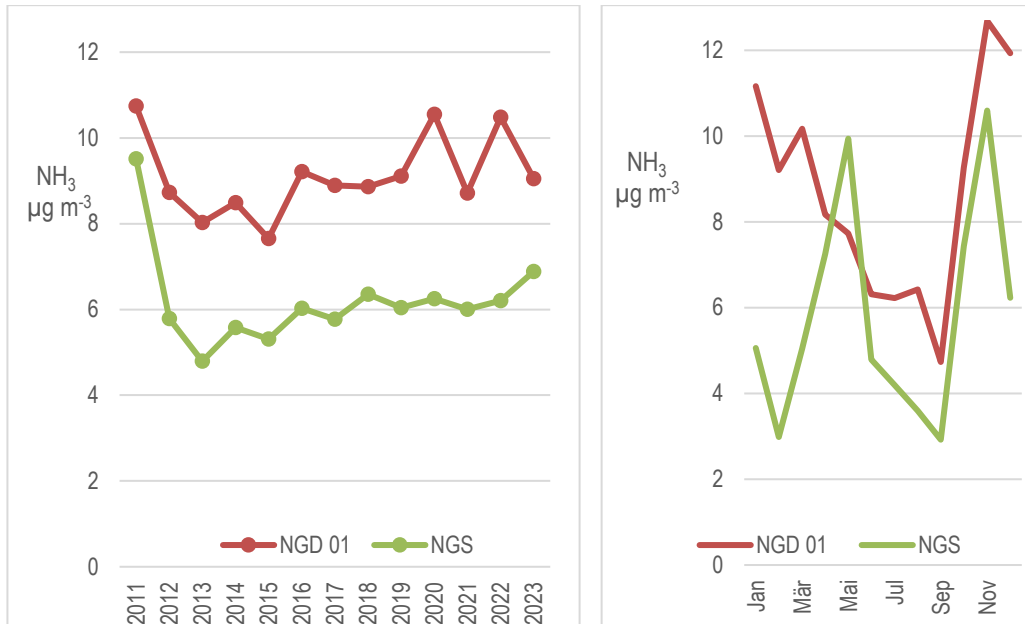


Abb. 45 Jahresmittel (links) und Jahresgänge (rechts) der NH₃-Konzentration in Grösch
Verlauf der Jahresmittelwerte, Jahresgang mit Medianen der Monatsmittel 2011–2023, Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$

4.6.5 Kanton Luzern, Höhentransekt

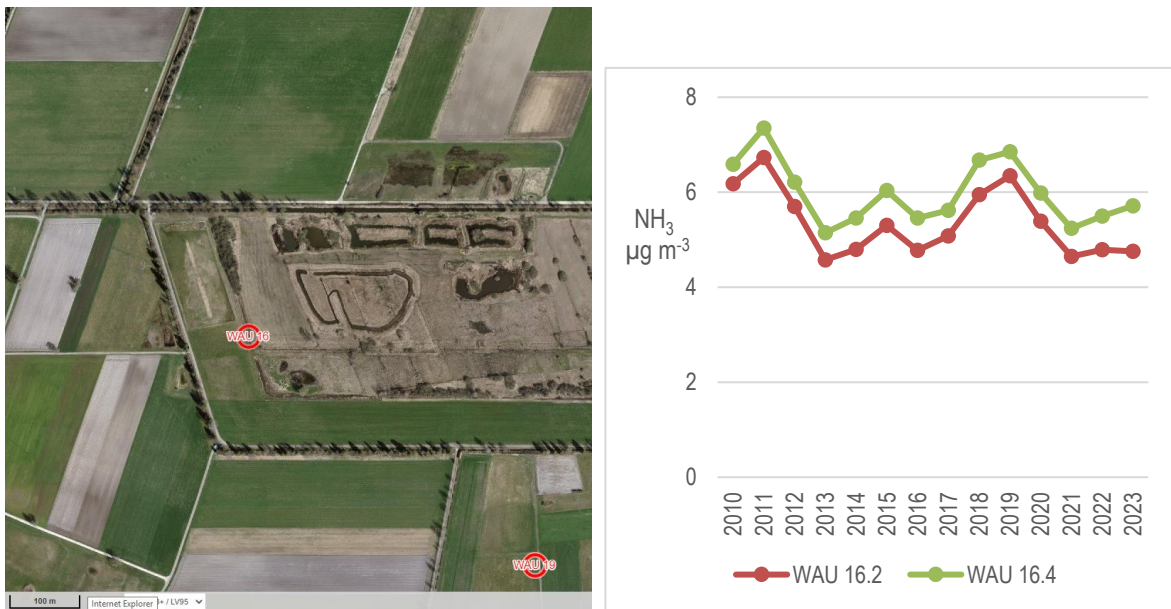


Abb. 46 Luftbild (links) und NH₃-Konzentrationen (rechts) in Wauwil 16 mit NH₃-Messungen auf 2 und 4 m Höhe)
Verlauf der Jahresmittelwerte, Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$.
NH₃-Messungen auf 2 und 4 m Höhe am Wauwilermoos. Luftbild: geodata © swisstopo.

Am Wauwilermoos im Kanton Luzern wird Ammoniak auf 2 und 4 Metern Höhe über Grund gemessen. Um das Moor wird intensive Landwirtschaft betrieben. Die NH₃-Jahresmittelwerte sind oben 0.4 bis 1 $\mu\text{g m}^{-3}$ höher als unten (Abb. 46).

4.6.6 Zentralschweizer Kantone und Ostluft

Weitere regionale Messnetze in den Zentralschweizer Kantonen LU, NW, OW, SZ, UR und ZG sind in Wey et al. (2023) beschrieben. Jene der Kantone Appenzell-Innerrhoden, Appenzell-Ausserrhoden, Glarus, Graubünden, St. Gallen, Schaffhausen, Thurgau und Zürich und des Fürstentums Liechtenstein im Ostluft-Jahresbericht (Ostluft 2023).

5 Qualitätssicherung

5.1 Ringversuche und Vergleichsmessungen

Die FUB nimmt seit 2015 am EMEP-Ringversuch der analytischen Methoden⁸ teil. Ammoniak auf Filtern sowie Ammonium im synthetischen Regen erfüllten die EMEP-Qualitätsnorm (Abb. 47).

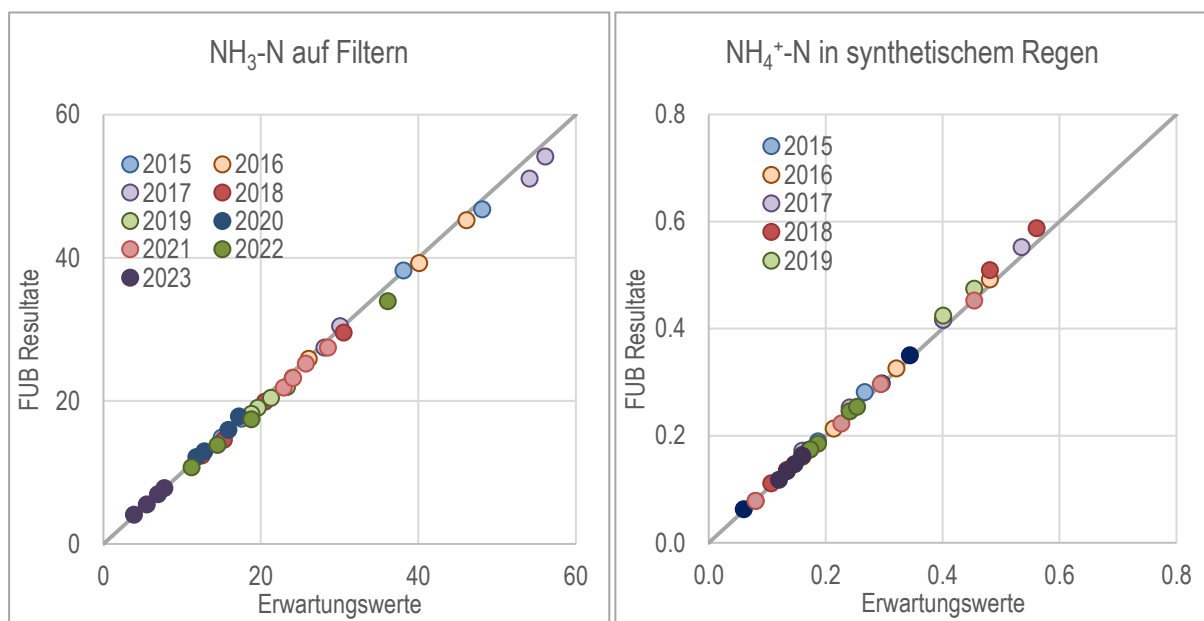


Abb.47 Ringversuchsresultate der FUB, verglichen mit den erwarteten Konzentrationen.
 Links: Ammoniak auf imprägnierten Filtern, Einheit: $\mu\text{g N pro Filter}$
 Rechts: Ammonium in Niederschlag, Einheit: $\mu\text{g N l}^{-1}$.

Passivsammler werden laufend mit einem Referenzverfahren (Denuder, VDI 3869 Blatt 3 2010, BAFU & Empa 2023) überprüft. Abbildung 48 links zeigt den Vergleich zwischen Minidenudern der Empa (Quelle: NABEL, BAFU und Empa) und Radiello Passivsammlern. In Abbildung 48 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 2023⁹. Die Übereinstimmung ist gut.

