

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2017 Messbericht

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, der OSTLUFT, der ZUDK,
des Fürstentums Liechtenstein
und der Kantone AG, AI, BE, BL/BS, FR, GL, GR, LU, NE, SG, SH, SO, TG, ZG und ZH



AutorInnen:
Eva Seitler, Mario Meier, Lotti Thöni
August 2018

Impressum

Auftraggeber

BAFU	Bundesamt für Umwelt Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien; Sektion Luftqualität Rudolf Weber, Reto Meier
OSTLUFT	Zusammenschluss der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein zur gemeinsamen Überwachung der Luftqualität, Projektgruppe N-Deposition: Jörg Sintermann, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich Albert Kölbener, Amt für Umwelt Kanton Appenzell Innerrhoden
ZUDK	Zentralschweizer Umweltschutzdirektionen Veronika Wolff (ZG), Christian Kiebele (SZ), Niklas Joos (UR), Marco Dusi (OW), Angela Zumbühl (NW)
FL	Fürstentum Liechtenstein, AUS Amt für Umweltschutz / Acontec AG, Schaan Norbert Ritter, AUS Patrizia Cengiz-Hagspiel, Acontec
Kt. AG	Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt Franziska Holzer Küng
Kt. AI	AfU AI Amt für Umwelt Albert Kölbener
Kt. BE	beco Berner Wirtschaft, Immissionsschutz Stefan Schär, Gerrit Nejedly
Kt. BL/BS	Lufthygieneamt beider Basel Markus Camenzind
Kt. FR	SEn/AfU FR Service de l'environnement Canton de Fribourg/ Amt für Umwelt Kanton Freiburg Bernard Sturny
Kt. GL	Umwelt, Energie Kt. GL Petra Vögeli
Kt. GR	ANU GR Amt für Natur und Umwelt Hanspeter Lötscher
Kt. LU	uwe Umwelt und Energie, Abteilung Energie, Luft und Strahlen Peter Bucher
Kt. NE	Service de l'énergie et de l'environnement Denis Jeanrenaud
Kt. SG	Amt für Umwelt und Energie Susanne Schlatter
Kt. SH	Interkantonaales Labor, Schaffhausen, Immissionen Peter Maly, Roman Fendt
Kt. SO	AfU SO Amt für Umwelt Rolf Stampfli
Kt. TG	AfU TG Amt für Umwelt Irene Purtschert
Kt. ZG	AfU ZG Amt für Umweltschutz, Luftreinhaltung Immissionen Veronika Wolff
Kt. ZH	AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich, Abteilung Lufthygiene Jörg Sintermann, Roy Eugster

Beteiligte Institutionen

Agroscope	Reckenholz, Zürich Christoph Ammann
Empa	Dübendorf, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik: Christoph Hüglin, Claudia Zellweger
IAP	Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch Untersuchung auf Dauerbeobachtungsflächen Sabine Braun
Meteotest	Bern Beat Rihm
WSL/LWF	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf: Messungen auf LWF-Flächen (Langfristige Waldökosystemforschung) Maria Schmitt, Anne Thimonier, Peter Waldner

Autorinnen

Eva Seitter, Mario Meier, Lotti Thöni
FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung
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

NABEL-Standort Rigi, LU (Foto: FUB, 30.09.2017)

PDF-Download

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/studien.html>
(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung, Résumé, Summary.....	1
1.1	Zusammenfassung.....	1
1.2	Résumé.....	4
1.3	Summary.....	7
2	Einleitung	9
2.1	Ausgangslage	9
2.2	Zielsetzung.....	10
2.3	Projektrahmen.....	11
3	Methodisches.....	12
3.1	Messsystem	12
3.2	Empfehlung für Messstandorte	12
3.3	Standorteinteilung in Belastungstypen und Immissionstypen	13
3.4	Zeitraum und Umfang der Messungen.....	13
3.5	Messstandorte im Überblick.....	13
3.6	Auswertung	16
3.6.1	Jahres-, Saison- und Monatsmittelwerte	16
3.6.2	Boxplots.....	16
4	Resultate.....	17
4.1	Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen.....	17
4.1.1	Messungen an 13 Standorten seit 2000.....	17
4.1.2	Messungen an 21 Standorten seit 2004.....	19
4.1.3	Messungen an 32 Standorten seit 2008.....	22
4.2	Vergleich mit Critical Levels	24
4.3	Vergleich mit Emissionsentwicklung	25
4.4	Vergleich mit modellierten Konzentrationen.....	26
4.5	Zeitreihen der einzelnen Standorte	27
4.6	Jahresverläufe der Konzentrationen	47
4.7	Beispiele Regionaler Messnetze.....	50
4.7.1	Kanton Aargau	50
4.7.2	Kanton Bern	50
4.7.3	Kanton Solothurn.....	51
4.7.4	Zentralschweizer Kantone.....	53
5	Qualitätssicherung	54
6	Literatur	57
7	Anhang	61
7.1	Standort-Umplatzierungen	61

7.2	Beschreibung der Standorte	61
7.3	Jahres- und saisonale Mittelwerte der Standorte	64
7.4	Standorte der regionalen Messnetze	67
8	Glossar	68

1 Zusammenfassung, Résumé, Summary

1.1 Zusammenfassung

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz von 2000 bis 2017

Ammoniak trägt heute in der Schweiz von allen reaktiven Stickstoffverbindungen anteilmässig am meisten zur Stickstoffbelastung von empfindlichen Ökosystemen bei und ist damit wesentlich für die Überdüngung (Eutrophierung) und Versauerung solcher Systeme verantwortlich. Zu diesen empfindlichen Ökosystemen gehören u.a. Wälder, Hoch- und Flachmoore, artenreiche Naturwiesen und Heidelandchaften. Ammoniak trägt aber auch zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei, der negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit hat. Der Handlungsbedarf zur Minderung der Ammoniakbelastung in der Schweiz ist gross. Es ist deshalb wichtig, die Belastungssituation und deren Entwicklung immissionsseitig zu überwachen.

Dieser Bericht beschreibt die Resultate der Ammoniakmessungen in der Schweiz, welche im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), der OSTLUFT, der Zentralschweizer Umweltschutzdirektionen (ZUDK) und verschiedener Kantone sowie des Fürstentums Liechtenstein durchgeführt werden, um die Immissionssituation beurteilen und 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 Ammoniakbelastung der Luft in der Schweiz wurde im Jahr 2017 an 79 Standorten mit Passivsammlern ganzjährig erfasst. An 13 dieser Standorte wird die NH_3 -Konzentration seit 2000 gemessen, an 8 weiteren Standorten seit 2004 und an 11 weiteren Standorten seit 2008. An 47 der 79 Standorte wurden die Messungen nach 2008 aufgenommen. Die Standorte repräsentieren ganz unterschiedliche Belastungstypen und reichen von intensiver Tierproduktion bis hin zu extensiv bewirtschafteten Alpweiden, sowie verkehrsnahen und innerstädtischen Standorten.

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

Die höchsten Ammoniakkonzentrationen und stärksten jahreszeitlichen Schwankungen wurden in Gebieten mit intensiver Tierproduktion gemessen. Dort erreichen die Jahresmittel von Ammoniak Werte von 6 - 10 $\mu\text{g m}^{-3}$; weniger intensiv bewirtschaftete Standorte zeigen etwas tiefere Werte. In Regionen mit Ackerbau liegen die Jahresmittelwerte bei 2 - 5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Die drei ländlichen Standorte an Autobahnen, die Konzentrationen von 2 - 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ aufweisen, sind durch den Verkehr und die Landwirtschaft beeinflusst. In Städten werden Konzentrationen von 2 - 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ mit geringem Jahresgang beobachtet. Im Jahr 2017 lag der Median der Jahresmittelwerte aller 79 Standorte bei 4.1 $\mu\text{g m}^{-3}$, der Median aller Monatsmittelwerte bei 4.0 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Die Ammoniakkonzentrationen im Jahr 2017 waren innerhalb der Messreihe seit 2000 auf mittlerem Niveau. Die beobachtete Variabilität von Jahr zu Jahr ist im Wesentlichen auf

die Schwankungen der Witterung zurückzuführen, wie eine weitergehende statistische Analyse der Messdaten gezeigt hat (Philipp und Locher 2010). Aus derselben Studie geht hervor, dass der Nachweis einer Emissionsminderung von 10 % eine mindestens zehnjährige Messreihe benötigt. Die jetzt vorliegenden Messungen zeigen, dass die Ammoniakkonzentrationen seit dem Jahr 2000 weder zu- noch abgenommen haben. Dies ist in Übereinstimmung mit dem Verlauf der berechneten Emissionen (FOEN 2017).

Fazit

- An den meisten der 13 Standorte, an denen seit dem Jahr 2000 ununterbrochen gemessen wurde, blieb die Ammoniakkonzentration ähnlich hoch. Eine Reduktion der Ammoniakkonzentrationen kann in diesem Zeitraum nicht beobachtet werden. (Abbildung Z 1)
- Die Ammoniakbelastung ist am höchsten in Gebieten mit intensiver Tierproduktion ($6 - 10 \mu\text{g m}^{-3}$) und etwas geringer in Gebieten mit weniger intensiver Tierproduktion.
- In Gebieten, in denen mehrheitlich Ackerbau betrieben wird, sind die Ammoniak-Konzentrationen ($2 - 5 \mu\text{g m}^{-3}$) und die saisonalen Schwankungen meist kleiner als in Gebieten mit Tierproduktion.
- Die höchsten Konzentrationen werden in Perioden mit Gülleausbringung gemessen.
- Im Dezember und Januar sind die Werte im Jahresverlauf in der Regel am niedrigsten.
- Mehrere Messstandorte in der gleichen Geländekammer können unterschiedliche Ammoniak-Konzentrationen aufweisen, zeigen aber meistens parallele Verläufe der Jahreswerte.
- Die Konzentrationen des gasförmigen Ammoniaks tragen wesentlich zum Stickstoffeintrag in empfindliche Ökosysteme bei. Die kritischen Eintragsraten nach UNECE (2010; Critical Loads für Stickstoff) werden in der Schweiz bei den empfindlichen Ökosystemen grossräumig überschritten. Auch die in Bezug auf die Direktwirkungen von Ammoniak festgelegten kritischen Konzentrationen (Critical Levels) nach UNECE (2007) zum Schutz der Vegetation in naturnahen Ökosystemen werden in der Schweiz vielerorts überschritten.
- Der Vergleich der gemessenen Konzentrationen mit den modellierten, auf Emissionserhebungen basierenden Werten, zeigte eine gute Übereinstimmung.

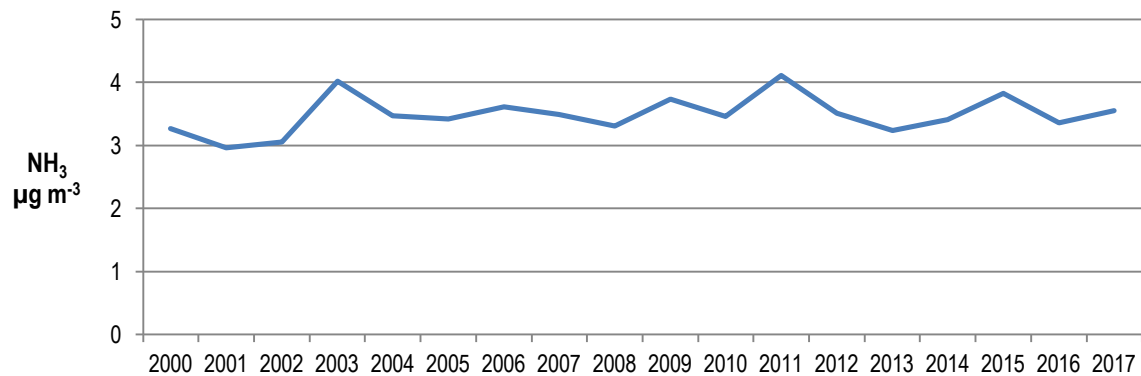


Abb. Z 1 Jahresmittel der Ammoniakkonzentrationen
Mittelwert der Ammoniakkonzentrationen aller 13 Standorte, an denen seit 2000 durchgehend gemessen wird.

Ausblick

Im Jahr 2018 werden die Messungen an vielen Standorten weitergeführt. Auch an den 13 Standorten mit Messungen seit 2000, an den 8 zusätzlichen seit 2004 und an weiteren 11 seit 2008 wird weiter gemessen.

Eine langfristige Beobachtung 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 2017

De tous les composés azotés réactifs l'ammoniac 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 participe aussi à la formation des poussières fines secondaires, qui ont des effets négatifs sur la santé humaine. Il y a fort à faire pour réduire la pollution par l'ammoniac en Suisse, d'où l'importance de suivre l'évolution de sa charge polluante, aussi bien sous l'angle des émissions que des immissions.

Ce rapport décrit les résultats des mesures d'ammoniac en Suisse qui sont réalisées sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), OSTLUFT, ZUDK, et plusieurs autres cantons, ainsi que la Principauté du Liechtenstein. Ces mesures ont pour objectif principal de fournir une vue d'ensemble des immissions d'ammoniac à différents endroits de Suisse et de mettre en évidence l'évolution des concentrations sur une longue période, ainsi que les variations saisonnières et entre divers types de sites.

En 2017, les concentrations d'ammoniac ont été mesurées à l'aide de capteurs passifs sur 79 emplacements. Treize de ces stations sont entrées en fonction en 2000, huit ont été ajoutées en 2004 et onze en 2008. À 47 des 79 stations, les mesures ont débuté après 2008. Elles sont représentatives de différents types d'exposition: de la région d'élevage intensif jusqu'au pâturage alpin extensif, en passant par des sites urbains ou proches d'axes routiers.

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

Les concentrations d'ammoniac les plus élevées et les variations les plus fortes ont été enregistrées dans les régions pratiquant l'élevage intensif d'animaux. Les concentrations annuelles d'ammoniac y atteignent entre 6 et 10 $\mu\text{g m}^{-3}$, alors que les concentrations sont un peu moins élevées dans les régions où l'élevage est moins intensif. Dans les régions de grandes cultures, elles se situent entre 2 et 5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Les trois stations rurales en bordure d'autoroute, où les concentrations varient entre 2 et 4 $\mu\text{g m}^{-3}$, subissent l'influence conjuguée du trafic et de l'agriculture. Dans les villes les concentrations fluctuent entre 2 et 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ avec de faibles variations saisonnières. La médiane des concentrations annuelles pour les 79 stations s'est élevée à 4.1 $\mu\text{g m}^{-3}$ en 2017. La valeur médiane de toutes les moyennes mensuelles s'est élevée à 4.0 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Comparé aux concentrations d'ammoniac annuelles depuis l'année 2000 les valeurs en 2017 étaient à un niveau moyen. Les variations interannuelles observées sont essentiellement dues aux conditions météorologiques comme l'a montré l'analyse statistique des données de mesures (Philipp et Locher 2010). Selon cette étude, il est estimé que la mise en évidence d'une réduction des émissions de 10% nécessitera une série continue d'au moins 10 ans de mesures. Les données disponibles depuis 2000 n'indiquent pour l'instant aucune

tendance à la hausse ou à la baisse. Ceci correspond aux résultats des inventaires d'émissions (FOEN 2017).