Ferm-Passivsammler werden ebenfalls laufend mit Radiello-Sammlern verglichen. Die Probenahme von der 2- & 4-Wochen-Werte erfolgte an Standorten mit extensiver und intensiver Landwirtschaft, Stadt, Verkehr und Hintergrundstandorten. In Abbildung 39 links sind die Vergleichsmessungen aus den Jahren 2009 bis 2017, vor dem Passivsammlerwechsel im Immissionsmessnetz dargestellt, Abbildung 49 rechts zeigt die Vergleiche der Periode 2018 bis 2023. Die Übereinstimmung ist gut.

⁸ EMEP – 33rd – 41st intercomparison of analytical methods, organisiert und durchgeführt von NILU – Norwegian Institute for Air Research

⁹ Ausreisser aufgrund Qualitätsproblemen (Kapitel 5.2) wurden entfernt.

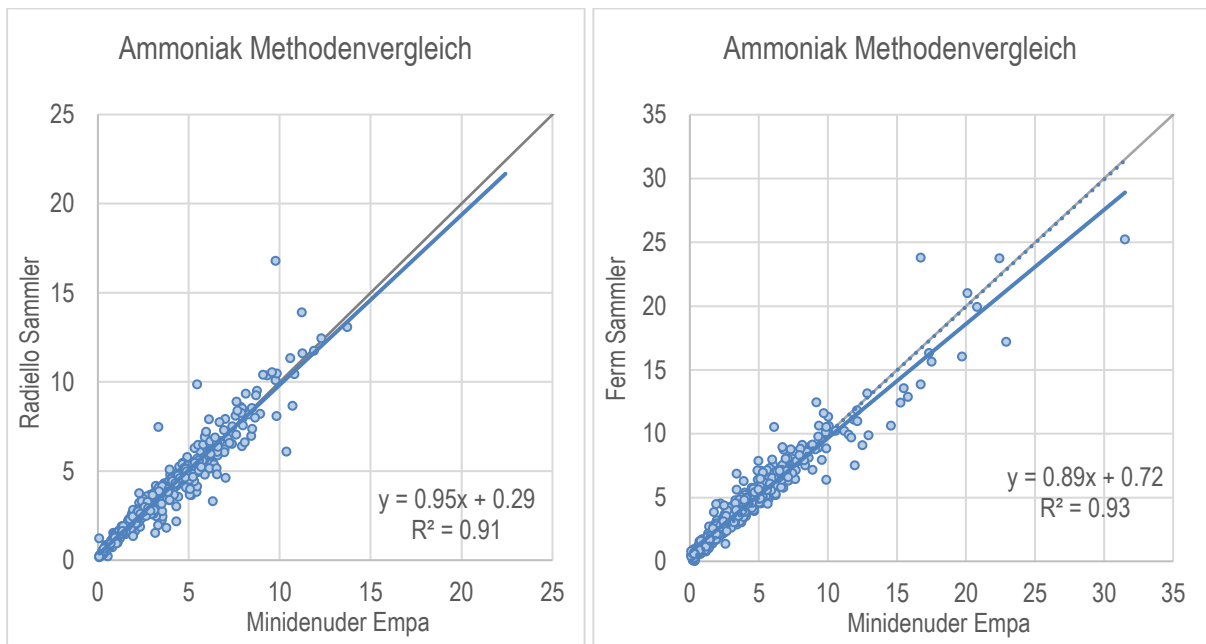


Abb. 48 NH_3 -Konzentration von Passivsammlern im Vergleich mit Minidenudern
 Oben links: Radiello Sammler und Minidenuder (Referenzverfahren, Quelle: NABEL), 526 Datenpaare.
 Oben rechts: Ferm Sammler und Minidenuder (Quelle: NABEL), 610 Datenpaare, Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$.

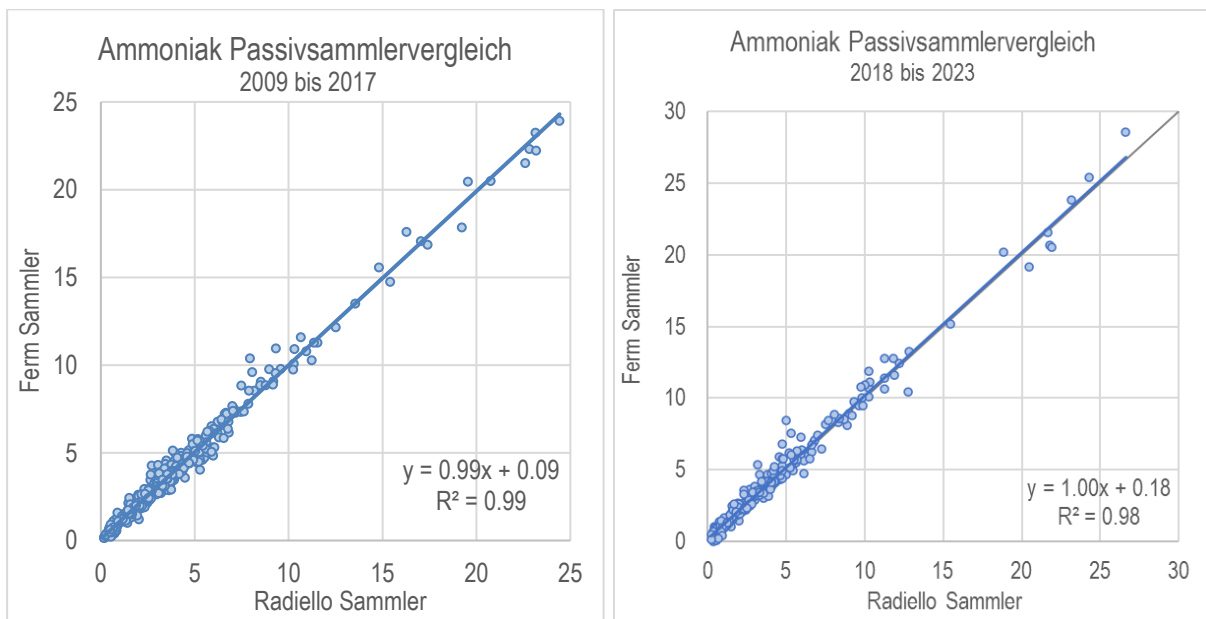


Abb. 49 Radiello- und Ferm-Passivsammler für Ammoniak im Vergleich
 2 Passivsammlertypen der FUB: links 2009 bis 2017 (427 Datenpaare), rechts 2018 bis 2023 (316 Datenpaare)
 Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$.

5.2 Qualitätsprobleme im Jahr 2023

Wegen technisch begründeten Qualitätsproblemen kam es im Berichtsjahr 2023 zu aussergewöhnlich vielen Messausfällen:

Anfang 2023 wurden Passivsammlerchargen wegen einer defekten Lüftung bei der Herstellung kontaminiert. Bei der Installation der Abluftkanäle wurden von der Lüftungsfirma die Anforderungen nicht erfüllt, was diese Kontamination zur Folge hatte. Für die Ausreisserbereinigung wurden alle Messwerte der potenziell betroffenen Passivsammler mit Vorjahresdaten und Daten an benachbarten Standorten verglichen. An einigen Standorten in der Schweiz konnte die Qualität der Ferm-Daten auch mit parallelen Messungen mit Referenzverfahren oder Radiello-Passivsammlern verglichen werden. Dennoch fehlen viele Messwerte, v.a. im Februar und März 2023. Die Lüftung wurde so rasch wie möglich ersetzt und funktioniert wieder ordnungsgemäss.

Ab Mitte Jahr traten erneut nicht plausible Werte auf, und die intensive Fehlersuche begann von neuem. Das Problem lag diesmal bei einer neu hergestellten Charge Tuben, dem Mittelteil der Ferm Passivsammler. Aufgrund von Lieferengpässen wurde vom Produzenten auf ein anderes Kunststoffgranulat zurückgegriffen, ohne die Käufer darüber zu informieren. Es hat sich schlussendlich herausgestellt, dass bei diesem Kunststoff bei Wärmeinfluss Ammoniak ausgast, was die FUB mit thermischen Versuchen im Labor belegen konnte. Die kontaminierten Tuben kamen ab Frühling 2023 zum Einsatz und ersetzten laufend einzelne alte Tuben, welche nicht mehr einwandfrei aussahen. Ab ca. Serie 9 (von 13) bzw. 18 (von 26) konnten die betroffenen Passivsammler beim Probenrücklauf identifiziert und ausgesondert werden, vorher wurden die zu hohen Werte von nicht übereinstimmenden Mehrfachbestimmungen entfernt. Inzwischen wurden die kontaminierten Tuben vom Hersteller ersetzt.

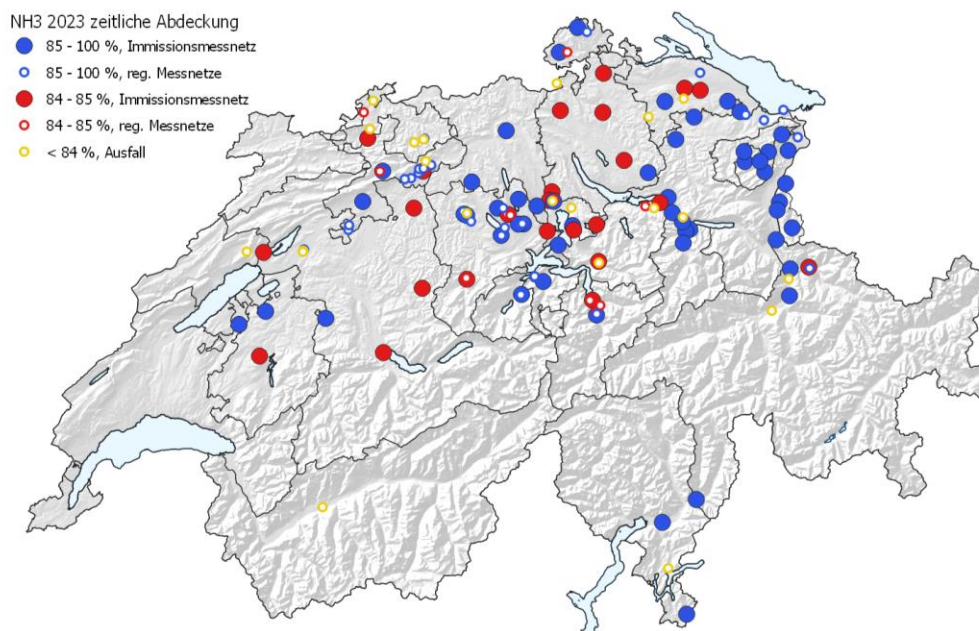


Abb. 50 Zeitliche Abdeckung während der Messung im Jahr 2023
 Die blau bezeichneten Standorte weisen eine zeitliche Abdeckung von 85 % und höher auf.
 Die roten Standorte erreichen 84 bis 85 % zeitliche Abdeckung.
 Die gelben Standorte weisen weniger als 84 % zeitliche Abdeckung auf, und gelten als Ausfall.

Abbildung 50 gibt einen Überblick über die Vollständigkeit der Messungen 2023 in der örtlichen Verteilung.

5.3 Auswirkung der Ausfälle

Jeder Ausfall einer Serie beeinflusst das Jahresmittel, unabhängig davon ob dadurch die geforderte zeitliche Abdeckung für das Jahresmittel unterschritten wird oder nicht. Wie stark dieser Einfluss ist, hängt von vielen Faktoren ab und ist oft standortspezifisch. So spielen u.a. die Dauer der Serie, der Zeitpunkt des Ausfalles oder wie stark die Werte im Verlaufe des Jahres am betroffenen Standort variieren, eine Rolle. Um die Auswirkungen der Ausfälle 2023 ansatzweise abschätzen zu können, wurden, insofern vorhanden, die Verläufe der Jahre 2018 bis 2022 beigezogen und geschaut, wie stark die Serienwerte im Verlaufe des jeweiligen Wertes variierten. Dazu wurde für jedes Jahr und Standort die relative Standardabweichung der Serienwerte (Werte für die einzelnen Messperioden von je ca. 30 Tagen) ermittelt. Je grösser diese ist, desto stärker weichen einzelne Serienwerte vom Mittelwert der Serienwerte ab, wodurch ein Ausfall einer Serie eine höhere Auswirkung auf den Mittelwert zur Folge haben kann. Zusätzlich wurde für die Jahre 2018 bis 2022 für jeden Standort berechnet, um wieviel der Mittelwert über-, respektive unterschätzt worden wäre, wenn jeweils die entsprechende Anzahl an Ausfällen wie 2023 aufgetreten wären und nur Minimal-, respektive Maximalwerte betroffen gewesen wären. Somit entspricht dies der höchstmöglichen beobachteten Abweichung. In Tabelle 10 werden für jeden Standort die höchste Standardabweichung und die höchste ermittelte Unter- und Überschätzung gegeben.

Tab. 10 Auswirkung der Ausfälle

Die Liste der Standorte mit den jeweiligen Ausfällen 2023, der maximalen relativen Standardabweichung der Serienwerte eines Jahres im Zeitraum 2018 bis 2022 und der beobachteten maximalen prozentualen Unter- und Überschätzung eines Jahresmittels im selben Zeitraum. Dabei wird davon ausgegangen, dass jeweils nur maximale, respektive minimale Werte betroffen sind (Zum Beispiel: Der Standort AEAE hatte 2023 einen Ausfall. Würde es sich dabei jeweils um den maximalen Wert handeln, so hätte ein solcher in den Jahren 2018 bis 2022 zu einer Unterschätzung zwischen 6.1 und 9.6 % geführt. In der Tabelle steht der maximale Wert von 9.6 %). Zudem wird auch der Mittelwert der Jahresmittel der Jahre 2018 bis 2022 angegeben. Es gilt zu beachten, dass nicht für alle Standorte für jedes Jahr in diesem Zeitraum Daten vorliegen und somit teilweise weniger Jahre einbezogen wurden.

Standort	Anzahl Serien	Anzahl Ausfälle	Mittelwert 2018 - 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale relative Standardabweichung (%)	Maximale Unterschätzung (%)	Maximale Überschätzung (%)
AEAE	12	1	3.0	49.1	9.6	7.1
AEG	13	2	2.0	51.6	18.1	9.4
AFM	13	2	4.9	51.2	16.6	10.5
AIB	13	1	1.9	60.1	13.0	5.9
AIG	13	1	5.0	52.0	10.7	7.4
AIO	13	1	3.2	61.3	14.4	7.2
ALB	13	0	8.1	45.1	0.0	0.0
APR	13	2	4.9	40.3	14.0	7.7
APS	13	1	9.7	57.9	15.3	6.3
BA	13	0	2.5	64.3	0.0	0.0
BAH	13	0	N/A	N/A	0.0	0.0
BAS	13	3	2.9	49.6	20.3	22.9
BAV	13	1	7.7	57.7	13.8	6.0
BEM	12	0	6.2	43.7	0.0	0.0
BENN	13	3	4.2	41.6	18.0	16.7
BHU	13	0	4.1	34.9	0.0	0.0
BIR1	13	1	4.3	90.4	23.9	6.7
BRIS	13	2	3.2	64.1	21.1	13.8
BRM	26	0	5.8	65.0	0.0	0.0

Standort	Anzahl Serien	Anzahl Ausfälle	Mittelwert 2018 - 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale relative Standardabweichung (%)	Maximale Unterschätzung (%)	Maximale Überschätzung (%)
BSZ	13	1	5.3	38.8	8.0	4.7
CHA	13	2	1.4	76.5	23.1	17.7
DEB	13	1	4.1	41.9	10.1	4.5
DIEG 02	13	3	N/A	N/A	N/A	N/A
EGWA	12	1	5.4	34.0	7.4	4.6
ESC 07	13	2	10.5	42.1	13.5	8.5
ESC 08	13	2	9.7	42.3	13.5	7.7
ESC 14	13	2	15.2	45.8	11.6	10.7
ESC 15	13	2	9.8	54.4	20.4	10.5
ESC 19	13	2	7.9	47.0	14.8	8.8
EST	13	1	7.0	65.1	14.1	5.7
FRAU	13	2	4.5	43.2	12.6	9.7
FRÜE	13	2	2.4	61.3	19.4	12.1
GAK	13	1	2.1	45.6	8.5	5.4
GEF	12	0	5.5	44.9	0.0	0.0
GMO	26	2	2.6	56.6	14.7	4.7
GRT	13	2	5.5	36.7	12.4	7.2
GUWI	12	1	4.4	44.8	9.1	6.2
GWA	12	0	4.3	37.8	0.0	0.0
HAE	13	2	5.1	37.4	11.7	8.4
HÄG	13	0	7.4	50.1	0.0	0.0
HAGN	12	2	2.1	50.9	17.1	14.3
HBL	25	4	4.5	58.0	23.8	6.3
HOL 01	13	2	9.0	59.0	19.1	11.0
HOL 03	13	2	5.8	42.5	13.8	9.2
HOL 04	13	2	10.7	58.2	21.7	9.1
HUD 0	13	1	2.7	45.3	9.4	4.9
IEB	26	4	3.3	56.8	22.8	5.6
IMM	13	1	2.8	50.7	11.7	5.7
INWI	13	3	4.8	38.7	16.1	14.8
KÄNE	13	1	N/A	N/A	N/A	N/A
KBR	13	0	4.5	40.2	0.0	0.0
KEB	13	1	2.3	41.1	7.9	4.4
KIT	13	0	5.1	52.9	0.0	0.0
LUG	13	3	2.7	43.1	19.7	15.6
MAEM	12	1	5.3	53.4	13.0	6.1
MAG	24	0	6.8	72.8	0.0	0.0
MAST	12	2	3.2	61.5	21.2	12.9
MAU 01	13	2	6.3	50.5	16.6	8.8
MEG	13	1	1.7	65.6	15.2	5.9
MI01	13	1	4.2	49.0	8.8	5.1
MUWA	12	1	3.0	51.4	11.5	6.6