Résultats:

- Sur la majorité des 13 stations ayant fait l'objet d'un suivi ininterrompu depuis 2000, les concentrations d'ammoniac sont restées à peu près constantes. Aucune diminution n'a été constatée pendant cette période. (Fig. R 1)
- Les stations situées en zone de production animale intensive se caractérisent par des concentrations élevées ($6 - 10 \mu\text{g m}^{-3}$), alors que les concentrations sont un peu moins élevées dans les régions où l'élevage est moins intensif.
- Là où les grandes cultures dominent, les concentrations sont moins élevées ($2 - 5 \mu\text{g m}^{-3}$) 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.
- Les concentrations d'ammoniac sont les plus faibles en décembre et en janvier.
- Plusieurs stations de mesure dans le même compartiment de terrain peuvent montrer des concentrations différentes, mais souvent avec une évolution parallèle des valeurs annuelles.
- L'ammoniac gazeux contribue substantiellement aux dépôts azotés dans les écosystèmes sensibles. En Suisse, les charges critiques d'azote nutritif selon la CEE-ONU (UNECE 2010; critical loads for nitrogen) sont dépassées sur une vaste étendue. Quant aux niveaux critiques, fixés en fonction des effets directs de l'ammoniac sur la végétation (selon la CEE-ONU – UNECE 2007), elles sont également dépassées en maints endroits du pays.
- Les concentrations calculées à l'aide du modèle d'émission présentent une bonne corrélation avec les valeurs mesurées.

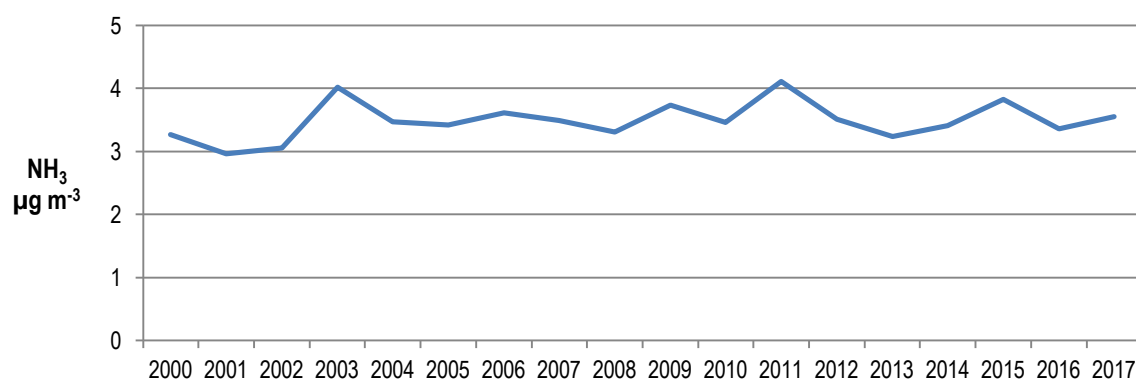


Fig. R 1 Concentrations d'ammoniac en moyenne annuelle
Moyennes des 13 stations qui mesurent l'ammoniac depuis 2000.

Perspectives

Les mesures se poursuivent en 2018 dans la plupart des stations, dont treize entrées en fonction en 2000, les huit ajoutées en 2004 et onze ajoutées en 2008.

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 2017

Of all reactive nitrogen compounds ammonia 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 the formation of secondary particulate matter, which has negative impacts on human health. There is a strong need for action to reduce ammonia emissions in Switzerland. To verify the development of emissions, it is essential to monitor the ambient ammonia concentrations.

This report describes the results of the ambient ammonia measurements in Switzerland conducted on behalf of the Federal Office for the Environment (FOEN), OSTLUFT, the ZUDK, several cantons and the Principality of Liechtenstein. 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.

In 2017, ambient atmospheric ammonia concentrations were monitored over the entire year at 79 locations in Switzerland, using passive samplers. A total of 13 sites have been operational since 2000, 8 were added in 2004 and 11 in 2008. At the remaining 47 locations, monitoring started after 2008. The sites represent various exposure situations: from intensive animal production to extensive alpine pastures, as well as near roads and in urban areas.

The passive samplers are provided and analysed by FUB - Research Group for Environmental Monitoring. The selection of the locations and the operation of each site are 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 10 $\mu\text{g m}^{-3}$; slightly lower values were measured in areas with less intensive animal production. Values in cultivated crop areas ranged from 2 to 5 $\mu\text{g m}^{-3}$. The three rural sites near motorways with annual averages of 2 to 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ are influenced by both traffic and agriculture. At urban sites concentrations of 2 to 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ with small annual cycle were measured. In 2017, the median of all 79 sites amounted to 4.1 $\mu\text{g m}^{-3}$, the median of all monthly mean values to 4.0 $\mu\text{g m}^{-3}$.

Compared to all annual ambient ammonia concentrations since 2000 the values in 2017 were on a medium level. The year-to-year variability is essentially caused by meteorological conditions, as shown by a statistical analysis of the data (Philipp and Locher, 2010). According to the same study a time series of ten years monitoring is needed to confirm an overall emission reduction of 10 %. Data measured so far show no increase or decrease of ammonia concentrations since 2000. This is in agreement with the development of the calculated national ammonia emissions (FOEN 2017).

Results and conclusions:

- Very little change was observed at the 13 locations where ammonia concentrations were monitored since the year 2000. No reduction in ammonia concentrations has been observed during this period. (Fig. S 1)
- Values were generally highest in areas with intensive animal production ($6 - 10 \mu\text{g m}^{-3}$), slightly lower in areas with less intensive livestock farming.
- In areas with predominant crop farming, both concentrations ($2 - 5 \mu\text{g m}^{-3}$) and fluctuations were lower compared to areas with livestock farming.
- The highest ammonia concentrations are measured during periods with slurry application.
- Ammonia concentrations were at most sites lowest during December and January.
- Sites located in similar terrains may show different ammonia concentrations, yet the development of the annual mean values is usually very similar.
- The concentrations of gaseous ammonia contribute substantially to the deposition of nitrogen into sensitive ecosystems. The critical loads for nutrient nitrogen (UNECE, 2010) are exceeded in most parts of Switzerland. The ammonia concentrations also exceed the critical levels set to protect vegetation from direct exposure (UNECE, 2007) in many regions of Switzerland.
- A comparison of the measured ammonia concentrations with modelled values, based on emission inventories, shows a good agreement.

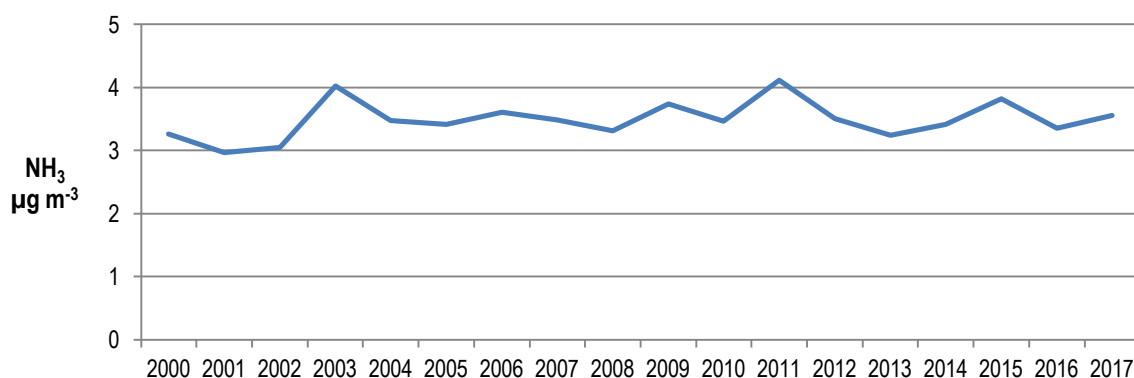


Fig. S 1 Annual mean of ammonia concentrations
Average of ammonia concentrations from all 13 sites, where ammonia measurements are performed since 2000.

Outlook

In 2018 measurements are continued at many sites. Continued measurements take place at 13 sites with measurements since 2000, at 8 additional sites with measurements since 2004 and at 11 additional sites with measurements since 2008.

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 Salpetersäure aus den Verbrennungsprozessen – Aerosole, die über weite Strecken transportiert werden können (EKL 2013). Im Feinstaub ist Ammonium in Bezug auf die Masse das weitaus wichtigste beteiligte Kation. Während winterlicher Inversionen konnte gezeigt werden, dass etwa die Hälfte des PM₁₀ (Empa 2006) und bis zu zwei Drittel des PM₁ aus Ammoniumnitrat und -sulfat bestehen (PSI/uwe 2007).

In der Schweiz betrugen die Ammoniakemissionen im Jahr 2016 rund 47'000 Tonnen NH₃-N (FOEN 2018). Die Landwirtschaft verursachte davon 93 % und ist damit die grösste Quelle von reduzierten Stickstoffverbindungen in der Schweiz. Weitere Ammoniak-Emittenten sind der "Verkehr" mit einem Anteil von 3 %, "Industrie und Gewerbe" mit 2 % und "Haushalte" mit 2 % (BAFU 2018). Die NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft in der Schweiz sanken zwar zwischen 1980 und 2000 – vor allem wegen der Reduzierung der Tierbestände – von 64'000 auf 44'000 Tonnen Stickstoff pro Jahr (FOEN 2018), stagnieren aber seither auf diesem Niveau. Somit liegt dieser Wert nach wie vor deutlich über der Zielsetzung für die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft von 25'000 Tonnen Stickstoff pro Jahr (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, aber 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 verursachten Stickstoffeinträge haben schädliche Auswirkungen auf empfindliche Ökosysteme. Um den Langzeitwirkungen erhöhter Ammoniak-Konzentrationen Rechnung zu tragen (UNECE 2007, Cape et al. 2009, Mills et al. 2010), wurden im Rahmen des UNECE Workshops on Atmospheric Ammonia vom Dezember 2006 die Critical Levels für Ammoniak folgendermassen festgelegt¹:

- NH₃-Konzentration von 1 µg m⁻³ für empfindliche Moose und Flechten und Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind
- NH₃-Konzentration von 3 µg m⁻³ für höhere Pflanzen (Unsicherheitsbereich 2 - 4 µg m⁻³)

¹ Gemäss Cape et al. (2009) gibt es für die NH₃-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.

Die aus den gemessenen Ammoniakkonzentrationen, den Stickoxiden sowie den Ammonium- und Nitratkonzentrationen in Niederschlägen ableitbaren Gesamtstickstofffrachten liegen weiträumig, inklusive quellenfernen Standorten, über den im Rahmen der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) festgelegten Critical Loads für Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme (UNECE 2010; Bobbink & Hettelingh 2011; EKL 2005; EKL 2014, Thimonier et al. 2005; Waldner et al., 2007). In der Schweiz werden die Critical Loads für Stickstoff bei mehr als 95 % der Waldfläche, 100 % der Hochmoore, 84 % der Flachmoore und 42 % der Trockenwiesen (TW) überschritten (EKL 2014). Diese 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 50-80 % des gesamten Stickstoffeintrags aus (Seitler et al. 2016).

Verschiedene Standorte sind sehr unterschiedlich durchlüftet. Um von der Ammoniakkonzentration auf die Emissionsstärke in der Umgebung schliessen zu können, bedarf es somit Modellbetrachtungen mit Berücksichtigung der Meteorologie, der Topografie (z.B. Kaltluftabflüsse), der lokalen Vegetation und anderen Faktoren.

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 & BLW 2011)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. Folgende Massnahmen zur Minderung der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft sind Stand der Technik und daher gemäss Art. 4 LRV grundsätzlich anzuwenden: emissionsarme Güllelagerung, Gülleaufbereitung und Gülleausbringung, Optimierung der Stallhaltungssysteme und Tierhaltungsformen (Stall- und Laufhofreinigung, Abluftreinigung etc.), Stickstoff optimierte Fütterung und bedarfsgerechte Düngung (BAFU & BLW 2011, BAFU & BLW 2012, UNECE 2014, Cercl’Air 2002, KOLAS 2006, KVV 2006, Agridea & Landwirtschaftsamt Thurgau 2006, Kanton Luzern uwe 2007, Kanton Appenzell Ausser rhoden 2008).

2.2 Zielsetzung

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

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 oder die Umsetzung der Vollzugshilfen Landwirtschaft des BAFU in den Kantonen). Die Reduktion der Ammoniakemissionen ist nötig zum Schutz der Ökosysteme vor Eutrophierung

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.

und Versauerung sowie zur Minderung der Feinstaubbelastung (BAFU & BLW 2011, Cercl'Air 2002, EKL 2005, KOLAS 2006, BBI 2009, EKL 2013, EKL 2014).

2.3 Projektrahmen

In diesem Bericht werden die Resultate der Ammoniakmessungen in der Aussenluft im Zeitraum von 2000 bis 2017 präsentiert, wobei nur die Standorte berücksichtigt wurden, an denen 2017 seit mindestens zwei Jahren gemessen wurde. Werden räumlich verdichtete Messnetze betrieben, wurde je ein repräsentativer Standort ausgewählt. Die Messungen erfolgen im Auftrag des BAFU, der OSTLUFT, des Fürstentums Liechtenstein (seit 2008), der Zentralschweizer Kantone ZUDK (seit 2010) und der Kantone Luzern und Freiburg (seit 2006), Zug (seit 2007), Bern (seit April 2008), Thurgau (seit August 2008), Graubünden (seit 2009), Aargau, Appenzell Innerrhoden und St. Gallen (seit 2010), Solothurn (seit 2011), Neuenburg (seit 2012), Zürich, Schaffhausen und Basel-Land (seit Frühling 2012), Glarus (seit 2015) und werden durch die FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung – an unterschiedlich belasteten Standorten in der Schweiz durchgeführt. Einige Daten stammen aus regionalen Projekten, wie z.B. der Umsetzung des Ressourcenprogramms des BLW (Art. 77 LwG, <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/ressourcen--und-gewaesserschutzprogramm/ressourcenprogramm.html>, Stand am 14.8.2018) durch die Kantone.

Die Beschreibungen der Standorte, die gemessenen NH₃-Konzentrationen sowie die modellierten Emissionen und Konzentrationen werden in den Standortdatenblättern 2017 dargestellt (Seitler et al. 2018).

3 Methodisches

3.1 Messsystem

Die Messungen wurden mit Passivsammlern nach VDI 3869 Blatt 4 durchgeführt. Bis 2003 wurde der Zürcher Passivsammler eingesetzt, anfangs 2004 wurde auf Radiello-Passivsammler umgestellt. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der beiden Messmethoden wurden durch Parallelmessungen an verschiedenen Standorten untersucht und die Zürcher Passivsammler auf die Radiello Passivsammler kalibriert. Ab 2018 wird an einigen Standorten mit dem Passivsammler Typ Ferm gemessen. Die Übereinstimmung zwischen Radiello und Ferm sind gut (siehe Abb. 44).

Die Richtigkeit der Passivsammlermessungen wird 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 und seit 2011 mit Spektrometern zur kontinuierlichen Messung von Ammoniak (Cavity Ring Down Spectroscopy) kontinuierlich verglichen.