Standort	Anzahl Serien	Anzahl Ausfälle	Mittelwert 2018 - 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale relative Standardabweichung (%)	Maximale Unterschätzung (%)	Maximale Überschätzung (%)
N14	12	2	4.3	42.3	15.5	10.4
NE 03	13	2	7.6	79.2	26.9	14.9
NEHU	12	1	5.1	55.5	14.8	6.0
NENZ 02	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NET	13	2	2.6	61.8	19.9	12.0
NEU 01	13	2	7.3	46.9	14.6	11.3
NEU 02	13	2	6.7	49.3	17.6	10.6
NEU 03	13	2	5.1	56.0	20.8	11.2
NEW	13	2	3.8	60.3	18.9	12.5
NGD 01	12	2	9.6	47.4	16.4	10.5
NGS	12	1	6.1	57.4	11.8	6.8
NMS	12	1	5.1	49.0	13.3	6.1
NRB	13	1	6.8	35.7	7.5	5.4
NTW	11	1	1.7	49.6	11.0	7.5
NV4	12	1	3.5	28.4	5.4	4.4
NW-01	13	0	7.0	39.5	0.0	0.0
NW-02	13	1	6.9	42.3	11.2	4.5
NW-03	13	0	7.0	36.8	0.0	0.0
NZI 01	12	4	5.7	69.6	47.8	13.4
OSD	13	2	1.9	60.6	19.8	13.1
OW-01	13	0	7.6	52.8	0.0	0.0
OW-02	13	0	6.9	65.0	0.0	0.0
OW-04	13	0	9.2	34.9	0.0	0.0
PAY	26	0	3.3	51.9	0.0	0.0
RAN	13	1	1.5	81.1	19.2	7.8
RIG	26	0	1.8	69.5	0.0	0.0
RO	13	2	3.6	51.8	16.8	11.6
ROPF	13	2	2.0	53.7	18.9	9.2
RRI	13	1	4.7	64.2	15.2	5.1
SAM2	13	1	5.7	47.1	9.8	6.1
SARE	12	1	1.8	72.1	10.9	9.0
SCB	13	2	N/A	N/A	N/A	N/A
SCH	13	3	2.3	50.5	21.5	20.7
SCHÜ 00	13	2	7.1	72.0	17.4	9.6
SCHÜ 02	13	2	7.5	45.9	16.5	8.7
SCHÜ 03	13	2	7.6	33.8	10.6	9.0
SCHUB01a	13	3	9.3	28.6	11.2	9.7
SEM	12	0	6.9	35.4	0.0	0.0
SHkl	13	1	6.1	65.3	13.5	6.3
SIN3	13	1	9.3	47.1	10.3	5.2
SIO	13	3	3.9	22.7	8.6	8.8
SLI 01	13	1	5.3	23.6	4.3	4.6

Standort	Anzahl Serien	Anzahl Ausfälle	Mittelwert 2018 - 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale relative Standardabweichung (%)	Maximale Unterschätzung (%)	Maximale Überschätzung (%)
SOAL	12	1	2.6	48.6	9.4	5.6
SSH	13	1	4.8	38.9	8.5	4.3
SZ-01	13	2	4.7	37.3	12.6	8.4
SZI15	13	2	N/A	0.0	0.0	0.0
TAE	18	3	4.9	42.5	18.6	17.8
THA	13	0	2.7	24.3	0.0	0.0
THER	13	2	N/A	0.0	0.0	0.0
TRS	13	1	0.8	81.9	15.9	8.5
TUG01	13	2	7.3	44.8	14.7	9.0
UES	13	0	4.7	40.8	0.0	0.0
URI 01	13	1	7.4	29.6	7.0	3.3
URI 02	13	1	6.2	33.8	5.4	4.8
URI 03	13	2	6.9	31.2	12.0	8.0
VKAPP	12	1	N/A	0.0	0.0	0.0
VKEST	12	1	N/A	0.0	0.0	0.0
VOEN	12	1	N/A	0.0	0.0	0.0
VTG	26	4	3.1	39.2	16.2	5.1
VU01	13	2	4.6	61.2	19.9	13.3
WAB	13	2	1.6	44.5	11.1	12.4
WAN01a	13	2	8.0	25.3	8.5	5.9
WAU 10	13	5	8.8	43.2	58.8	3.0
WAU 13	13	2	10.5	60.2	21.5	9.8
WAU 14	13	2	8.1	56.4	19.3	9.0
WAU 16.2	13	2	5.4	46.1	16.5	8.6
WAU 16.4	13	2	6.1	41.3	13.9	8.0
WAU 17	13	2	7.5	40.3	11.5	8.7
WAU 19	13	2	7.0	50.3	17.1	9.3
WBM	13	1	2.2	72.7	17.9	6.8
WEIN	13	2	10.7	60.6	22.4	9.9
WIG	13	1	3.6	43.4	11.3	4.5
WIH	13	2	1.8	60.2	20.0	12.8
WTG1	13	3	3.7	40.9	16.8	17.8
WTGN	26	3	5.9	47.6	12.9	7.8
WTGS	26	5	4.3	65.2	33.9	5.6
ZB 01	12	0	2.1	50.8	0.0	0.0
ZG-01	13	2	10.5	97.5	32.0	11.5
ZG-02	13	1	6.5	54.1	14.3	4.8
ZG-03	13	3	10.3	42.1	18.9	15.9
ZIGE	13	2	2.9	63.1	19.7	13.7
ZUZ	13	0	6.1	49.2	0.0	0.0

6 Literatur

- Aas W., Fagerli H., Alastuey A., Cavalli F., Degorska A., Feigenspan S., Brenna H., Gliß J., Heinesen D., Hueglin C., Holubová A., Jaffrezo J.L., Mortier A., Murovec M., Putaud J.P., Rüdiger J., Simpson D., Solberg S., Tsyro S., Tørseth K., Yttri K.E. 2024: Trends in Air Pollution in Europe, 2000–2019. *Aerosol and Air Quality Research (AAQR)*, Volume 24, Issue 4, April 2024
- Agridea 2022: Emissionsmindernde Ausbringverfahren
- Agridea & 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 2024: 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 2023: *Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) 2023*.
- 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

- Bressi M., Cavalli F., Putaud J.P., Fröhlich R., Petit J.-E., Aas W., Äijälä M., Alastuey A., Allan J.D., Aurela M., Berico M., Bougiatioti A., Bukowiecki N., Canonaco F., Crenn V., Dusanter S., Ehn M., Elsasser M., Flentje H., Graf P., Green D.C., Heikkinen L., Hermann H., Holzinger R., Hueglin C., Keernik H., Kiendler-Scharr A., Kubelová L., Lunder C., Maasikmets M., Makeš O., Malaguti A., Mihalopoulos N., Nicolas J.B., O'Dowd C., Ovadnevaite J., Petralia E., Poulain L., Priestman M., Riffault V., Ripoll A., Schlag P., Schwarz J., Sciare J., Slowik J., Sosedova Y., Stavroulas I., Teinemaa E., Via M., Vodička P., Williams P.I., Wiedensohler A., Young D.E., Zhang S., Favez O., Minguillón M.C., Prevot A.S.H. 2021: A European aerosol phenomenology - 7: High-time resolution chemical characteristics of submicron particulate matter across Europe. *Atmospheric Environment: X*, Volume 10, April 2021, 100108
- 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
- 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 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013 – Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene.
- EKL 2014: Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträge. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern.
- EKL 2020: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Situation mit Bezug zur Landwirtschaft im Zeitraum 2000 – 2018. Eidg. 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: Chemical characterisation and source identification of PM10 and PM2.5 in Switzerland. Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik Empa.

-
- FOEN 2024: 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.
- Franzaring J., Kössler J. 2023: Review of internationally proposed critical levels for ammonia. Proceedings of an Expert Workshop held in Dessau and online on 28/29 March 2022 <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/review-of-internationally-proposed-critical-levels>
- Grange S., Sintermann J., Hüglin Ch. 2023: Meteorologically normalised long-term trends of atmospheric ammonia (NH₃) in Switzerland/Liechtenstein and the explanatory role of gas-aerosol partitioning. *Science of the Total Environment* 900 (2023) 165844
- 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 Landwirtschaftsämtler Schweiz (KOLAS).
- KOLAS und KVV 2022, Abdeckung von Güllelagern zur Reduktion von Ammoniakemissionen
- Kupper T., Häni Ch., Bretscher D., Zaucker F., 2022: Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020
- KVV 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, (KVV).
- 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 2023: Jahresbericht 2023 in press
- 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 NH₃-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. 2024: 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. 2023: Messbericht Ammoniak, Ammoniakmessungen in der Zentralschweiz von 2000 bis 2022, 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 11 sind die Standorte mit Änderungen aufgeführt.

Tab. 11 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
30	AIG	Gonten	AI	seit 2013	2021 um 100 m verschoben	nein
10	AIO	Oberegg	AI	–	2022 Aug. - Dez. Messlücke, um 90 m verschoben	nein
62	APS	Steinegg	AI	seit 2004	2008 ca. 10 m verschoben	nein
69	ESC 14	Eschenbach 14	LU		2014 verschoben	nein
50	EST	Eschen	FL	seit 2008	2013 um 570 m verschoben	nein
55	HÄG	Hägenschwil	SG	seit 2004	2018 120 m versch. + von 1.7 auf 3.5 m höher gehängt	nein
64	HOL 01	Holderhus 1	LU	seit 2000	2007 von 1.2 auf 4 m höher gehängt	ja, $HOL\ 01 = HOL\ 00 * 0.98 + 0.90$ ($R^2 = 0.95$)
	LUG	Lugano	TI	seit 2000	1999 - 2005 grosse Umbauten, mehrmals verschoben	nein
46	MAU 01	Mauren 1	TG	seit 2000	2009 von 1.7 auf 3 m höher gehängt	ja, $MAU\ 01 = MAU\ 00$ ($R^2 = 0.92$)
	N14	Domat/Ems	GR	seit 2013	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	nein
65	NGD 01	Grüsch Dorf 1	GR	–	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	ja, $NGD\ 01 = NGD\ 00 * 1.02$ ($R^2 = 1.00$)
	NZI 01	Zizers 1	GR	seit 2013	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	ja, $NZI\ 01 = NZI\ 00 * 0.96$ ($R^2 = 0.98$)
52	SCHÜ 00	Schüpfheim 0	LU	seit 2000	2007 10 m verschoben, von 1 auf 3 m höher gehängt	nein
68	WAU 13	Wauwil 13	LU	seit 2004	2006 höher gehängt	nein
6	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. 12 Standortbeschreibung tabellarisch
Beschreibung der Standorte, sortiert nach Belastungstypen und Immissionsklassen.

Seiten 70 - 71

7.3 Jahresmittelwerte der Standorte

Tab. 13 Ammoniakkonzentrationen
Die Werte sind aufgeführt, wenn mindestens über 84 % des Jahres exponiert wurde.

Seite 72

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz – 2000 bis 2023

Nr. (Karte Abb.1)	LZM Code	Standort Name	Standort Gebiet	Kt. / Land	Stationsbetreiber	Koordinaten			Höhe	Relief Expo- sition	Neigung > 5 %	Höhe Sammler ü. Boden	
						E	N	m ü.M.				%	m
1	TRS	Triesenberg	Sleg	FL	FL	762435	219671	1307	E	—	—	—	3
2	RAN	Merishausen Hagenturm		SH	OSTLUFT	684769	292087	900	H	SE	7	—	—
3	LZM RIG	Rigi-Seebodenalp		SZ	NABEL	677835	213440	1031	H	NW	30	—	2
4	AIB	Brülisau	Rossweid	AI	OSTLUFT	752549	239898	956	H	SE	16	—	3
5	GAK	Gais	Kleckelmoos	AR	OSTLUFT	753878	247097	966	H	N	9	—	3.5
6	LZM ZB 01	Zugerberg 1	Zug	ZG	IAP	682992	220489	990	K	—	—	—	2.2
7	BA	Bachtel	hinterer Sennenberg	ZH	OSTLUFT / FUB	710340	239607	930	H	E	18	—	1.4
8	FRÜE	Früebühl	Zugerberg	ZG	InNET	683416	218902	980	E	—	—	—	2.4
9	ZIGE	Zigerhütli	Obägeri	ZG	InNET	691689	220849	989	H	W	14	—	2.3
10	AIO	Oberegg	St. Anton	AI	Kt AI	758657	253398	1077	H	NW	13	—	2.5
11	NTW	Trimmis	Witnen	GR	Kt GR	761512	195108	701	H	NW	14	—	3
12	LZM SARE	Sagno Reservoir		TI	IAP	724286	80024	820	T	—	—	—	1.65
13	AEG	Knonau	Ägelsee	ZH	OSTLUFT / FUB	675521	232695	449	E	—	—	—	3
14	WIH	Wilerthur	Hoh Wülflingen	ZH	OSTLUFT / FUB	693935	261383	513	H	SW	8	—	4
15	WBM	Mollis	Welschenbühl	GL	Kt GL	725392	219122	831	H	NW	10	—	2
16	ROPF	Plafibautenweg	Robenhuserriet	ZH	Kt ZH / FUB	701636	244049	537	E	—	—	—	3.6
17	HUD 0	Hudelmoos 0	Amriswil	TG	OSTLUFT	739134	265420	518	E	—	—	—	3
18	GMO	Gänsemoss		BE	Kt BE	593658	186957	797	E	—	—	—	—
19	IMM	Immenberg	Maggenauer	TG	OSTLUFT	716416	265344	547	H	SE	25	—	2.7
20	VTG	Gwatt	Thun	BE	Kt BE	614540	174585	558	E	—	—	—	7
21	BRIS	Brislach	Feberech	BL	Kt BL	608865	252037	450	E	—	—	—	4
22	IEB	Bärau		BE	Kt BE	628895	197847	725	T	NW	9	—	7
23	LZM PAY	Payeme		VD	NABEL	562285	184775	489	E	—	—	—	3.5
24	RO	Root Michaelskreuz		LU	InNET	673847	218489	791	H	NW	17	—	1.7
25	DEB	Näfels	Schwärzstrasse	GL	Kt GL	723928	218452	436	E	—	—	—	9.5
26	LZM BIR1	Birrfeld 1	Lupfig	AG	Kt AG	658980	254775	393	E	—	—	—	3
27	MI01	Misery	Le Haut du Mont	FR	Kt FR	571915	189478	607	K	—	—	—	2.6
28	FRAU	Kloster Frauental	Cham	ZG	InNET	674546	229562	395	E	—	—	—	2.3
29	HBL	Lotzwil		BE	Kt BE	625558	226796	509	E	—	—	—	3
30	LZM AIG	Gonten	Gontenbad	AI	Kt AI	745301	243603	898	E	—	—	—	3.5
31	LZM VU01	Vuisternens-en-Ogoz	Au Lieu dit Le Chapy	FR	Kt FR	569708	173324	850	K	—	—	—	3
32	LZM SZ-01	Schwyz Bauschli		SZ	InNET	692420	207555	490	E	—	—	—	3
33	SSH	Stein	Sägehüsli	AR	OSTLUFT	745030	247240	709	H	E	7	—	4
34	KBR	Uznach	Kalbrunner Ried	SG	OSTLUFT	717580	230665	408	E	—	—	—	3
35	MAEM	Matzendorf Emet		SO	Kt SO	614279	242025	594	K	—	—	—	4
36	RR1	Ruggell	Riet	FL	FL	760091	235669	431	E	—	—	—	2.75
37	NMS	Malans	Rütenen	GR	Kt GR	761785	204850	529	E	—	—	—	2
38	BSZ	Ziegelbrücke	Berufsschule	GL	Kt GL	722744	221825	424	E	—	—	—	5
39	KIT	Kirchberg	Turpenriet	SG	OSTLUFT	720314	251605	740	E	—	—	—	3
40	GEF	Gellingen		LU	IAP	663397	230005	572	H	SW	30	—	3.5
41	GRT	Gartenmatt		UR	InNET	690175	193550	439	E	—	—	—	—
42	SHK	Neunkirch Erspe		SH	Kt SH	678190	283124	420	E	—	—	—	4
43	SAM2	Suhretal 2	Stäfelbach	AG	Kt AG	646488	236250	493	H	SW	7	—	3
44	BRM	Beromünster NABEL		LU	NABEL	655840	226780	797	K	—	—	—	—
45	LZM WAU 16.4	Wauwil 16		LU	InNET	643707	224651	499	E	—	—	—	4
46	LZM MAU 01	Mauren 1	Pünt	TG	OSTLUFT	729182	269404	439	E	—	—	—	3
47	ZUZ	Zuzwil	Zuzwiler Riet	SG	OSTLUFT	726963	259705	533	H	S	8	—	3
48	ZG-02	Niederwil 2		ZG	InNET	676164	229277	420	E	—	—	—	3
49	NRB	Bilten	Niederriet	GL	Kt GL	719002	225156	411	E	—	—	—	2.2
50	EST	Eschen	Schwarze Strasse	FL	FL	757866	228970	441	E	—	—	—	2
51	LZM MAG	Magadino-Cadenazzo		TI	NABEL	715500	113195	203	E	—	—	—	3.5
52	SCHÜ 00	Schupheim 0		LU	InNET	644727	201091	735	H	SE	9	—	3
53	LZM NEU 02	Neudorf 2		LU	InNET	659706	224499	735	H	NE	6	—	3
54	LZM NW-03	Oberdorf Schiesstand		NW	InNET	672375	200273	466	E	—	—	—	3.7
55	MAX HÄG	Hägenschwil	Buo	SG	OSTLUFT	743590	261675	555	E	—	—	—	3
56	TUG01	Tuggen		SZ	InNET	714630	228761	409	E	—	—	—	4
57	OW-02	Obwalden 2	Kerns	OW	InNET	664518	195592	560	E	—	—	—	4
58	LZM URI 01	Uri 1	Erstfeld	UR	InNET	691655	188171	455	E	—	—	—	3
59	BAV	Balzers	Aviols	FL	FL	756662	215349	473	E	—	—	—	1.8
60	ALB	Alstätten	Bannriet	SG	OSTLUFT	761030	247635	420	E	—	—	—	3.5
61	NE 03	Le Landeron	Station MétéoSuisse, Entre-deux	NE	Kt NE	571165	210798	431	E	—	—	—	—
62	MAX APS	Steinegg	Rödelbach	AI	OSTLUFT	750830	243700	820	E	—	—	—	1.7
63	SIN3	Freiamt 3	Sins	AG	Kt AG	670061	227561	519	E	—	—	—	3
64	HOL 01	Neuenkirch 1	Holderhus	LU	InNET	657129	216962	590	H	N	7	—	4
65	MAX NGD 01	Grüsch Dorf 1		GR	Kt GR	768490	205450	615	E	—	—	—	3
66	LZM ESC 07	Eschenbach 7		LU	InNET	665253	221074	498	H	NW	4	—	3
67	WEIN	Weinfelden	Weid	TG	OSTLUFT	723547	270162	422	E	—	—	—	3
68	WAU 13	Wauwil 13		LU	InNET	644669	224165	501	E	—	—	—	3
69	MAX ESC 14	Eschenbach 14		LU	InNET	663386	221017	541	H	E	6	—	3
70	OSD	Ossingen	Dachenhuserriet	ZH	OSTLUFT / FUB	694191	275542	410	E	—	—	—	4
71	NET	Neerach	Turpenlöcher	ZH	OSTLUFT / FUB	678574	262079	409	E	—	—	—	4
72	WIG	Netstal	Wiggisparkzentrum	GL	Kt GL	723045	214203	455	E	—	—	—	12.5
73	SLI 01	Schaan 1	Lindenkreuzung	FL	FL	757046	226080	450	E	—	—	—	2.2
74	NV4	San Vittore	San Vittore	GR	Kt GR	727760	121500	270	E	—	—	—	2
75	LZM HAE	Härkingen		SO	NABEL	628875	240180	431	E	—	—	—	3.5
76	SOAL	Solothurn Altmyberhüsli		SO	Kt SO	607067	229174	453	E	—	—	—	3