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

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

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 2008, EMEP)
- Von Bäumen, Büschen, Hecken oder hoch wachsenden Kulturen (z.B. Mais) soll genügend Abstand (horizontal ein Mehrfaches der Vegetationshöhe) gewählt werden.
- Die Passivsammler müssen jederzeit und langfristig frei anströmbar bleiben, d.h. nachwachsende Vegetation (Gras, Büsche) muss regelmässig zurückgeschnitten werden.
- Der Standort soll regelmässig (mindestens vierteljährlich) fotografiert werden, von Vorteil werden die Bilder in vier Himmelsrichtungen jeweils mit der Messstelle im Vordergrund aufgenommen. Jegliche Veränderungen in der Umgebung, wie neue Bauten, Strassen sowie getroffenen Massnahmen zur Emissionsminderung von NH_3 sollen ebenfalls 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 Immissionstypen

Angelehnt an die Belastungstypen der NABEL-Stationen werden die Standorte auf Grund ihrer geografischen Lage und der unterschiedlichen Emittenten in deren Umgebung in acht lufthygienische 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

Auf Grund der Höhe der Ammoniak-Jahresmittelwerte (2012 bis 2015) wurden die Standorte zusätzlich in Immissionstypen 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 13 Standorten wird durchgehend seit 2000, an 21 Standorten durchgehend seit 2004 und an 32 Standorten durchgehend seit 2008 gemessen. In einigen Kantonen wird Ammoniak im Zusammenhang mit der Erfolgskontrolle der Ressourcenprojekte gemäss Artikel 77a und 77b des Landwirtschaftsgesetzes (nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen) gemessen. Eine Auswahl dieser Standorte wird hier in die Auswertung miteinbezogen. Bei mehreren Standorten in einem kleinräumigen Gebiet wird jeweils ein möglichst abseits von Dörfern und starken Quellen liegender Standort ausgewählt. Insgesamt werden 79 Standorte in diesem Bericht berücksichtigt, die alle seit mindestens Anfang 2016 betrieben werden. Die Anzahl vollständiger Messjahre jedes Standortes ist in Tabelle 1 aufgeführt. In Kapitel 7.3, Tabelle 12 ist detailliert ersichtlich, welche Standorte wann beprobt wurden.

3.5 Messstandorte im Überblick

In Abbildung 1 werden die Messstandorte dargestellt³ und in Tabelle 1 kurz beschrieben (ausführlicher in Kapitel 7.2, Tabelle 11 sowie in den Standortdatenblättern: Seitler et al. 2018).

³ Programm: QGIS; Quelle Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Tab. 1 Standorte der Messungen 2017

Einteilung der Standorte nach Belastungs- und Immissionstypen. Das mehrjährige Jahresmittel ist (wo vorhanden) aus den Jahren 2014 – 2017 berechnet worden. Die schwarzen Linien trennen Belastungstypen, die grauen Immissionstypen innerhalb eines Belastungstyps.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt. / Land	Höhe m ü.M.	Belastungstyp	Immis- sionstyp $\mu\text{g m}^{-3}$	Mehrjähriges Jahresmittel $\mu\text{g m}^{-3}$	Anzahl vollst. Jahre	Messreihe	Boxplots (Kap. 4.5) Abb. Nr.
1	CHA	Chaumont	NE	1137	Ländlich,	1 – 3	1.1	18	2000 – 2017	9
2	RIG	Rigi-Seebodenalp	SZ	1031	oberhalb 900 m ü. M.		1.4	18	2000 – 2017	
3	FRÜE	Frühbühl	ZG	980			1.5	11	2007 – 2017	
4	ZB 01	Zugerberg 1	ZG	990			1.8	18	2000 – 2017	
5	BA	Bachtel	ZH	930			2.2	18	2000 – 2017	10
6	ZIGE	Zigerhütti	ZG	989			2.2	11	2007 – 2017	
7	STU1	Stuellegg 1	SG	920			2.5	8	2010 – 2017	
8	AIO	St. Anton	AI	1071			2.6	8	2010 – 2017	
9	SARE	Sagno Reservoir	TI	820	Ländlich,	1 – 3	1.3	4	2014 – 2017	11
10	SCH	Schänis	SG	630	unterhalb 900 m ü. M.		1.8	17	2000, 2002 – 2017	
11	RAF	Rafzfeld	ZH	399			2.0	5	2013 – 2017	
12	BRIS	Brislach	BL	450			2.4	5	2013 – 2017	
13	BAI	Buch am Irchel	ZH	453			2.4	5	2013 – 2017	12
14	HUD 3	Hudelmoos 3	TG	520			2.5	17	2001 – 2017	
15	VTG	Gwatt	BE	558			2.7	9	2009 – 2017	
16	KNB	Küsnahter Berg	ZH	658			2.7	5	2013 – 2017	
17	PAY	Payerne	VD	489			2.7	18	2000 – 2017	13
18	IEB	Bärau	BE	725			2.8	9	2009 – 2017	
19	RO	Root Michaelskreuz	LU	791			2.9	17	2001 – 2017	
20	OBS	Oberstammheim	ZH	459	Ländlich,	3 – 5	3.0	5	2013 – 2017	
21	WTG1	Gimmiz Dach	BE	444	unterhalb 900 m ü. M.		3.2	9	2009 – 2017	14
22	HEMO	Hessigkofen Moosgasse	SO	605			3.2	7	2011 – 2017	
23	BIR1	Birrfeld 1	AG	393			3.5	8	2010 – 2017	
24	VU01	Vuistemens-en-Ogoz	FR	850			3.5	12	2006 – 2017	
25	SNB	Schönenberg	ZH	730			3.5	5	2013 – 2017	15
26	STAD	Stadel	ZH	426			3.7	5	2013 – 2017	
27	BENN	Bennwil	BL	540			3.7	5	2013 – 2017	
28	ILN 01	Illnau Chrüzegg	ZH	540			3.7	3	2015 – 2017	
29	INWI	Inwil	ZG	437			3.9	11	2007 – 2017	16
30	N14	Ems Plarena	GR	570			4.0	9	2009 – 2017	
31	HBL	Lotzwil	BE	509			4.0	9	2009 – 2017	
32	MAEM	Matzendorf Emet	SO	594			4.1	7	2011 – 2017	
33	MI01	Misery	FR	607			4.1	10	2008 – 2017	17
34	FRAU	Kloster Frauental	ZG	395			4.1	11	2007 – 2017	
35	DEB	Näfels	GL	436			4.1	3	2015 – 2017	
36	AIG	Gontenbad	AI	896			4.1	8	2010 – 2017	
37	SZ-03	Rossmattli	SZ	500			4.4	8	2010 – 2017	18
38	NMS	Malans	GR	529			4.4	9	2009 – 2017	
39	AIHA	Haslen	AI	768			4.4	8	2010 – 2017	
40	MÖN	Mönchaltorf	ZH	445			4.4	5	2013 – 2017	
41	SHK	Klettgau	SH	420			4.5	5	2013 – 2017	19
42	NEHU	Neuendorf Hurtmatten	SO	435			4.6	7	2011 – 2017	
43	TAE	Tänikon	TG	539			4.7	18	2000 – 2017	
44	KAP	Kappel am Albis	ZH	527			4.8	5	2013 – 2017	
45	BSZ	Ziegelbrücke	GL	424			4.9	3	2015 – 2017	20
46	SAM2	Suhretal 2	AG	493	Ländlich,	5 – 8	5.0	8	2010 – 2017	
47	MAG	Magadino-Cadenazzo	TI	204	unterhalb 900 m ü. M.		5.0	18	2000 – 2017	
48	GEF	Gelfingen	LU	572			5.2	2	2016 – 2017	
49	NZI 01	Zizers Neuöser 1	GR	527			5.3	9	2009 – 2017	21
50	WAU 16.4	Wauwil 16	LU	499			5.6	12	2006 – 2017	
51	BAV	Balzers	FL	473			5.7	10	2008 – 2017	
52	NGS	Grüsch Schwellenen	GR	607			5.7	7	2011 – 2017	
53	NEU 02	Neudorf 2	LU	735			5.9	12	2006 – 2017	22
54	EST	Eschen	FL	441			5.9	10	2008 – 2017	
55	URI 01	Uri 1	UR	455			5.9	8	2010 – 2017	
56	MAU 01	Mauren 1	TG	439			6.0	18	2000 – 2017	
57	NE 03	Le Landeron	NE	431			6.0	6		23
58	SCHÜ 00	Schüpfheim 0	LU	735			6.3	18	2000 – 2017	
59	ZG-02	Niederwil 2	ZG	420			6.3	8	2010 – 2017	
60	HOL 01	Holderhus 1	LU	590			6.3	18	2000 – 2017	
61	FRFE	Frauenfeld	TG	384			6.4	7	2010 – 2015, 2017	24
62	OW-02	Obwalden 2	OW	560			6.5	8	2010 – 2017	
63	NW-02	Stans Galgenried Süd	NW	440			6.5	8	2010 – 2017	
64	HAG	Häggenschwil	SG	555			7.6	15	2003 – 2017	
65	APS	Ap.-Steinegg	AI	820			7.9	15	2003 – 2017	25
66	SIN3	Freiamt 3	AG	519	Ländlich,	> 8	8.5	8	2010 – 2017	
67	WEIN	Weinfelden	TG	422	unterhalb 900 m ü. M.		8.9	8	2009 – 2015, 2017	
68	ESC 08	Eschenbach 8	LU	495			8.9	14	2004 – 2017	
69	WAU 13	Wauwil 13	LU	501			9.6	14	2004 – 2017	26
70	WIG	Netstal	GL	455	Ländlich, verkehrsbelastet	3 – 5	3.2	3	2015 – 2017	
71	SLI 01	Schaan 1	FL	450	Ländlich, verkehrsbelastet	5 – 8	5.3	6	2012 – 2017	
72	NV4	San Vittore	GR	270	Ländlich, an Autobahn	1 – 3	2.9	9	2009 – 2017	
73	SIO	Sion-Aeroport	VS	483	Ländlich, an Autobahn	3 – 5	3.9	18	2000 – 2017	27
74	HAE	Härkingen	SO	431			4.6	12	2006 – 2017	
75	BAS	Basel-Binningen	BL	317	Vorstädtisch	1 – 3	2.3	18	2000 – 2017	
76	LUG	Lugano	TI	281	Städtisch	1 – 3	2.4	18	2000 – 2017	
77	SOAL	Solothurn Altwyberhüsi	SO	453	Städtisch, verkehrsbelastet	1 – 3	2.1	7	2011 – 2017	28
78	RAP	Rapperswil	SG	430	Städtisch, verkehrsbelastet	3 – 5	3.4	15	2003 – 2017	
79	WIE	Schimmelstrasse	ZH	415			4.0	9	2008, 2010 – 2017	

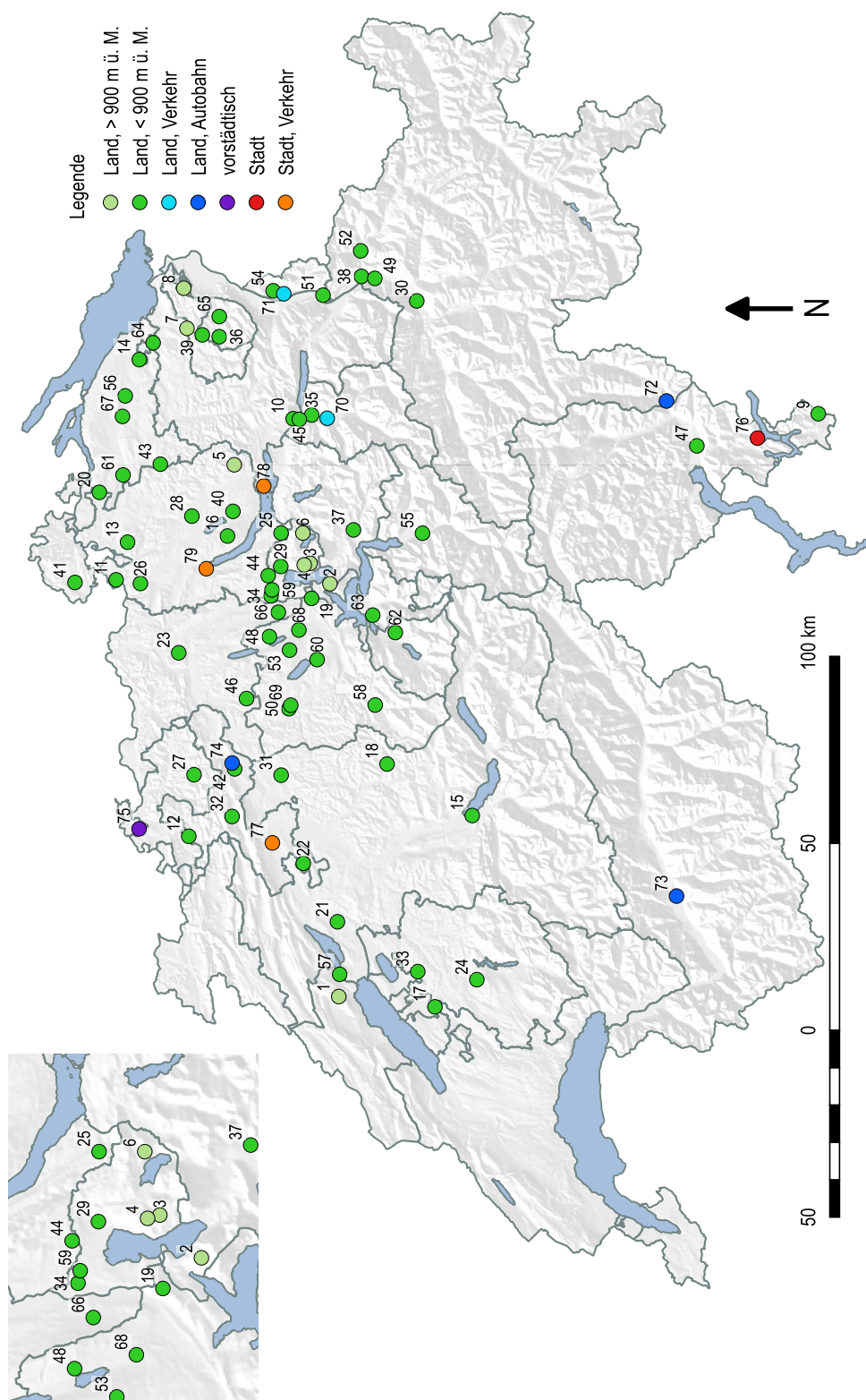


Abb. 1 Messnetz 2017, ganze Schweiz und vergrößerter Ausschnitt um Zugersee
Die Nummerierung entspricht den Standortnummern in Tabelle 1.

3.6 Auswertung

3.6.1 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:

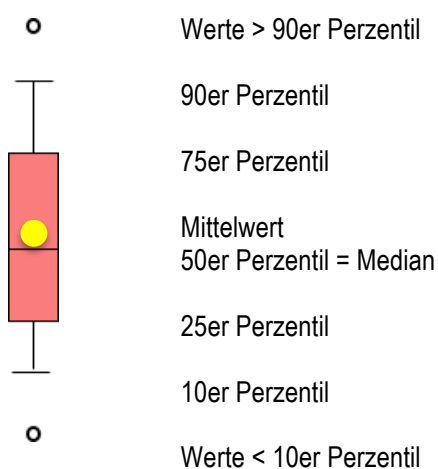
Winter	Dezember des Vorjahrs, Januar, Februar
Frühling	März, April, Mai
Sommer	Juni, Juli, August
Herbst	September, Oktober, November

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

Monatsmittelwerte wurden als Grundlage für Boxplots und Verlaufsgrafiken genommen.

3.6.2 Boxplots

Die einzelnen Standorte sind als Boxplots dargestellt, darin sind die 10er, 25er, 50er (Median), 75er und 90er Perzentile berücksichtigt. Werte oberhalb des 90er Perzentils respektive unterhalb des 10er Perzentils sind als Einzelpunkte eingezeichnet (siehe unten). Bei den Boxplots aus mehreren, seit 2000, 2004 und 2008 durchgehend gemessenen Standorten, sind auch die Mittelwerte eingezeichnet (gelber Punkt). 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. 2018) dargestellt.

4.1 Langjährige Entwicklung der Ammoniak-Konzentrationen

4.1.1 Messungen an 13 Standorten seit 2000

An dreizehn Standorten wird bereits seit 2000 durchgehend gemessen (Tabelle 2). In den Jahren 2000 - 2003 wurden die Messungen mit dem Zürcher-Passivsammler durchgeführt, ab 2004 mit Radiello-Passivsammlern. Aufgrund von Parallelmessungen wurden die alten Messwerte an die neuen Radiello-Messungen angepasst (Seitler & Thöni 2009).

An einigen Standorten mussten die Passivsammler verschoben werden. Zum Teil wurden Parallelmessungen durchgeführt und wenn nötig die früheren Werte angepasst. In Kapitel 7.1 sind die Änderungen detailliert aufgeführt.

Tab. 2 Standorte seit 2000, Standortcharakteristik
Belastungs- und Immissionstypen der 13 Standorte, an denen schon seit 2000 gemessen wird.

4 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	CHA, RIG, ZB 01, BA
3 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	PAY
1 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 3 - 5	MAG
4 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 5 - 8	TAE, MAU 01, HOL 01, SCHÜ 00
1 Standort	Ländlich , Autobahn	Immissionstyp 3 - 5	SIO
1 Standort	Vorstädtisch	Immissionstyp 1 - 3	BAS
1 Standort	Städtisch	Immissionstyp 1 - 3	LUG

In Tabelle 3 und Abbildung 2 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Die Perzentile der Jahre 2000 bis 2002 sowie 2013 sind eher tief. 2003 (Jahrhundertssommer), 2011 (drittwärmstes Jahr seit Messbeginn) sowie 2015 (wärmstes Jahr seit Messbeginn, MeteoSchweiz 2016) wurden hohe Werte gemessen. 2017 wurden durchschnittliche Werte ermittelt.

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

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Anzahl Monatsmittelwerte	156	151	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
kleinster Monatsmittelwert	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
10er Perzentil	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9	1.4	0.9	0.8	0.9	1.2	0.9	1.1
25er Perzentil	1.8	1.4	1.3	1.9	1.7	1.9	2.0	1.8	1.8	2.0	1.8	2.2	1.8	1.6	1.6	2.1	1.8	1.9
Median	3.0	2.8	2.7	3.6	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.5	3.3	3.5	3.1	2.9	3.1	3.3	2.8	3.2
Mittelwert	3.3	3.0	3.1	4.0	3.5	3.4	3.6	3.5	3.3	3.7	3.5	4.1	3.5	3.2	3.4	3.8	3.4	3.6
75er Perzentil	4.1	4.0	3.9	5.1	4.9	4.8	4.9	4.8	4.6	5.0	4.7	5.7	4.9	4.6	4.9	5.1	4.7	4.6
90er Perzentil	5.5	5.5	5.6	7.7	6.2	6.3	6.8	6.5	6.0	7.0	6.3	7.7	6.3	6.4	6.1	7.4	6.7	6.1
grösster Monatsmittelwert	14.9	15.6	16.5	17.3	9.6	9.9	11.9	11.7	15.8	12.6	14.4	13.5	13.5	9.2	13.2	12.7	12.5	22.0

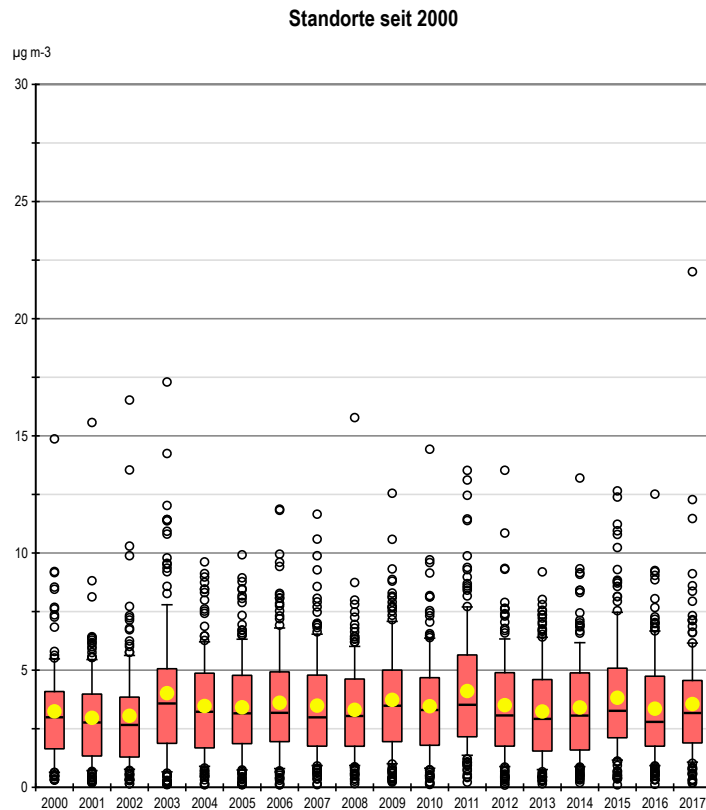


Abb. 2 **Monatliche Konzentrationen der Standorte seit 2000, Boxplots**
Die Ammoniak-Konzentrationen der 13 Standorte, an denen seit Messbeginn während 18 Jahren durchgehend gemessen wurde. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Abbildung 3 zeigt die Jahresmittelwerte der einzelnen Standorte, an denen seit 2000 jedes Jahr gemessen wurde. Die meisten Verläufe weisen 2003 den höchsten Wert auf. 18 Jahre Ammoniakmessung an verschiedenen belasteten Standorten in der Schweiz zeigen, dass sich die Immissionen im gemessenen Zeitraum an den meisten Standorten kaum verändert haben.

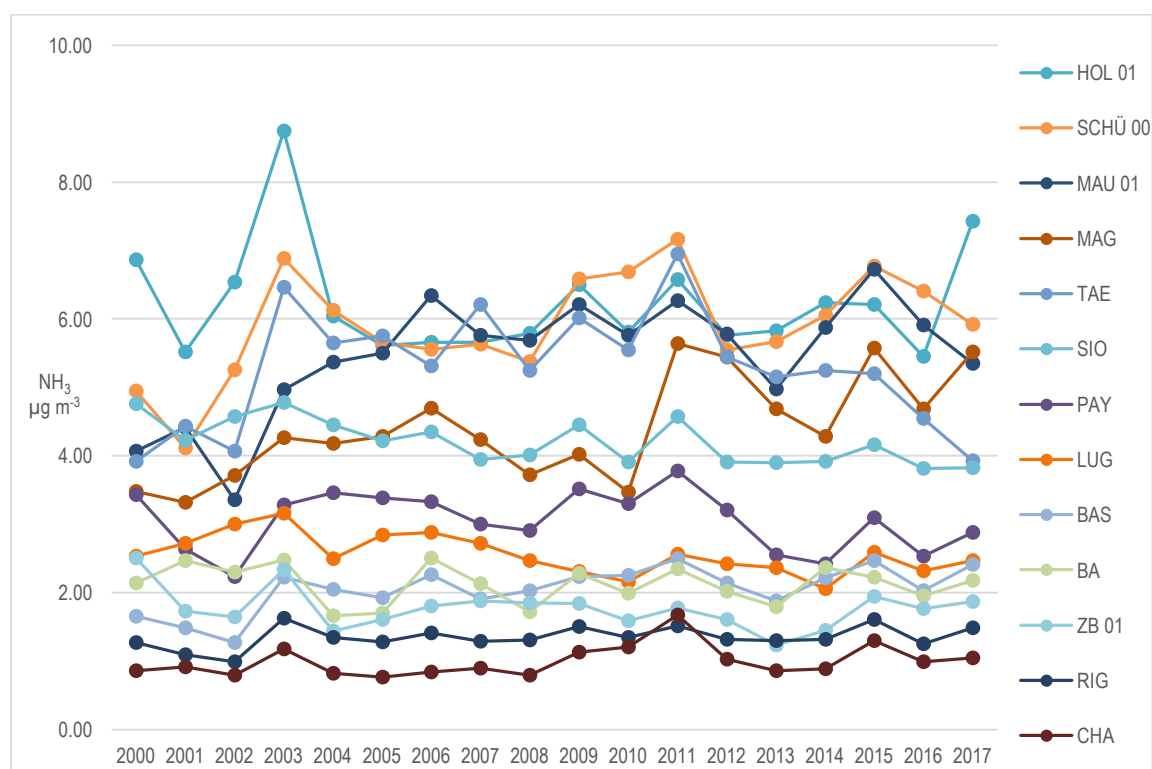


Abb. 3 Standorte seit 2000, Jahresmittelwerte im Verlauf
Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen aller 13 Standorte an denen seit 2000 gemessen wird.

4.1.2 Messungen an 21 Standorten seit 2004

An 21 Standorten wird seit 2004 durchgehend gemessen (Tabelle 4)

Tab. 4 Standorte seit 2004, Perzentile und Mittelwerte
Belastungs- und Immissionstypen der 21 Standorte, an denen seit 2004 gemessen wird.

4 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	CHA, RIG, ZB 01, BA
6 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	SCH, HUD 03, PAY, RO
1 Standort	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 3 - 5	MAG
7 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 5 - 8	TAE, MAU 01, HOL 01, SCHÜ 00, HÄG, ESC 08, APS
1 Standort	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp > 8	WAU 13
1 Standort	Ländlich , Autobahn	Immissionstyp 3 - 5	SIO
1 Standort	Vorstädtisch	Immissionstyp 1 - 3	BAS
1 Standort	Städtisch	Immissionstyp 1 - 3	LUG
1 Standort	Städtisch , verkehrsbelastet	Immissionstyp 3 - 5	RAP

In Tabelle 5 und Abbildung 4 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst. Die Monatsmittelwerte der 21 Standorte, an denen während 14 Jahren

gemessen wurde, sind als Boxplots dargestellt (Abbildung 4). Die Jahresmittel der Jahre 2004 bis 2017 schwanken wenig.

Tab. 5 Standorte seit 2004, Perzentile und Mittelwerte
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen aller 21 Standorte an denen seit 2004 gemessen wird. in $\mu\text{g m}^{-3}$, Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Anzahl Monatsmittelwerte	252	252	252	252	252	252	251	252	252	252	252	252	252	251
kleinster Monatsmittelwert	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
10er Perzentil	1.2	1.0	1.2	1.3	1.2	1.3	1.1	1.6	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
25er Perzentil	2.1	2.0	2.2	1.9	1.9	2.1	2.0	2.3	1.9	1.8	1.9	2.3	2.1	2.2
Median	3.8	3.6	3.5	3.3	3.3	3.9	3.7	3.9	3.5	3.2	3.4	3.6	3.1	3.6
Mittelwert	4.3	4.3	4.7	4.2	4.1	4.5	4.2	4.9	4.2	3.8	4.1	4.6	4.1	4.4
75er Perzentil	5.7	5.7	5.9	5.7	5.5	6.3	5.6	6.6	5.7	5.4	5.6	5.7	5.4	5.6
90er Perzentil	8.4	8.8	9.6	8.2	8.0	8.5	8.3	9.3	8.3	7.4	7.4	9.3	8.7	8.9
grösster Monatsmittelwert	17.5	20.0	19.7	15.1	15.8	18.4	20.5	20.2	21.6	13.1	19.1	22.3	17.7	22.8

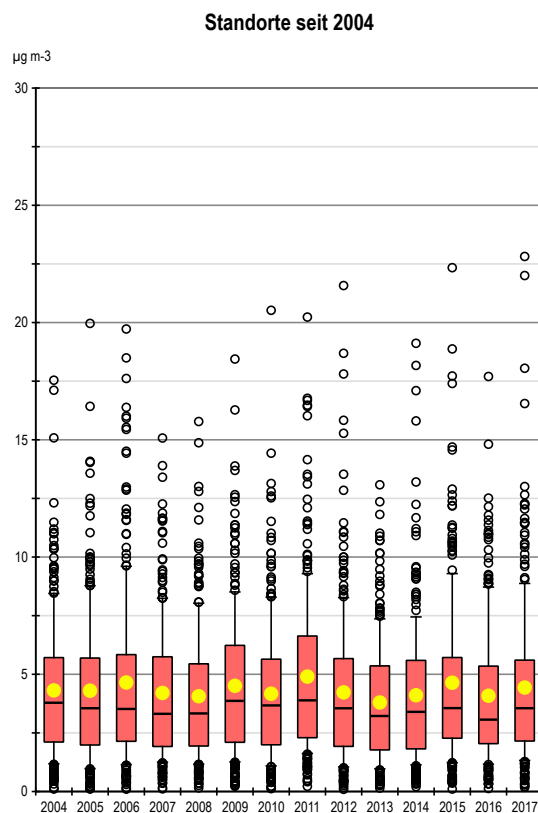


Abb. 4 Monatliche Konzentrationen der Standorte seit 2004, Boxplots
Die Ammoniak-Konzentrationen der 21 Standorte, an denen während 14 Jahren gemessen wurde. Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

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

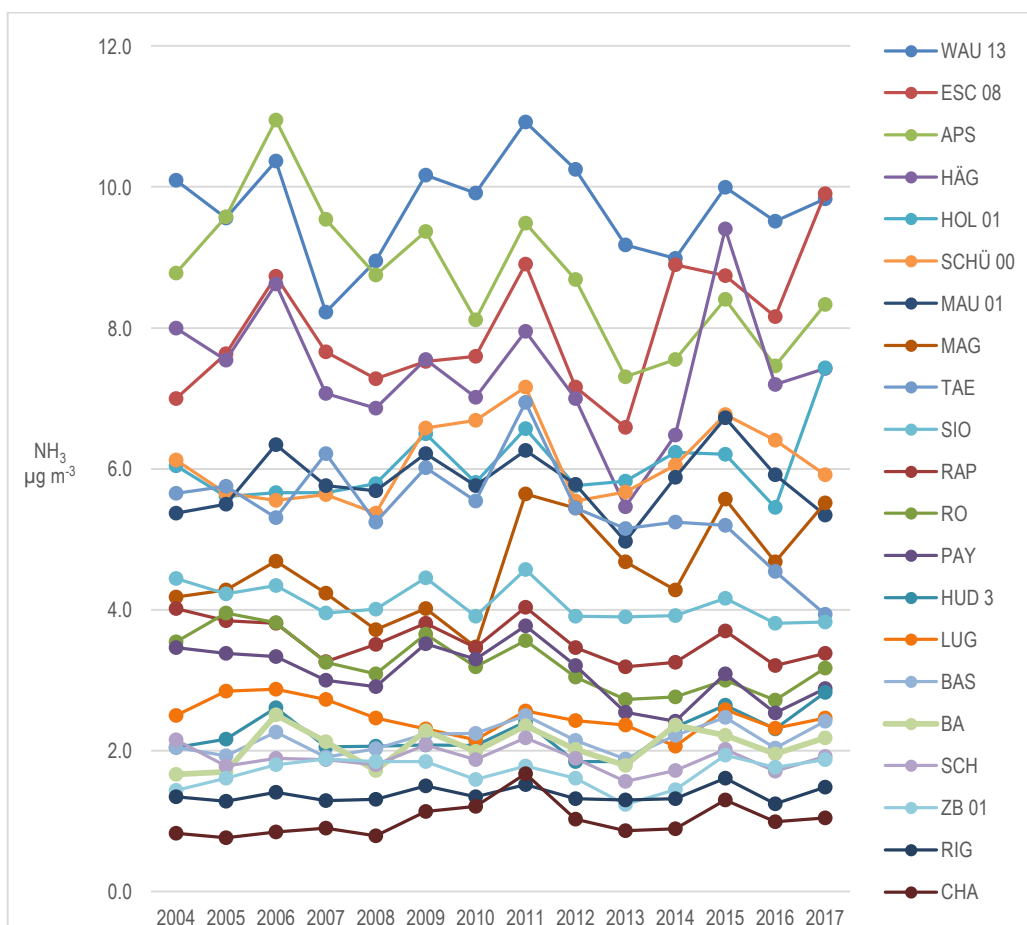


Abb. 5 Standorte seit 2004, Jahresmittelwerte im Verlauf
 Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen aller 21 Standorte an denen seit 2004 gemessen wird.