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	
1	TRS	Ländlich, > 900 m ü. M.	< 1	Wesen, Kuhweide	—	—	Einzelhöfe	—	—	90	170	
2	RAN	Ländlich,	1 – 3	?	—	—	—	—	0	10	1350	
3	RIG	oberhalb 900 m ü. M.		Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	—	—	85		
4	AIB			Flachmoor	—	—	Einzelhöfe	0	—	1480	120	404
5	GAK			Naturschutzfläche, Streuwiese	—	—	Einzelgebäude	0	320	—	200	230
6	ZB 01			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhof	—	80	—	50	
7	BA			Wesen, Weiden, Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	80	140	
8	FRÜE			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	—	50	—	80	
9	ZIGE			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	5	720	—	190	
10	AIO	Ländlich, > 900 m ü. M.	3 – 5	Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	75	107
11	NTW	Ländlich,	1 – 3		—	—	—	—	0	120	943	
12	SARE	unterhalb 900 m ü. M.		—	—	—	Weiler	—	—	—	7	
13	AEG			Schweinezuchtbetrieb	—	—	Einzelhöfe	0	0	—	50	180
14	WH			Wesen, Ackerbau	—	—	Weiler	—	—	0	70	825
15	WBM			Wesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	250	—	—	35	
16	ROPF			Naturschutzgebiet	—	—	—	0	0	—	860	748
17	HUD 0			Moor: direkt keine	—	—	—	0	0	—	10	1110
18	GMO			Wesen, Ackerbau, Reitstall 180 r	—	—	Weiler	—	0	—	0	214
19	IMM				—	—	kleines Dorf	—	—	280	60	197
20	VTG	Ländlich,	3 – 5	extensive Bewirtschaftung	—	—	—	0	—	—	720	
21	BRIS	unterhalb 900 m ü. M.		Wese, Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	285	
22	IEB			Wesen, Weiden, wenig Ackerbau	—	—	kleines Dorf	—	—	—	130	
23	PAY			Grasland, Ackerbau	—	—	grosses Dorf	—	—	—	1500	
24	RO			Obst-, Graswirtschaft	—	—	Weiler	—	—	—	90	150
25	DEB				10	?	Industrie, grosses Dorf	—	—	—	140	
26	BIR1			Wesen, Weiden	—	—	Industrie, Einzelhof	—	—	1500	630	
27	MI01			Ackerbau, Gras-, Weidewirtschaft	—	—	Weiler	—	—	—	700	
28	FRAU			Wesen, Weiden	—	—	Weiler	140	—	—	80	
29	HBL			intensive Landwirtschaft	—	—	—	—	—	—	160	
30	AIG			Landwirtschaft, Naturschutzgebiet	—	—	Einzelhöfe	70	190	—	380	453
31	VU01			Gras-Weidewirtschaft, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe, Industrie	—	—	—	380	
32	SZ-01			Wesen, Weiden	15	?	grosses Dorf, Einzelhöfe	—	—	—	1000	135
33	SSH			Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	1000	205	291
34	KBR			Wesen, Ackerbau	—	—	grosses Dorf	170	—	—	1650	692
35	MAEM			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	435	145
36	RRI			Wesen, Weiden	—	—	—	0	—	—	770	
37	NMS	Ländlich,	5 – 8	Wese, Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf	—	—	370	800	
38	BSZ	unterhalb 900 m ü. M.		Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf, Einzelhöfe	—	—	660	300	
39	KIT			Ackerbau, Wesen, Weiden	50	?	grosses Dorf	0	—	—	330	
40	GEF			Wesen, Weiden	—	—	kleines Dorf	—	—	—	18	
41	GRT				—	—	—	830	—	—	270	225
42	SHki			Ackerbau, Obstbäume	—	—	—	—	—	—	1700	
43	SAM2			Wesen, Weiden	—	—	Weiler	—	—	—	700	
44	BRM			Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	400	
45	WAU 16.4			Naturschutzgebiet, Wesen	—	—	—	10	—	—	600	
46	MAU 01			int. Landwirtschaft, Acker, Obstba	150	6'700 (<5%)	Weiler	—	—	—	890	
47	ZUZ			Wesen, Weiden	—	—	kleines Dorf	80	—	—	300	308
48	ZG-02			Wesen, Weiden, Ackerbau	—	—	kleines Dorf, Einzelhöfe	1450	—	—	150	
49	NRB			Wesen, Weiden	300	?	Kläranlage 300 m	20	—	—	550	
50	EST			Wesen, Ried	—	—	Einzelhof (ab 2013)	800	—	—	985	40
51	MAG			Obst- u. Gemüseanbau	—	—	Einzelgebäude (Hof)?	350	—	—	570	80
52	SCHÜ 00			Wesen, Weiden	—	—	grosses Dorf	—	—	—	240	
53	NEU 02			Weide, Acker	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	560	
54	NW-03			Wesen, Weiden	115	?	Einzelhöfe	—	—	1100	370	150
55	HÄG			intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler, Einzelhof	—	—	—	230	100
56	TUG01			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	kleines Dorf	870	—	—	930	390
57	OW-02			Wesen, Weiden	—	—	Weiler, Industrie	—	—	—	520	
58	URI 01			offenes Wiesenland, Futterbau, Wei	—	—	Einzelhöfe	—	—	1300	500	120
59	BAV			Wesen, Kuhweide	60	?	grosses Dorf, Einzelhöfe	—	—	600	180	205
60	ALB			Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhof	60	—	—	3300	500
61	NE 03	Ländlich,	> 8	Ackerbau	—	—	grosses Dorf	—	—	1400	1300	
62	APS	unterhalb 900 m ü. M.		intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler, Einzelhöfe	—	—	—	380	190
63	SIN3			Wesen, Weiden	—	—	Weiler, Einzelhöfe	—	—	—	75	120
64	HOL 01			Hühnerhaltung, Wese	—	—	grosses Dorf, Einzelhof	—	—	—	30	85
65	NGD 01			Wese, Landwirtschaft	100	10'980 (6%)	kleines Dorf, Einzelhof	—	—	275	700	90
66	ESC 07			intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	620	
67	WEIN			Wesen, Ackerbau	—	—	Einzelhof	—	—	—	330	
68	WAU 13			sehr intensive Landwirtschaft	—	—	—	550	—	—	560	
69	ESC 14			intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	—	—	340	80
70	OSD	Ländlich,	1 – 3	Gemüse-, Ackerbau	(740)	(33000)	—	40	—	—	60	510
71	NET	verkehrsbelastet		Naturschutzfläche, keine Bewirts	140	5'000<X<20'000	—	0	—	—	660	433
72	WG	Ländlich, verkehrsbel.	3 – 5		65	18500	grosses Dorf, Industrie	—	—	230	200	
73	SLI 01	Ländlich, verkehrsbel.	5 – 8	keine	ca. 4	?	grosses Dorf	—	—	750	880	300
74	NV4	Ländlich, an Autobahn	3 – 5	Wese, Landwirtschaft	200	11'500, 6%	Industrie	—	—	480	230	
75	HAE	Ländlich, an Autobahn	5 – 8	intensive Landwirtschaft	20	90'000 (13%)	kleines Dorf	—	—	—	670	
76	SOAL	Städtisch, verkehrsbel.	1 – 3	Ackerbau, Graswirtschaft	25	10000	Kleinstadt	—	—	—		

Strassenabstand: — = > 200 m
Verkehr DTV: — = < 2000 Fahrzeuge

7.4 Standorte und Jahreswerte der regionalen Messnetze

Tab. 14 Standortbeschreibung und Jahresmittelwerte der regionalen Messnetze aus Kapitel 4.6 tabellarisch
Standorte sortiert nach Region.
Die Jahreswerte sind aufgeführt, wenn mindestens über 84 % (Jahr) der Zeitspanne exponiert wurde.