4.1.3 Messungen an 32 Standorten seit 2008

An 32 Standorten wird seit 2008 durchgehend gemessen (Tabelle 6).

Tab. 6 Standorte seit 2008, Standortcharakteristik
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen aller 32 Standorte an denen seit 2008 gemessen, in $\mu\text{g m}^{-3}$, Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

6 Standorte	Ländlich , oberhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	CHA, RIG, FRÜE, ZB 01, BA, ZIGE
6 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 1 - 3	SCH, HUD 03, PAY, RO
5 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 3 - 5	VU01, INWI, MI01, FRAU, MAG
11 Standorte	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp 5 - 8	TAE, EST, NEU 02, MAU 01, WAU 16, BAV, HOL 01, SCHÜ 00, HÄG, ESC 08, APS
1 Standort	Ländlich , unterhalb 900 m ü. M.	Immissionstyp > 8	WAU 13
2 Standorte	Ländlich , Autobahn	Immissionstyp 3 - 5	SIO, HAE
1 Standort	Vorstädtisch	Immissionstyp 1 - 3	BAS
1 Standort	Städtisch	Immissionstyp 1 - 3	LUG
1 Standort	Städtisch , verkehrsbelastet	Immissionstyp 3 - 5	RAP

In Tabelle 7 sind die Perzentile und Mittelwerte der Monatsmittelwerte zusammengefasst.

Tab. 7 Standorte seit 2008, Perzentile und Mittelwerte
Die Perzentile und Mittelwerte der Ammoniak-Konzentrationen aller 32 Standorte an denen seit 2008 gemessen wird, in $\mu\text{g m}^{-3}$, Datengrundlage sind Monatsmittelwerte.

Jahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Anzahl Monatsmittelwerte	384	384	383	384	381	382	383	384	384	383
kleinster Monatsmittelwert	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
10er Perzentil	1.3	1.4	1.2	1.8	1.2	1.1	1.3	1.5	1.4	1.4
25er Perzentil	2.2	2.3	2.1	2.5	2.0	2.0	2.1	2.4	2.1	2.4
Median	3.5	4.1	3.8	4.2	3.6	3.4	3.6	3.9	3.5	3.8
Mittelwert	4.0	4.4	4.2	4.9	4.2	3.9	4.1	4.6	4.1	4.4
75er Perzentil	5.0	5.7	5.4	6.4	5.4	5.3	5.4	5.9	5.3	5.6
90er Perzentil	7.2	7.9	7.6	8.8	7.6	7.3	7.2	8.9	7.6	8.2
grösster Monatsmittelwert	15.8	18.4	20.5	20.2	21.6	13.1	19.1	22.3	17.7	22.8

Die Monatsmittelwerte der 32 Standorte, an denen seit 2008 gemessen wurde, sind als Boxplots dargestellt (Abbildung 6 links). Abbildung 6 rechts zeigt den Verlauf der Jahresmittelwerte dieser Standorte.

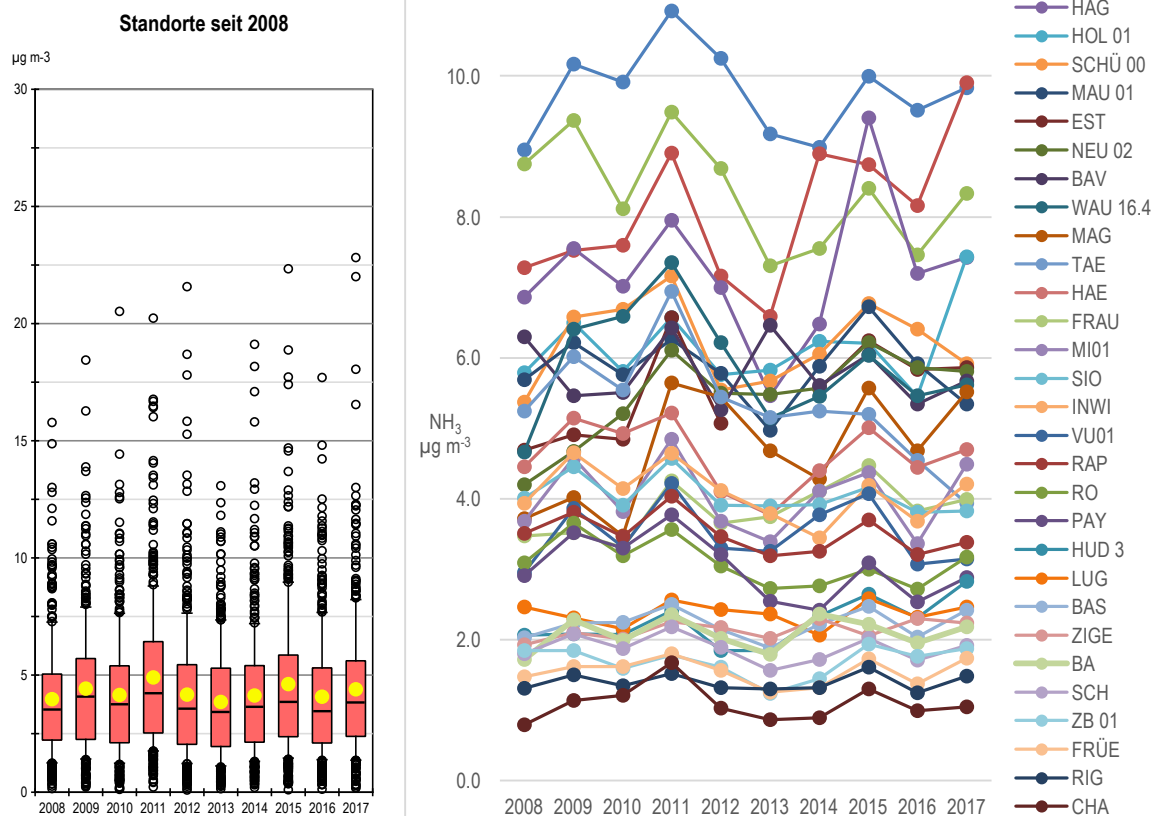


Abb. 6 Standorte seit 2008, monatliche Konzentrationen (l) und Jahresmittelwerte (r)
 Die Ammoniak-Konzentrationen der 32 Standorte, bei denen während 10 Jahren gemessen wurde.
 Die jährlichen Boxplots (links) fassen die Monatsmittelwerte zusammen, die Jahresmittelwerte sind
 im Verlauf dargestellt (rechts).

4.2 Vergleich mit Critical Levels

Die Critical Levels für Ammoniak betragen (UNECE 2007):

- NH_3 -Konzentration von $1 \mu\text{g m}^{-3}$ für empfindliche Moose und Flechten sowie Ökosysteme, wo diese niederen Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind
- NH_3 -Konzentration von $3 \mu\text{g m}^{-3}$ für höhere Pflanzen (Unsicherheitsbereich 2 - $4 \mu\text{g m}^{-3}$)

Zwei Standorte des Messnetzes befinden sich direkt bei Hochmooren (FRÜE und ZB 01 im Kt. ZG) (Tabelle 8). Mit Mehrjahresmittelwerten von 1.5 und $1.8 \mu\text{g m}^{-3}$ wird an diesen Standorten der Critical Level für Ammoniak für empfindliche Ökosysteme überschritten.

Im Flachmoor bei Zigerhüttli auf dem Zugerberg und Gwatt am Thunersee (VTG) wird der Unsicherheitsbereich des Critical Levels für höhere Pflanzen mit 2.2 resp. $2.7 \mu\text{g m}^{-3}$ erreicht, im Wauwiler Moos (WAU 16) wird er mit dem Mehrjahresmittelwert von $5.6 \mu\text{g m}^{-3}$ deutlich überschritten.

Von vier walddnahen Standorten (innerhalb 25 m vom Waldrand) leiben der voralpine (SCH) und der in den Südalpen gelegenen Standort (SARE) unter dem Critical Level für höhere Pflanzen. Der im Mittelland gelegene Standort (HUD 3) erreicht den Unsicherheitsbereich des Critical Levels für höhere Pflanzen von 2 - $4 \mu\text{g m}^{-3}$, in Gelfingen (GEF, Kt. LU) wird der Critical Level deutlich überschritten. Grosse Teile der landwirtschaftlichen Flächen in der Schweiz grenzen an empfindliche Ökosysteme, vor allem an Wald.

Zu beachten ist, dass die Critical Loads für Stickstoff für empfindliche Ökosysteme überschritten sein können, auch wenn die Ammoniakkonzentrationen unterhalb des Critical Levels für Ammoniak bleiben.

Tab. 8 Ammoniak-Konzentrationen bei empfindlichen Ökosystemen

Mehrfjahresmittelwerte von nahe bei Hochmooren, Flachmooren oder an Wäldern gelegenen Standorten, verglichen mit den Critical Levels für empfindliche Ökosysteme. Konzentrationen an Standorten im Bereich der Critical Levels sind orange, diejenigen oberhalb der Critical Levels sind rot dargestellt.

			NH ₃ -Konzentration	
Nr.	Code	direkte Umgebung	Mittelwert 2014 - 2017 µg m ⁻³	Critical Level µg m ⁻³
Hochmoore				
3	FRÜE	Wiese, Weide, Hoch- & Flachmoorrand	1.5	1
4	ZB 01	Wiese, Weide, Hoch- & Flachmoorrand	1.8	
Flachmoore				
6	ZIGE	Flachmoor, Naturschutzgebiet	2.2	2 - 4
15	VTG	Flachmoor, auf Turm im Schilf, Seeufer	2.7	
50	WAU 16.4	Flachmoor, extensives Wiesland	5.6	
Waldrand				
9	SARE	Waldlichtung	1.3	2 - 4
10	SCH	Waldlichtung, Schafweide, Graswirtschaft	1.8	
14	HUD 3	Wiesen, Acker, Wald	2.5	
48	GEF	Wiesen, Wald	5.2	

4.3 Vergleich mit Emissionsentwicklung

Die Schweiz rapportiert jährlich die modellierten Emissionszahlen von SO₂, NO_x, VOC und NH₃ im Rahmen der LRTAP-Konvention und als Mitglied der Europäischen Umweltagentur (EUA). Die Luftverunreinigungen werden gemäss dem Guidebook zur Emissionsberichterstattung von EMEP und EUA rapportiert (FOEN 2018).

Bei Ammoniak ist die Landwirtschaft der Hauptemittent (Tabelle 9).

Tab. 9 NH₃-Emissionen der Schweiz zwischen 2000 und 2016
für die Quellengruppe Landwirtschaft und die Summe aller Quellengruppen (FOEN 2018)
(blau: Bezugsjahr für Vergleich Emission und Immission)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Landwirtschaft kt NH ₃	53.9	53.7	52.9	52.3	52.4	53.6	54.2	55.1	55.6	54.5	54.7	54.1	53.7	53.2	53.8	53.3	53.2
total kt NH ₃	61.1	60.8	59.7	58.8	58.6	59.5	59.8	60.5	60.8	59.5	59.5	58.7	58.2	57.5	58.0	57.4	57.1
Anteil Landwirtschaft %	88.2	88.3	88.6	88.9	89.4	90.1	90.6	91.1	91.4	91.6	91.9	92.2	92.3	92.5	92.8	92.9	93.2

Die Mittelwerte der Immissionen der 13 seit 2000 resp. der 21 seit 2004 gemessenen Standorte werden mit den Ammoniakemissionen verglichen. Dazu wird 2005 als Bezugsjahr festgelegt und alle Werte relativ zum Wert dieses Jahres angegeben (Abb. 7).

Die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen haben sich zwischen 2000 und 2016 wenig verändert, während die gesamten schweizerischen Emissionen leicht abgenommen haben. Bei den Immissionen ist kein Trend sichtbar. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr bei den Immissionen werden zum Teil durch die meteorologischen Bedingungen in den jeweiligen Jahren beeinflusst, so ist z.B. der Mittelwert 2003 (wärmster Sommer seit Messbeginn 1864, MeteoSchweiz 2016) und 2011 (drittwärmstes Jahr seit Messbeginn) deutlich erhöht. Auch im Jahr 2015 (wärmstes Jahr seit Messbeginn) waren die Immissionen über dem Durchschnitt. Bei den Emissionsberechnungen wird die Witterung eines spezifischen Jahres nicht berücksichtigt.

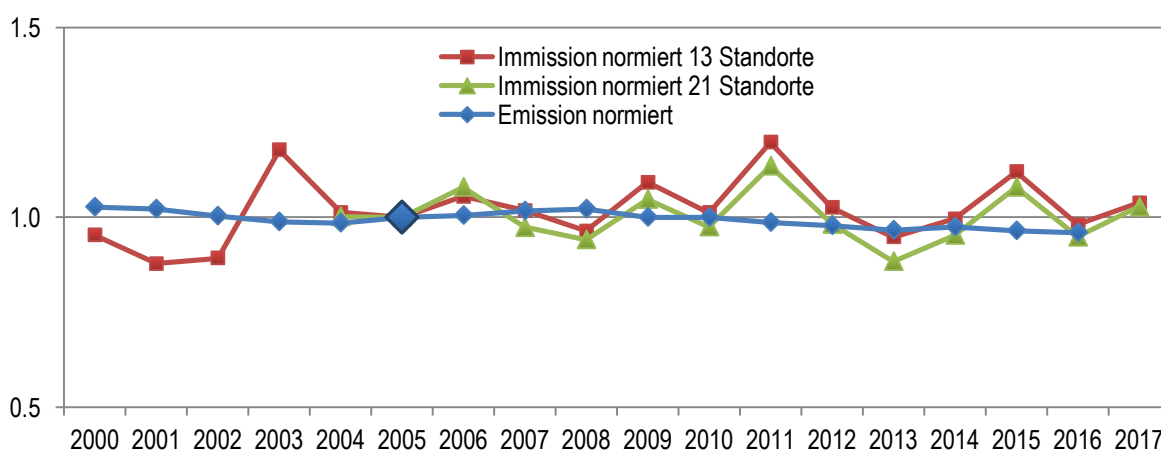


Abb. 7 Vergleich der Emissions- mit der Immissionsentwicklung
Die Emissionen (Summe aller Quellengruppen) und die Mittelwerte der Immissionen der 13 bzw. 21 Standorte wurden auf das Bezugsjahr 2005 normiert.

4.4 Vergleich mit modellierten Konzentrationen

Meteotest hat im Auftrag des BAFU die Ammoniakemissionen und -konzentrationen flächendeckend für die Schweiz mit einem einfachen Ansatz modelliert (Thöni et al. 2004, Rihm und Achermann 2016, Kap. 3.5 mit Modifikationen 2018).

Die auf dem Hektarraster aus Emissionsdaten der Jahre 2000, 2005, 2010 und 2015 modellierten Ammoniakkonzentrationen wurden mit den gemessenen Mittelwerten der Jahre 2000-2004, 2003-2007, 2008-2012 und 2013-2017 verglichen (Abbildung 8). Die modellierten Werte stimmen im Gesamten recht gut mit den gemessenen Konzentrationen überein ($R^2=0.84, 0.77, 0.48$ resp. 0.68). Die Abweichungen zwischen den mit Passivsammlern für einen bestimmten Punkt ermittelten Konzentrationen und den Modellresultaten können hauptsächlich mit eingeschränkten räumlichen Informationen zu den stationären landwirtschaftlichen Quellen (Ställe, Hofdüngerlager) und Vereinfachungen bei der Ausbreitungsberechnung erklärt werden. Die Modellierung basiert auf gesamtschweizerisch vorhandenen Datensätzen wie der landwirtschaftlichen Betriebszählung und der Arealstatistik des BFS, Gemeindegebiete und Topografie von swisstopo sowie Hofdüngerflüsse und Sömmerebetriebe des BLW.

Messstandorte wurden nicht in die Regression einbezogen, wenn ihr Abstand zu Ställen weniger als 150 m beträgt oder wenn der Stallstandort aus der Betriebszählung des BFS offensichtlich stark vom tatsächlichen Stallstandort abweicht (Abb. 8, rote Punkte).

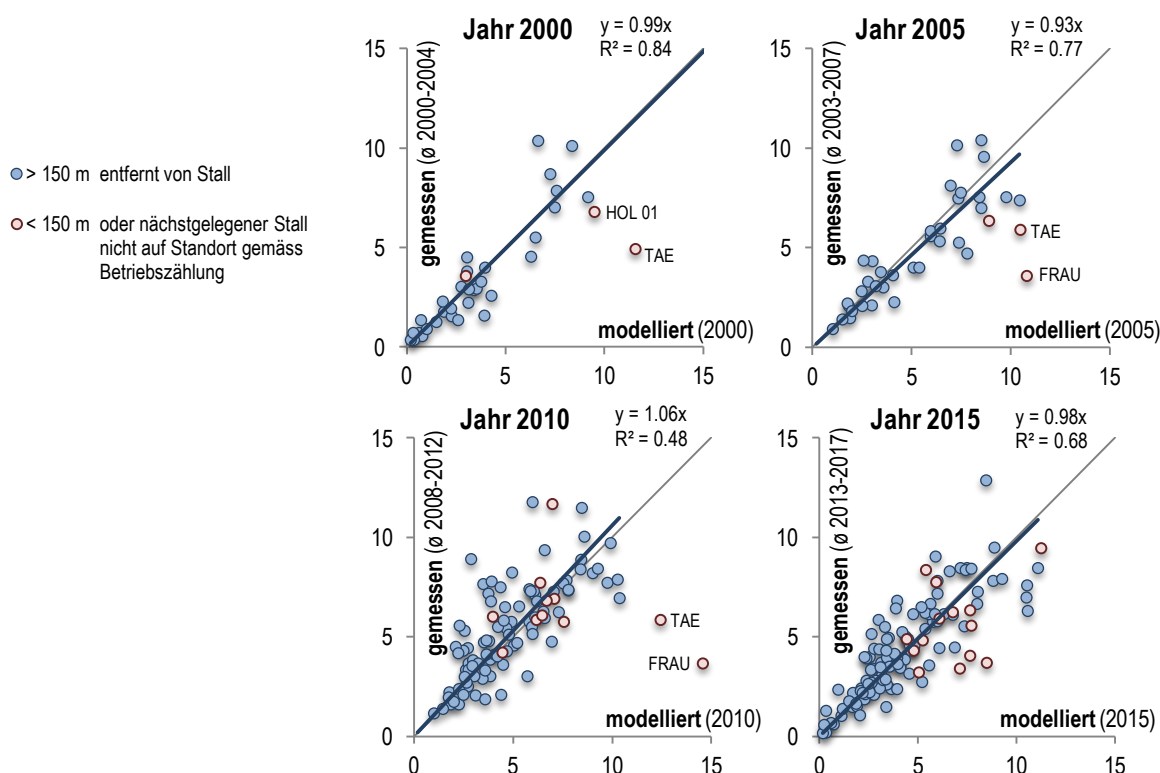


Abb. 8 Vergleich modellierter mit gemessenen NH_3 -Konzentrationen, Jahre 2000 resp. 2000-2004, 2005 resp. 2003-2007, 2010 resp. 2008-2012 und 2015 resp. 2013-2017
Die Trendlinien beziehen sich nur auf Standorte > 150 m entfernt von landwirtschaftlichen Betrieben (blaue Punkte). Einheit: $\mu\text{g m}^{-3}$

4.5 Zeitreihen der einzelnen Standorte

In den folgenden Abbildungen werden die Ammoniakkonzentrationen der einzelnen Standorte als jährliche Boxplots dargestellt (je aus den 12 Monatsmittelwerten berechnet), einerseits um den Vergleich unter den Standorten besser sichtbar zu machen, andererseits um die Entwicklung über diese 18 Jahre aufzuzeigen. Berücksichtigt wurden die Standorte an denen (auch) im Jahr 2017 und mindestens zwei ganze Jahre gemessen wurde. Die Reihenfolge entspricht jener der Tabelle 1.

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

Abbildungen 9 und 10 zeigen die 8 höher gelegenen Standorte in Wiesen- und Weidegebieten mit Jahresmittelwerten zwischen 1 und 3 µg m⁻³.

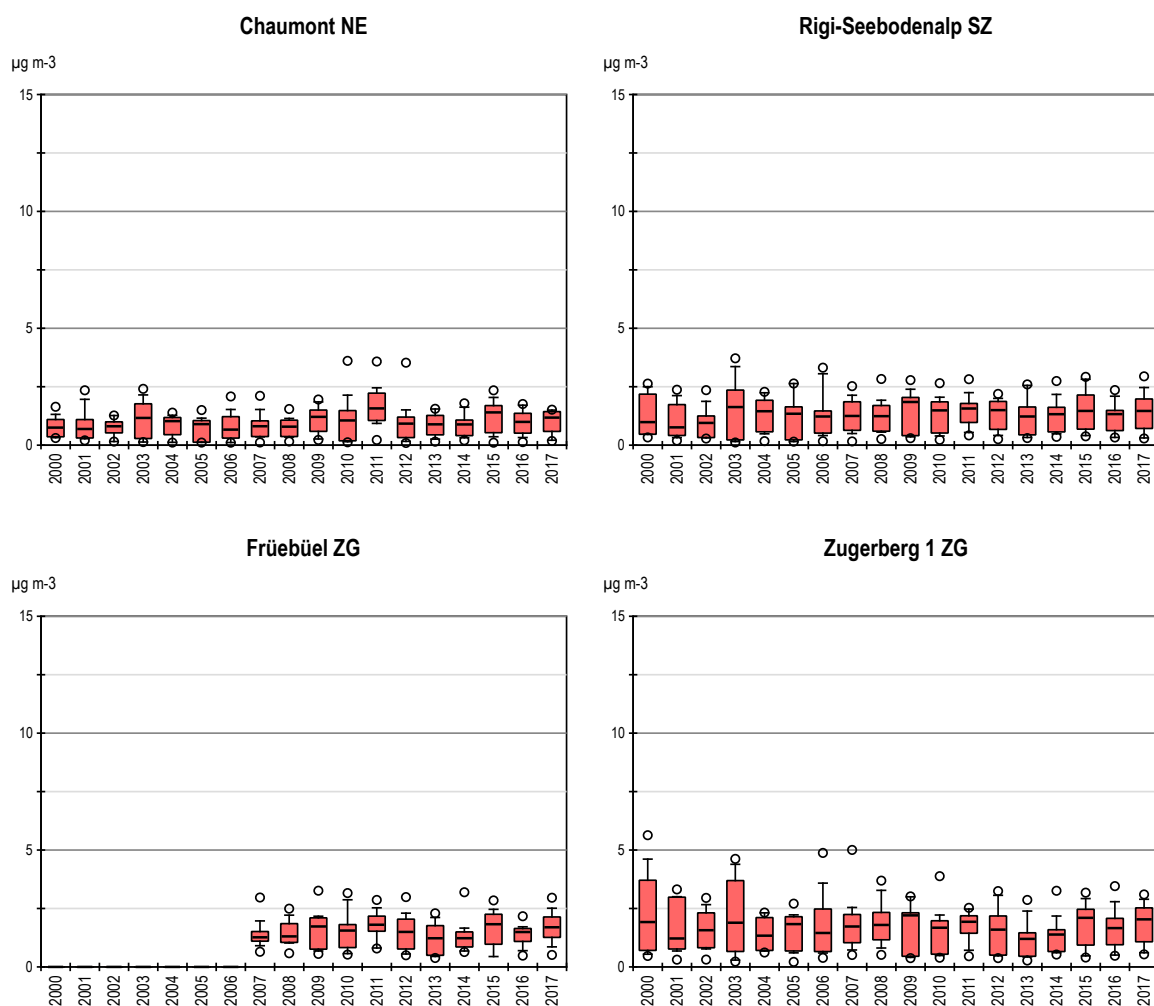


Abb. 9 Ammoniakkonzentration von CHA, RIG, FRÜE und ZB 01
Monatsmittelwerte von Chaumont (NE), Rigi-Seebodenalp (SZ), Frübüel (ZG) und Zugerberg 1 (ZG) als Boxplots dargestellt.

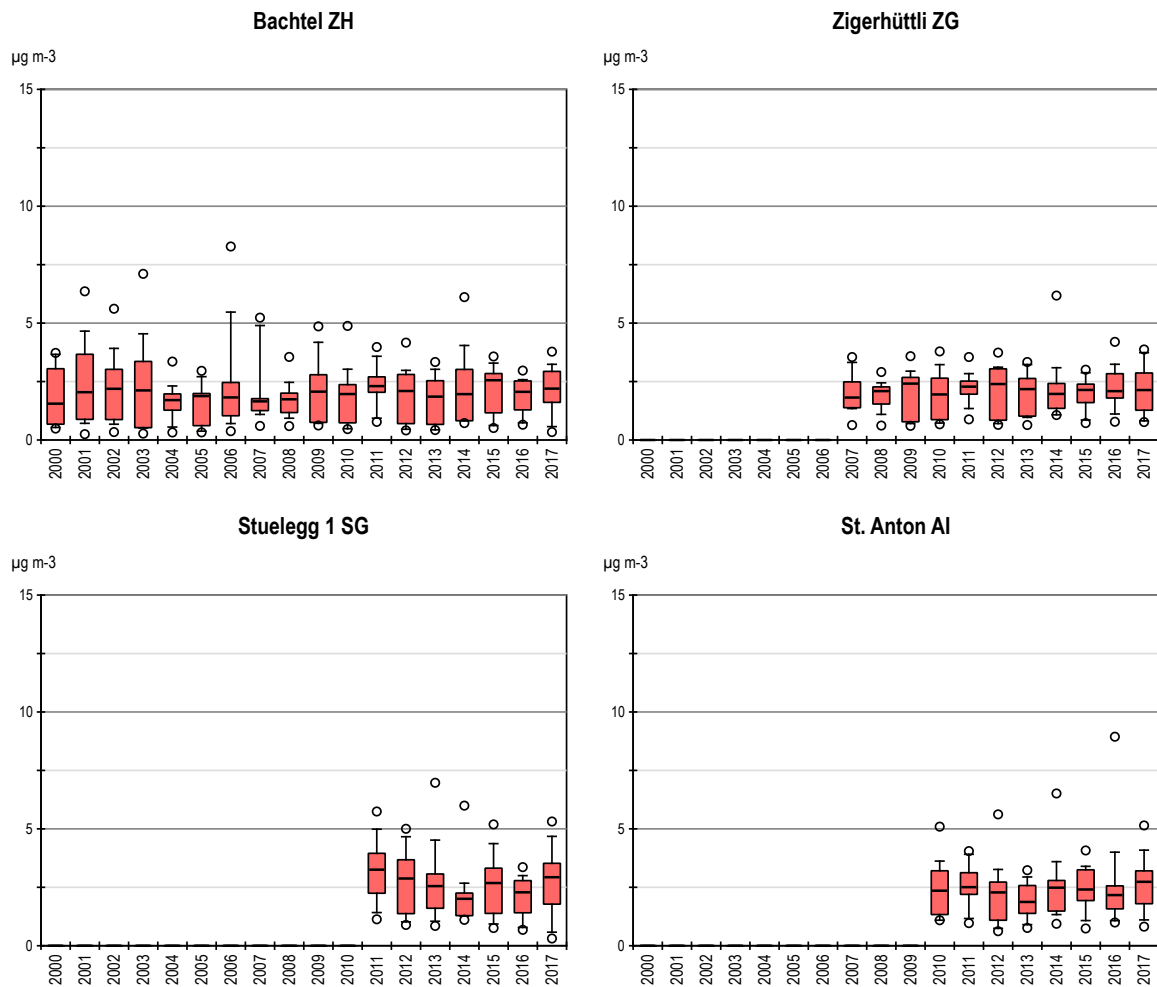


Abb. 10 Ammoniakkonzentration von BA, ZIGE, STU1 und AIO
Monatsmittelwerte von Bachtel (ZH), Zigerhüttli (ZG), Stuelegg 1 (SG) und St. Anton (AI) als
Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; **Immissionstyp:** NH_3 -Konzentration 1 - 3 $\mu\text{g m}^{-3}$

Abbildungen 11 bis 12 zeigen die 11 ländlich gelegenen Standorte unterhalb 900 m ü. M. mit niedrigen Immissionen.