LZM Kat	Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt. Land	Stations- betreiber	Koordinaten		Höhe			Expo- sition ü. Bod.	Belastungstyp	Immis- sionstyp	Abstand zu				
						E	N	Relief	Expo-	Samm- ler				Flach- moor	Hoch- moor	Trocken- wiese	Wald	LW- Betrieb
						m	m	m ü.M.	m	µg m ⁻³	m	m	m	m				
LZM	WTG1		Gimmiz Dach	BE	Kt. BE	585511	211410	444	E	—	30	Land, <900 m	3 – 5	—	—	1000	2000	
LZM	WTGS		Gimmiz Süd	BE	Kt. BE	585417	211024	444	E	—	3.3	Land, <900 m	3 – 5	—	—	620	2000	
	WTGN		Gimmiz Nord	BE	Kt. BE	585777	211848	444	E	—	3.3	Land, <900 m	5 – 8	—	—	1500	1800	
	WTGW		Gimmiz West	BE	Kt. BE	585039	211522	444	E	—	3.3	Land, <900 m	3 – 5	—	—			
	HEHI		Hessigkofen Hinterfeld	SO	Kt. SO	600992	220114	601	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	100	130	
	HEMO		Hessigkofen Moosgasse	SO	Kt. SO	601471	220742	605	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	200		
	AEAE		Aeflgkofen Aenerfeld	SO	Kt. SO	601879	218936	625	H	N	—	4	Land, <900 m	1 – 3	—	—	55	
	MUWA		Mühledorf Wasserreservoir	SO	Kt. SO	602101	220637	619	K	—	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	190		
35	MAEM		Matzendorf Emet	SO	Kt. SO	614279	240205	594	K	—	4	Land, <900 m	5 – 8	—	—	435	145	
	MACH		Matzendorf Chuehölzli	SO	Kt. SO	613721	239016	521	T	—	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	630	140	
	MAST		Matzendorf Strickler	SO	Kt. SO	613268	240102	602	H	SE	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	1300	185	50
	EGWA		Egerkingen Waro	SO	Kt. SO	627482	240932	434	E	—	4	Land, Verkehr	5 – 8	—	—	955	870	
	NEHU		Neuendorf Hurtmatten	SO	Kt. SO	627257	239509	435	E	—	4	Land, <900 m	5 – 8	—	—	1000	70	
LZM	75	HAE	Härkingen	SO	NABEL	628875	240180	431	E	—	3.5	Land, Autobahn	5 – 8	—	—	—	670	
	GUWM		Gunzgen Winkel	SO	Kt. SO	629072	241113	429	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5	—	—	1420	1000	
LZM		HAGN	Hägendorf Gnöd	SO	Kt. SO	629822	243741	590	T	—	4	Land, Autobahn	1 – 3	—	—	1520	130	
2	RAN		Merishausen Hagenturm	SH	OSTLUFT	684769	292087	900	H	SE	—	Land, >900 m	1 – 3	—	—	0	10	1350
	MEG		Merishausen Gräte	SH	OSTLUFT	688178	290485	572	H	W	3	Land, <900 m	1 – 3	—	—	0	30	237
	NEW		Neunkirch Widen	SH	Kt. SH	681076	283155	440	H	S	3	Land, <900 m	3 – 5	—	—	—	840	606
42	SHkl		Neunkirch Erspel	SH	Kt. SH	678190	283124	420	E	—	4	Land, <900 m	5 – 8	—	—	—	1700	
MAX	65	NGD 01	Grüsch Dorf 1	GR	Kt. GR	768490	205450	615	E	—	3	Land, <900 m	> 8	—	—	275	700	90
		NGS	Grüsch Schwellenen	GR	Kt. GR	768760	205060	607	E	—	2	Land, <900 m	5 – 8	—	—	680	270	
		WAU 16.2	Wauwil 16	LU	InNET	643707	224651	499	E	—	2	Land, <900 m	5 – 8	10	—	—	980	
LZM	45	WAU 16.4	Wauwil 16	LU	InNET	643707	224651	499	E	—	4	Land, <900 m	5 – 8	10	—	—	600	

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

Code	direkte Umgebung	Strassen- abstand	Verkehr (% LKW)	DTV	Siedlungs- grösse	Ammoniakkonzentration in Luft, Jahresmittelwerte µg m ⁻³																
						2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
WTG1	Acker-, Gemüse- und Futterbau, Obst	—	—	—	Einzelhof	4.0	3.9	4.6	3.7	3.2	3.2	3.3	2.9	3.2	3.9	4.0	3.7	3.5	3.5			
WTGS	Acker-, Gemüse- und Futterbau, Obst	—	—	—	Weiler, Einzelhof		4.5	5.5	4.5	3.5	3.7	3.9	3.3	3.7	4.4	4.6	4.2	3.9	4.3			
WTGN	Acker-, Gemüse- und Futterbau, Obst	—	—	—	Einzelhöfe		6.3	7.3	6.0	4.9	5.7	5.8	5.0	5.6	6.0	6.3	6.0	5.2	5.9	5.8		
WTGW	Acker-, Gemüse- und Futterbau, Obst	—	—	—	Weiler			6.4	5.3	4.5	4.7	4.8	4.1	4.8	4.8							
HEHI	Grasland, Ackerbau, Wald	—	—	—	Einzelhöfe			5.0	3.4	3.2	3.1	4.0	3.4	3.4	5.2	5.3	4.3	4.0	4.7			
HEMO	Grasland, Ackerbau, Wald	—	—	—	Weiler, Einzelhof			4.6	3.1	2.4	3.0	3.7	3.0	3.1	4.2	3.9	4.3	3.4	3.8			
AEAE	Grasland, Ackerbau, Wald	—	—	—	Weiler			3.7	3.0	2.6	2.6	2.9	2.6	2.5	3.0	3.8	2.9	2.7	2.6	3.0		
MUWA	Grasland, Ackerbau, Wald	—	—	—	Einzelhöfe			3.6	2.5	2.2	2.2	2.8	2.4	2.5	3.1	3.1	3.3	2.8	2.8	3.2		
MAEM	Grasland, Ackerbau	—	—	—	Einzelhöfe			4.4	3.8	3.5	4.3	3.9	3.8	4.4	6.2	5.3	4.9	5.4	4.4	4.4		
MACH	Grasland, Ackerbau	—	—	—	Einzelhöfe			4.1	3.6	2.9	3.7	3.8	4.0	3.6	4.0	4.6	4.4	4.5	3.8			
MAST	Grasland, Wald, wenig Ackerbau	—	—	—	Einzelhöfe			3.2	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.6	3.4	3.2	3.1	3.0	3.2	3.4		
EGWA	Einkaufszentrum, Parkplätze, Ackerbau	2	14000	—	grosses Dorf			6.3	5.2	4.5	5.4	5.4	5.0	4.8	5.6	5.6	5.4	5.2	4.9	5.2		
NEHU	Grasland, Ackerbau, Einfamilienhäuser	2	200	—	kleines Dorf, Einzelhof			6.7	5.3	3.9	5.0	5.0	4.0	4.2	5.9	5.0	4.9	4.7	4.9	5.0		
HAE	Felder, Wiesen, Autobahn A1	20	90'000 (13%)	—	kleines Dorf	5.1	4.9	5.2	4.1	3.8	4.4	5.0	4.4	4.7	5.5	5.5	5.0	4.6	5.2	5.5		
GUWM	Grasland, Ackerbau	—	—	—	kleines Dorf			4.0	3.2	2.9	3.2	3.9	4.0	3.8	4.3	4.8	4.8	4.1	4.0	4.7		
HAGN	Grasland, Ackerbau, Wald	130	45000	—	Weiler			1.8	1.4	1.1	1.6	1.8	1.4	1.6	2.4	2.1	2.1	1.9	2.1			
RAN	Trockenwiese, Waldlichtung	—	—	—	—											1.3	1.8	1.4	1.5	1.4		
MEG	Trockenwiese, waldnah	—	—	—	kleines Dorf													1.7	1.8	1.9		
NEW	Feuchtgebiet	—	—	—	—													4.4	3.3	3.4		
SHkl	nächster LW-Betrieb 530 m entfernt	—	—	—	—						3.8	4.1	5.0	4.3	4.7	6.4	6.2	5.9	6.6	4.9	4.6	
NGD 01	Wiese, Landwirtschaft	100	10'980 (6%)	—	kleines Dorf, Einzelhof			10.7	8.7	8.0	8.5	7.7	9.2	8.9	8.9	9.1	10.5	8.7	10.5	9.0		
NGS	Wiese, Landwirtschaft	280	10'980 (6%)	—	kleines Dorf			9.5	5.8	4.8	5.6	5.3	6.0	5.8	6.0	6.0	6.2	6.0	6.2	6.9		
WAU 16.2	Flachmoor, extensives Wiesland	—	—	—	—			5.7	6.2	6.7	5.7	4.6	4.8	5.3	4.8	5.1	5.9	6.3	5.4	4.6	4.8	4.8
WAU 16.4	Flachmoor, extensives Wiesland	—	—	—	—			6.4	6.6	7.4	6.2	5.1	5.5	6.0	5.5	5.6	6.7	6.9	6.0	5.2	5.5	5.7

7.5 Weitere Standorte

Das Schweizer Messnetz umfasst weitere, in diesem Bericht nicht aufgeführte Standorte (Tabelle 15):

- Standorte, die im Bericht der Zentralschweizer Ammoniakmessungen oder der OSTLUFT beschrieben werden (Wey et al. 2023, OSTLUFT 2023), oder zu Projekten mit anderer Fragestellung / Ausrichtung gehören.
- Standorte, die alle 2 Jahre beprobt werden.
- Standorte, an denen erst ein Jahr gemessen wurde.

Tab. 15 Im Bericht nicht gezeigte Standorte, Beschreibung und Jahresmittelwerte
Standorte im Messnetz, auf die in diesem Bericht nicht eingegangen wurde.
Die Jahreswerte sind aufgeführt, wenn mindestens über 84 % (Jahr) der Zeitspanne exponiert wurde.