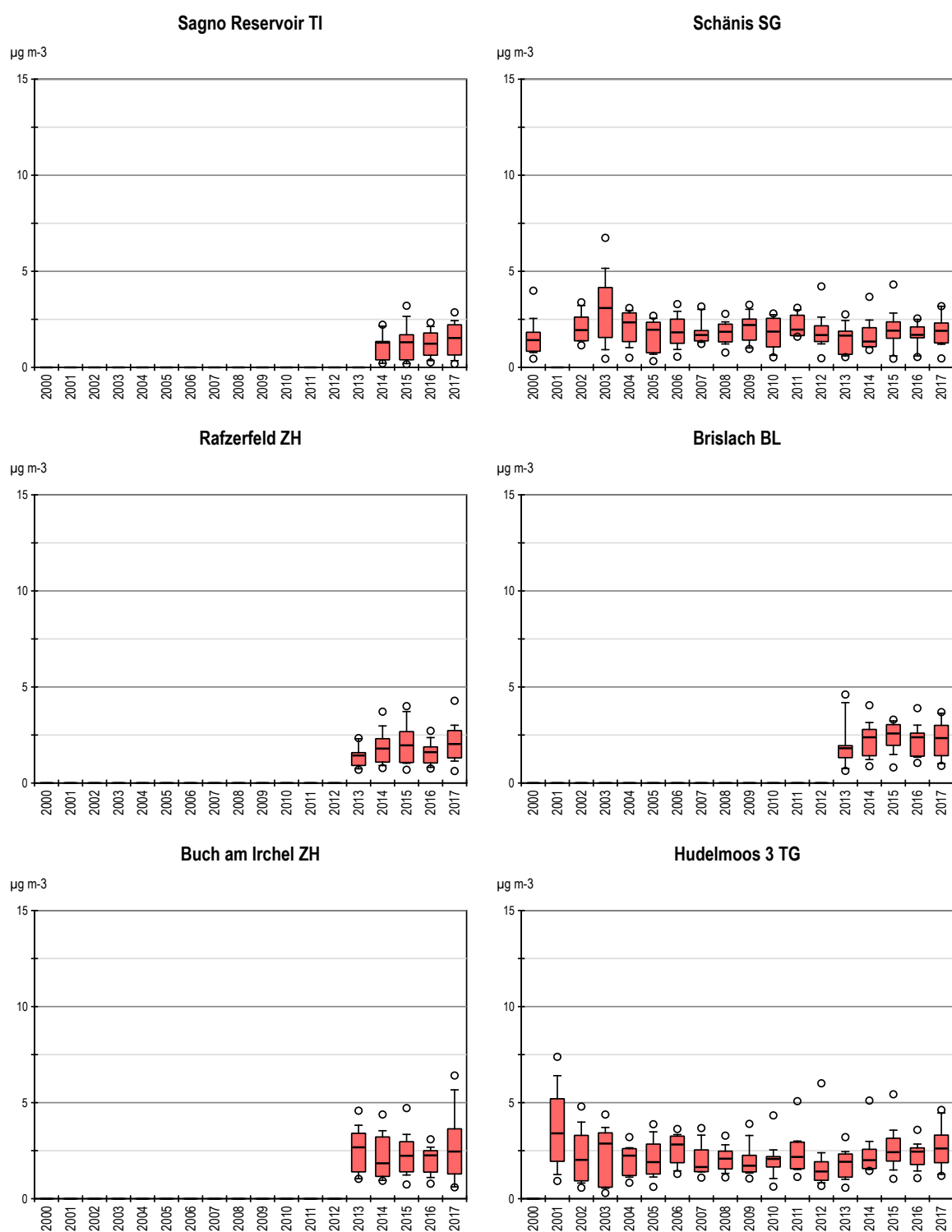


Abb. 11 Ammoniakkonzentration von SARE, SCH, RAF, BRIS, BAI und HUD 3
 Monatsmittelwerte von Sarno Reservoir (TI), Schänis (SG), Rafzerfeld (ZH), Brislach (BL), Buch am Irchel (ZH) und Hudelmoos 3 (TG) als Boxplots dargestellt.

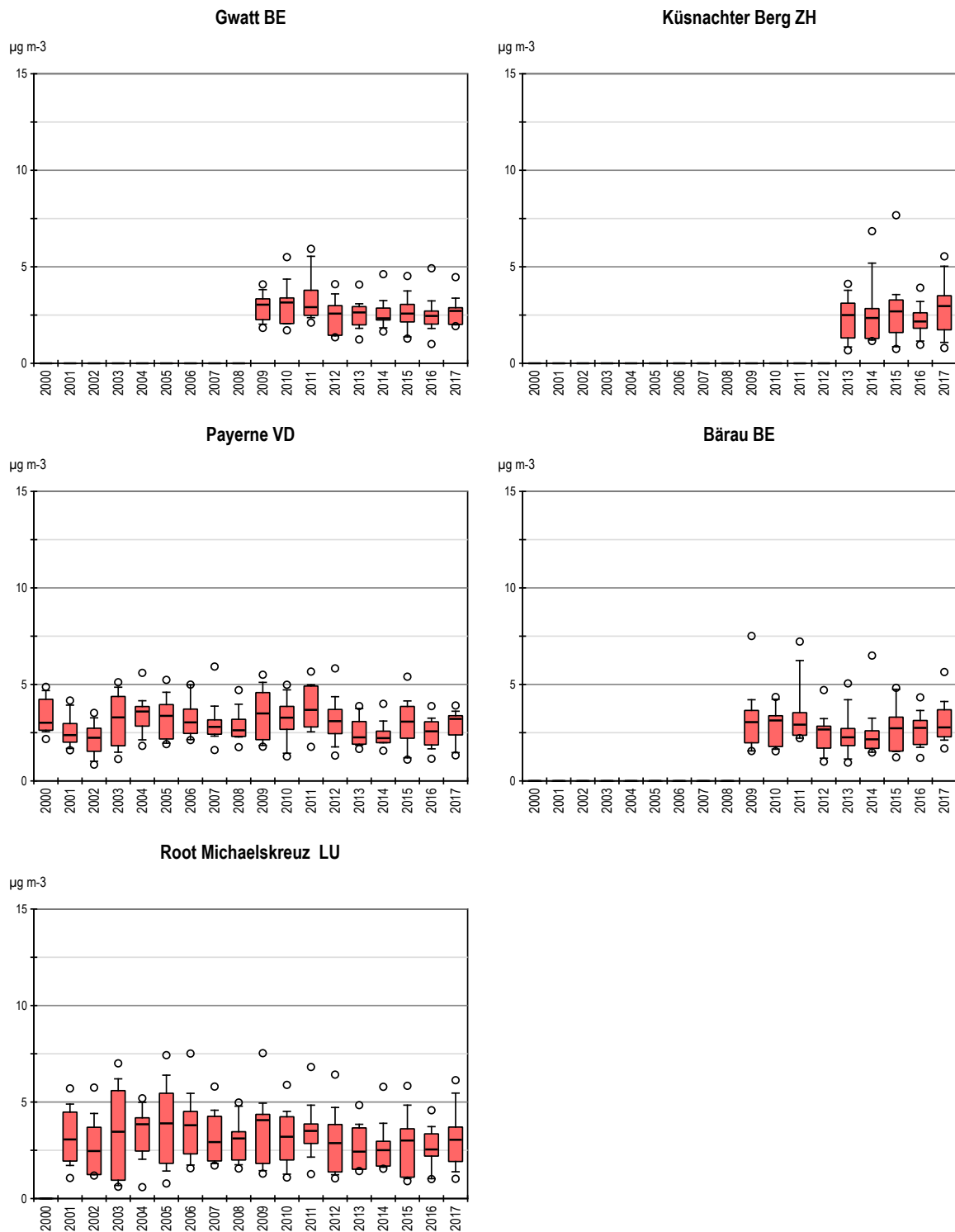


Abb. 12 Ammoniakkonzentration von VTG, KNB, PAY, IEB und RO
Monatsmittelwerte von Gwatt (BE), Küsnachter Berg (ZH), Payerne (VD), Bärau (BE) und Root Michaelskreuz (LU) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 3 - 5 $\mu\text{g m}^{-3}$

Abbildungen 13 bis 18 zeigen die 26 unter 900 m gelegenen ländlichen Standorte mit einem Jahresmittelwert im Bereich von 3 bis 5 $\mu\text{g m}^{-3}$.

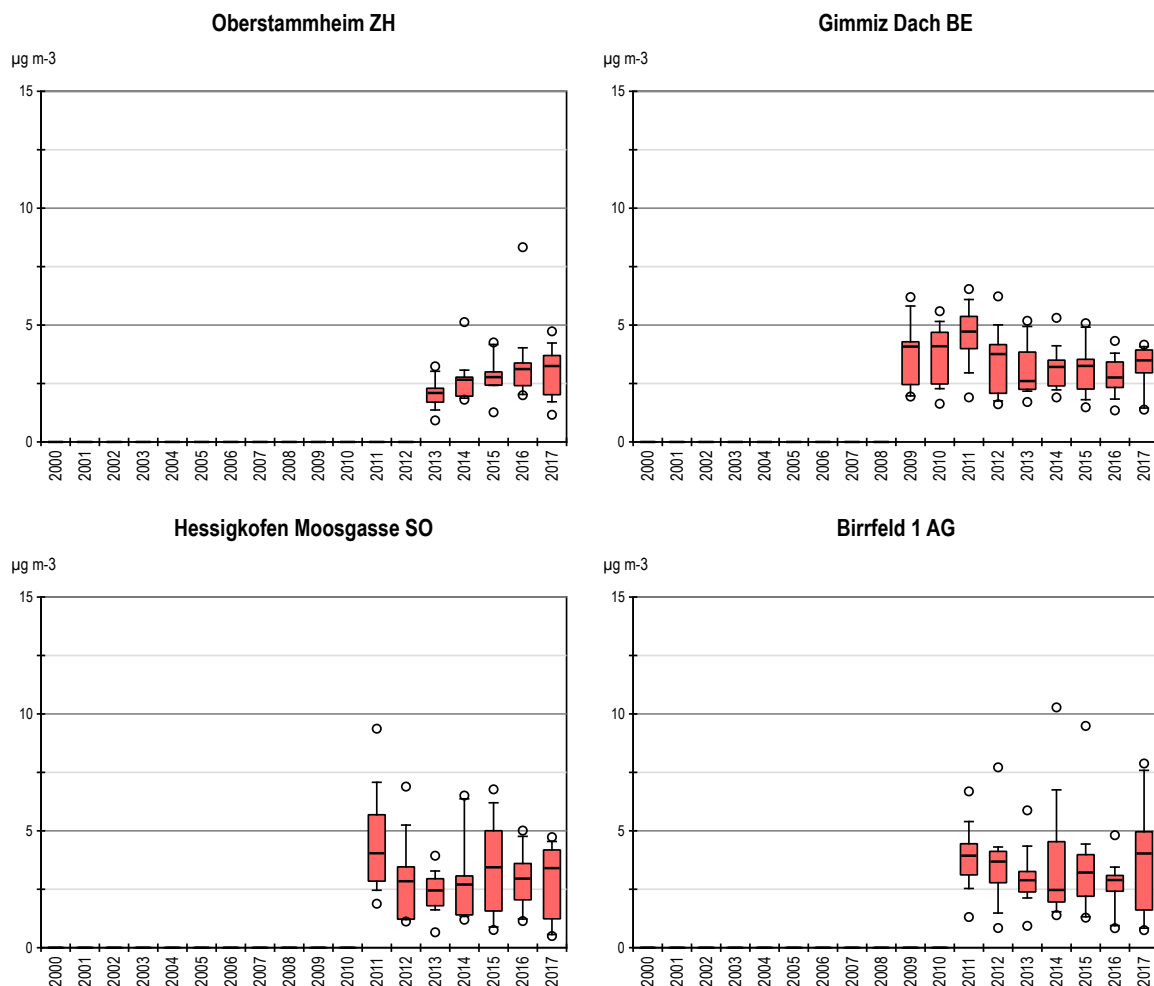


Abb. 13 Ammoniakkonzentration von OBS, WTG1, HEMO, BIR1
Monatsmittelwerte von Oberstammheim (ZH), Gimmiz Dach (BE), Hessigkofen Moosgasse (SO) und Birrfeld 1 (AG) als Boxplots dargestellt.

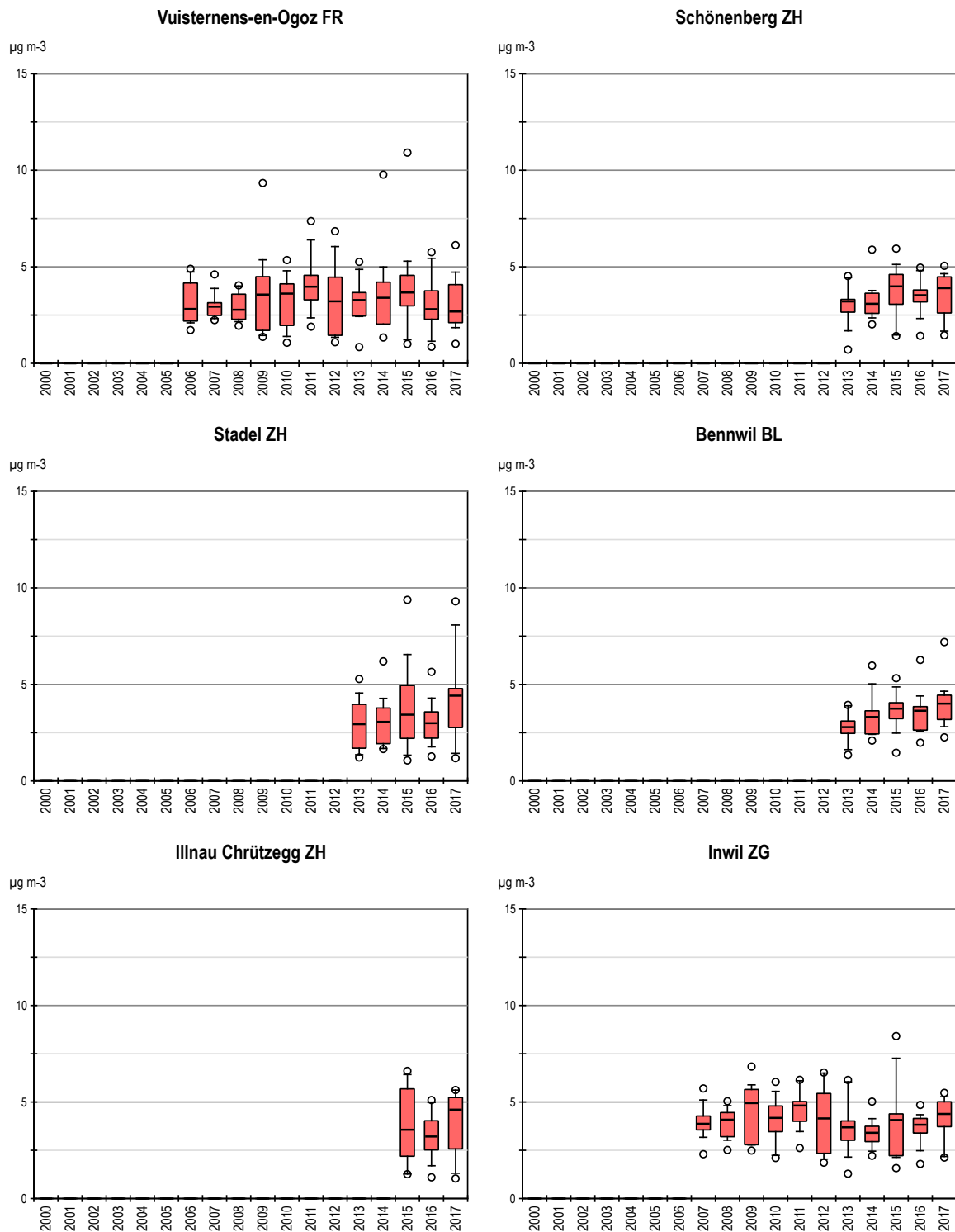


Abb. 14 Ammoniakkonzentration von VU01, SNB, STAD, BENN, ILN 01 und INWI
Monatsmittelwerte von Vuisternens-en-Ogoz (FR), Schönenberg und Stadel (ZH), Bennwil (BL), Illnau Chrützeegg (ZH) und Inwil (ZG) als Boxplots dargestellt.