Code	Standort Name	Kt.	Stations- Land betreiber	Koordinaten		Höhe m ü.M.	Relief	Expo- sition	Höhe ü. Bod.	Sammler- typ	Belastungs- typ	Imm- sionstyp	Flach- moor	Hoch- moor	Abstand zu		LW- Betrieb
				E	N										wiese	Wald	
APR	Beim Schloss A Pro	UR	InNET	689265	193430	439	E	—	—	Land, <900 m	3-5	170	—	—	480	214	
BEM	Beromünster IAP	LU	IAP	657831	226819	653	E	—	3.5	Land, <900 m	5-8	—	—	—	55		
ESC 08	Eschenbach 8	LU	InNET	665208	221946	495	E	—	3	Land, <900 m	> 8	—	—	—	520	150	
ESC 15	Eschenbach 15	LU	InNET	664039	220788	520	H	SE	3	Land, <900 m	> 8	—	—	—	60		
ESC 19	Eschenbach 19	LU	InNET	664795	221169	495	E	—	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	7	100	
GWA	Grosswangen	LU	IAP	646250	221994	566	H	W	3.5	Land, <900 m	3-5	—	—	—	25	100	
HOL 03	Neuenkirch 3	LU	InNET	657229	216724	605	H	N	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	150	130	
HOL 04	Neuenkirch 4	LU	InNET	657256	216902	590	E	—	4	Land, <900 m	> 8	—	—	—	160	60	
NEU 01	Neudorf 1	LU	InNET	659290	224550	720	H	NW	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	440		
NEU 03	Neudorf 3	LU	InNET	660470	224246	755	H	SE	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	60		
NW-01	Stans Galgenried Nord	NW	InNET	669232	202160	439	E	—	3.8	Land, <900 m	5-8	710	—	850	300		
NW-02	Stans Galgenried Süd	NW	InNET	669272	201761	440	E	—	3.6	Land, <900 m	5-8	860	—	1200	280		
OW-01	Obwalden 1	OW	InNET	664271	195471	558	E	—	4	Land, <900 m	5-8	—	—	—	600		
OW-04	Obwalden 4	OW	InNET	664301	196174	575	E	—	4	Land, <900 m	> 8	—	—	—	150		
SCB	Schattdorf-Bürglen	UR	InNET	693000	191608	501	E	—	—	Land, <900 m	3-5	—	—	—	250	65	
SCHÜ 02	Schüpfheim 2	LU	InNET	644537	201575	700	E	—	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	540		
SCHÜ 03	Schüpfheim 3	LU	InNET	644870	201394	720	E	—	3	Land, <900 m	5-8	—	—	—	270	30	
SEM	Sempach	LU	IAP	658439	219737	560	E	—	3.5	Land, <900 m	5-8	—	—	—	10		
URI 02	Uri 2	UR	InNET	691718	188555	455	E	—	3	Land, <900 m	5-8	—	—	1100	270		
URI 03	Uri 3	UR	InNET	691372	189215	455	E	—	3	Land, <900 m	5-8	—	—	650	300		
WAN01a	Wangen 1a	SZ	InNET	709332	227470	422	E	—	4	Land, <900 m	> 8	—	—	—	850	355	
WAU 14	Wauwil 14	LU	InNET	643364	224124	500	E	—	3	Land, <900 m	> 8	590	—	—	1500		
WAU 17	Wauwil 17	LU	InNET	643451	225590	500	E	—	3	Land, <900 m	5-8	800	—	—	700		
WAU 19	Wauwil 19	LU	InNET	644113	224324	500	E	—	3	Land, <900 m	5-8	250	—	—	730		
ZG-01	Niederwil 1	ZG	InNET	676343	229868	430	E	—	3	Land, <900 m	> 8	1700	—	—	270		
BHU	Berg	SG	OSTLUFT	745620	260525	591	E	—	3	Land, <900 m	3-5	0	—	—	0	412	
KEB	Kemmental	TG	OSTLUFT	729147	275724	529	E	—	2.7	Land, <900 m	1-3	0	—	—	100	337	
THA	Thal	SG	OSTLUFT	759296	262291	395	E	—	3	Land, <900 m	1-3	20	—	—	456		
UES	Untereggen	SG	Kt. SG	752265	258595	553	E	—	3	Land, <900 m	3-5	60	—	—	10	140	
BAH	Balgach	SG	OSTLUFT	764470	252424	409	E	—	—	Land, <900 m	5-8	—	—	—	421		
KÄNE	Känerkinden	BL	Kt. BL	629368	251891	572	H	E	4	Land, <900 m	3-5	—	—	220	40	324	
THER	Therwil	BL	Kt. BL	607410	261432	307	E	—	4	Land, <900 m	3-5	—	—	—	300	267	
VKAPP	Versuchsareal Kappel-Wa	SO	Kt. SO	631842	242333	422	E	—	4	Land, <900 m	3-5	—	—	—	20	624	
VKEST	Versuchsareal Kestenholz	SO	Kt. SO	624554	237624	445	E	—	4	Land, <900 m	5-8	—	—	—	380	203	
VOEN	Versuchsareal Oensingen	SO	Kt. SO	622261	237276	453	E	—	4	Land, <900 m	3-5	—	—	—	180	168	

E = Ebene
H = Hang

Code	direkte Umgebung	Strassen-Verkehr DTV abstand (% 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	2023			
APR																				4.8	4.5	
BEM	Weiber, Wiesen, Flugpl.	—	—	Industrie									5.6	5.5	7.1	7.0	6.2	5.4	5.3	5.1		
ESC 08	intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	7.5	7.6	8.9	7.2	6.6	8.9	8.7	8.2	9.9	11.3	10.3	9.8	8.4	8.3	9.2			
ESC 15	intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	8.2	7.6	8.5	7.3	7.2	7.4	8.4	7.7	8.4	11.4	11.0	8.8	8.4	9.3	9.8			
ESC 19	intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	8.4	6.8	7.2	5.8	6.2	5.8	6.8	5.7	7.2	8.9	10.0	7.7	6.3	6.7	8.4			
GWA	Wiesen, Ackerbau, Wald	—	—	Weiler, Einzelhöfe									3.6	4.3	4.7	4.6	4.2	3.6	4.2	4.4		
HOL 03	Wiese, WaldWiese, Wald			grosses Dorf, Einzelhof	6.0	5.7	6.8	5.4	5.1	6.1	5.8	5.6	5.1	7.0	6.3	5.6	4.8	5.2	6.8			
HOL 04	Wiese, Wald	—	—	grosses Dorf, Einzelhof	12.5	12.6	10.0	9.4	9.9	9.2	8.9	9.9	11.2	10.2	9.8	10.0	12.7	11.3				
NEU 01	Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	5.6	5.3	6.8	5.4	5.5	6.0	6.8	6.1	6.4	8.5	8.0	6.9	5.9	6.8	7.3			
NEU 03	Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe	5.1	4.9	5.2	4.4	3.9	4.9	4.9	4.1	4.4	5.6	5.7	4.7	4.6	4.9	5.3			
NW-01	Wiesen, Weiden	250	Autobahn	Industrie, grosses Dorf		6.5	7.1	6.8	5.9	6.2	6.8	5.9	6.2	7.9	7.8	7.3	5.6	6.2	6.3			
NW-02	Wiesen, Weiden	—	—	Industrie, grosses Dorf		7.1	8.2	6.9	6.6	6.3	6.9	6.3	6.4	7.4	7.6	7.3	5.7	6.6	6.8			
OW-01	Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe, grosses Dorf		7.5	8.8	7.0	6.8	6.1	7.5	7.0	6.9	8.4	8.5	7.3	6.7	7.2	9.0			
OW-04	Wiesen, Weiden	—	—	Weiler									6.9	7.9	10.0	9.7	8.4	10.0	10.0			
SCB																			4.9	4.8		
SCHÜ 02	Wiesen, Weiden, Fluss	150	?	grosses Dorf, Einzelhöfe	7.6	6.9	8.3	7.1	5.9	6.6	7.2	6.6	7.0	8.4	8.4	7.3	6.6	7.0	7.3			
SCHÜ 03	Wiesland, Acker	190	?	grosses Dorf, Einzelhöfe									7.0	8.7	8.5	7.5	6.6	6.7	6.8			
SEM	Gewerbe, Wiesen, Wald	—	—	Industrie									5.8	6.5	7.7	7.2	6.9	5.8	7.1	6.7		
URI 02	Wiesland, Weide	104	?	Einzelhöfe		6.9	7.2	6.2	6.1	5.3	5.2	4.4	5.3	5.7	6.4	6.8	6.0	6.2	6.0			
URI 03	Wiesland, Weide	120	?	Einzelhöfe		7.3	8.2	6.9	6.4	5.9	7.1	5.9	5.5	6.9	6.9	7.3	6.3	6.8	5.9			
WAN01a	Wiesen, Ackerbau																		8.2	8.2		
WAU 14	Wiesland, Acker	—	—	—	8.3	8.0	10.0	9.0	7.5	7.6	9.5	8.5	8.8	7.8	8.9	8.9	7.5	7.3	9.4			
WAU 17	Wiesland, Acker	—	—	kleines Dorf, Einzelhöfe	7.8	8.0	9.0	7.8	7.1	6.5	7.3	6.7	7.3	8.3	8.3	7.9	6.6	6.6	7.5			
WAU 19	Wiesland, Acker	—	—	—	7.3	6.9	8.6	7.2	6.2	7.1	8.0	8.0	7.1	8.0	7.6	7.1	6.4	6.1	5.9			
ZG-01	Wiesen, Ackerbau	—	—	Weiler, Einzelhöfe		10.9	14.5	10.0			9.3	7.8	10.1	11.4	12.9	10.1	7.4	10.9	7.6			
BHU	Flachmoor	—	—	Einzelhöfe													4.9	4.1	4.4			
KEB	Flachmoor	—	—	Weiler															2.3	2.4		
THA	Flachmoor, Siedlung, See	—	—	kleines Dorf															2.7	3.0		
UES	Wiesen, Wald, Flachmoor	—	—	Einzelhöfe									5.5						3.9	4.3		
BAH																				6.2		
KÄNE	Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe, Dorf																3.4		
THER	Wiesen, Weiden	240	Hauptstrasse	Dorf																4.9		
VKAPP	Gras, Acker, Versuchsfeld	120																		4.5		
VKEST	Gras, Acker, Versuchsfeld	200																		5.6		
VOEN	Gras, Acker, Versuchsfeld	190																		4.0		

8 Glossar

Aerosole	Gemische aus festen und/oder flüssigen Schwebeteilchen in der Luft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
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
N/A	not available
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