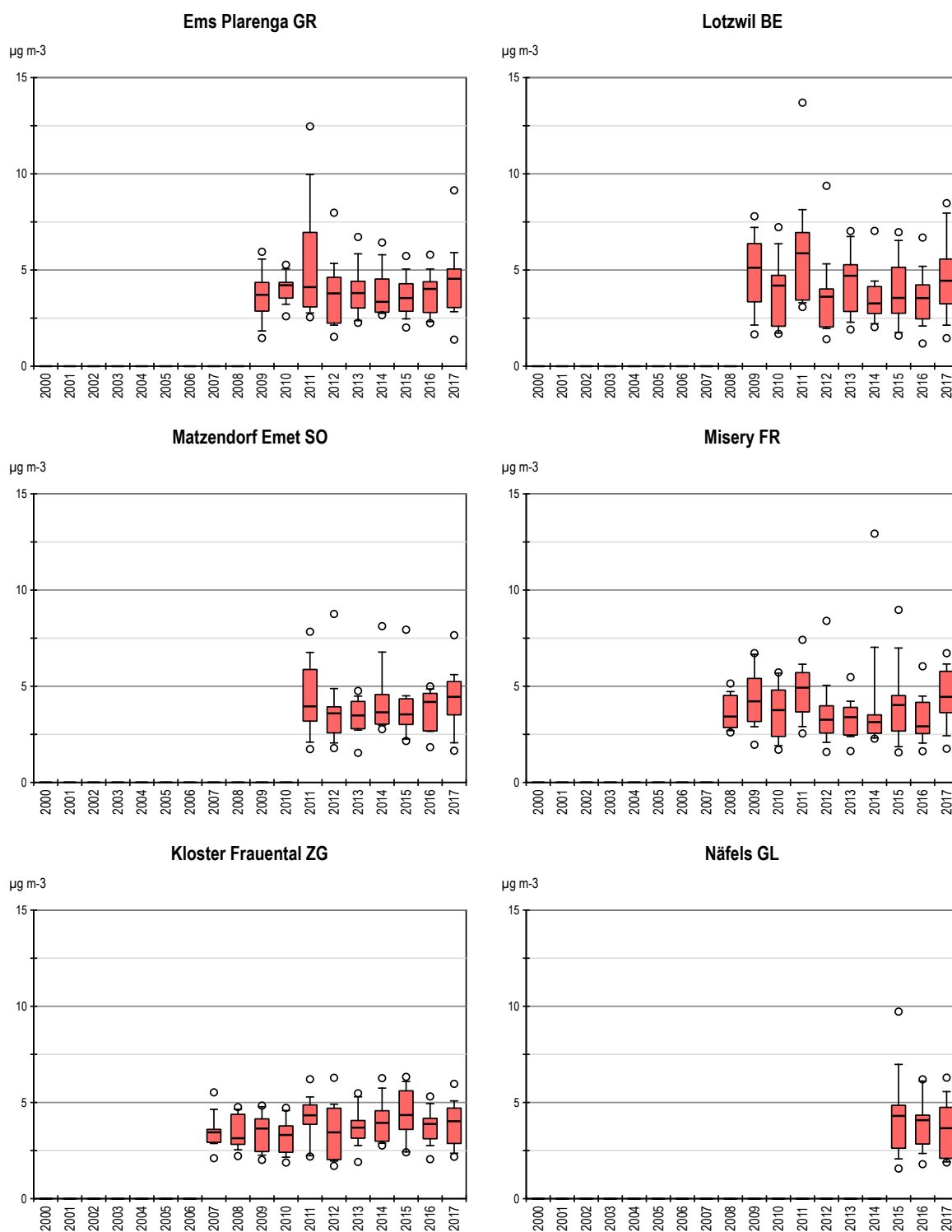


Abb. 15 Ammoniakkonzentration von N14, HBL, MAEM, MI01, FRAU und DEB
 Monatsmittelwerte von Ems Plarena (GR), Lotzwil (BE), Matzendorf Emet (SO), Misery (FR), Kloster Frauental (ZG) und Näfels (GL) als Boxplots dargestellt.

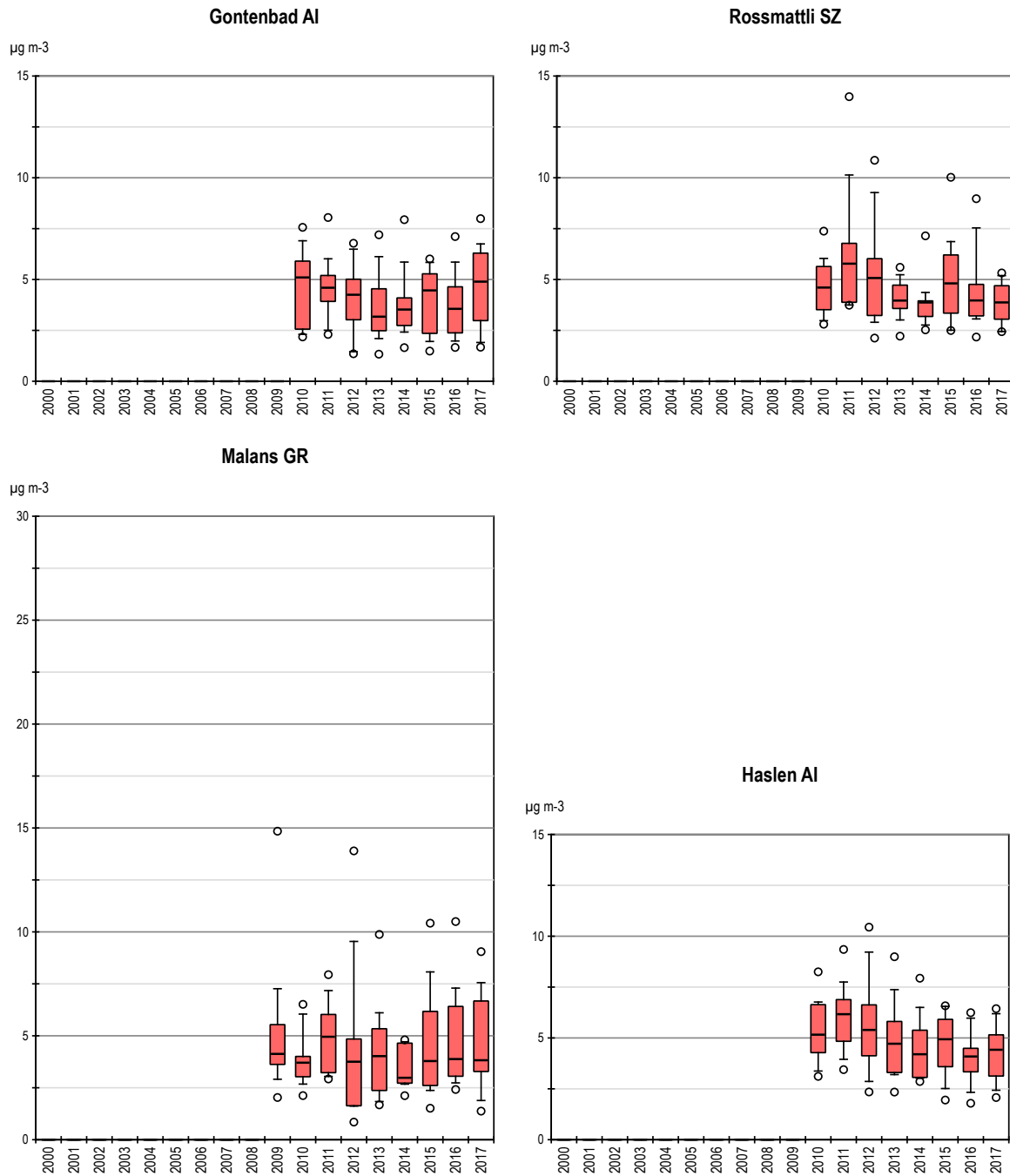


Abb. 16 Ammoniakkonzentration von AIG, SZ-03, NMS und AIHA
Monatsmittelwerte von Gontenbad (AI), Rossmattli (SZ), Malans (GR) und Haslen (AI) als Boxplots dargestellt.

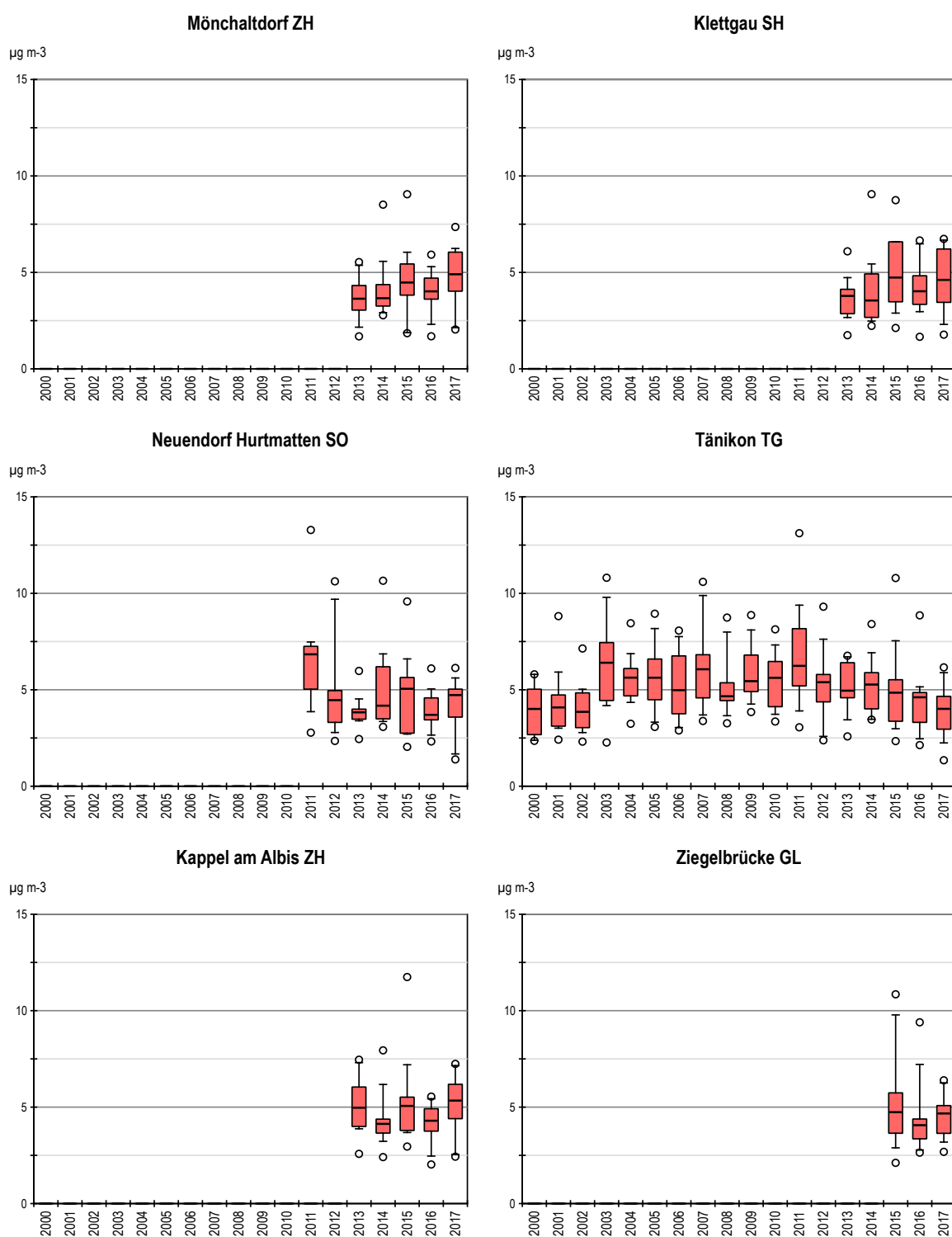


Abb. 17 Ammoniakkonzentration von MÖN, SHkl, NEHU, TAE, KAP und BSZ
 Monatsmittelwerte von Mönchaldorf (ZH), Klettgau (SH), Neuendorf Hurtmatten (SO), Tänikon (TG),
 Kappel am Albis (ZH) und Ziegelbrücke (GL) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 5 - 8 $\mu\text{g m}^{-3}$

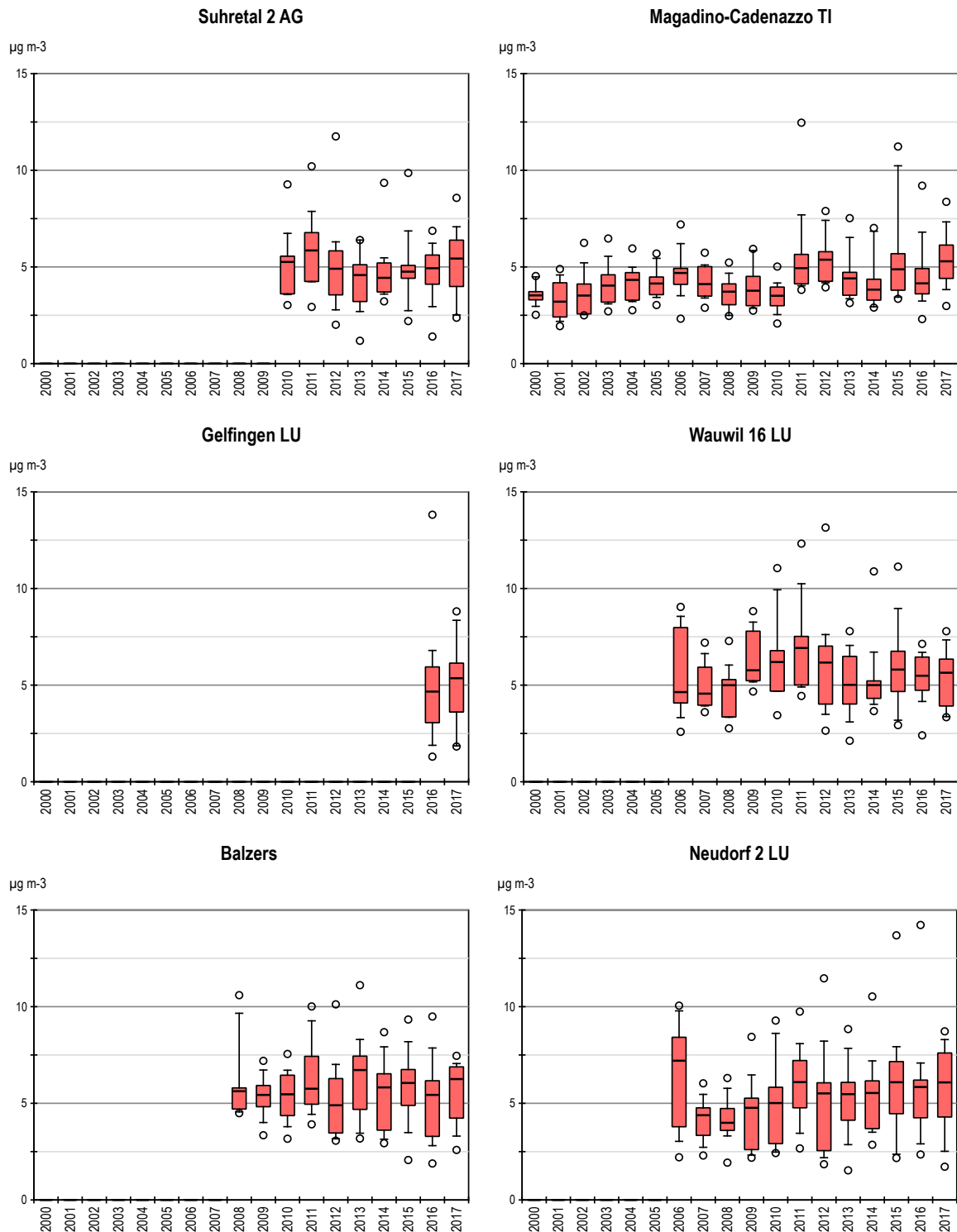


Abb. 18 Ammoniakkonzentration von SAM2, MAG NZI 01, WAU 16.4, BAV und NEU 02
Monatsmittelwerte von Suhretal 2 (AG), Magadino-Cadenazzo (TI), Zizers Neulöser 1 (GR), Wauwil 16 (LU), Balzers (FL) und Neudorf 2 (LU) als Boxplots dargestellt.

Abbildungen 18 bis 22 zeigen die 18 landwirtschaftlich geprägten Standorte mit höheren Immissionen von $5 - 8 \mu\text{g m}^{-3}$.

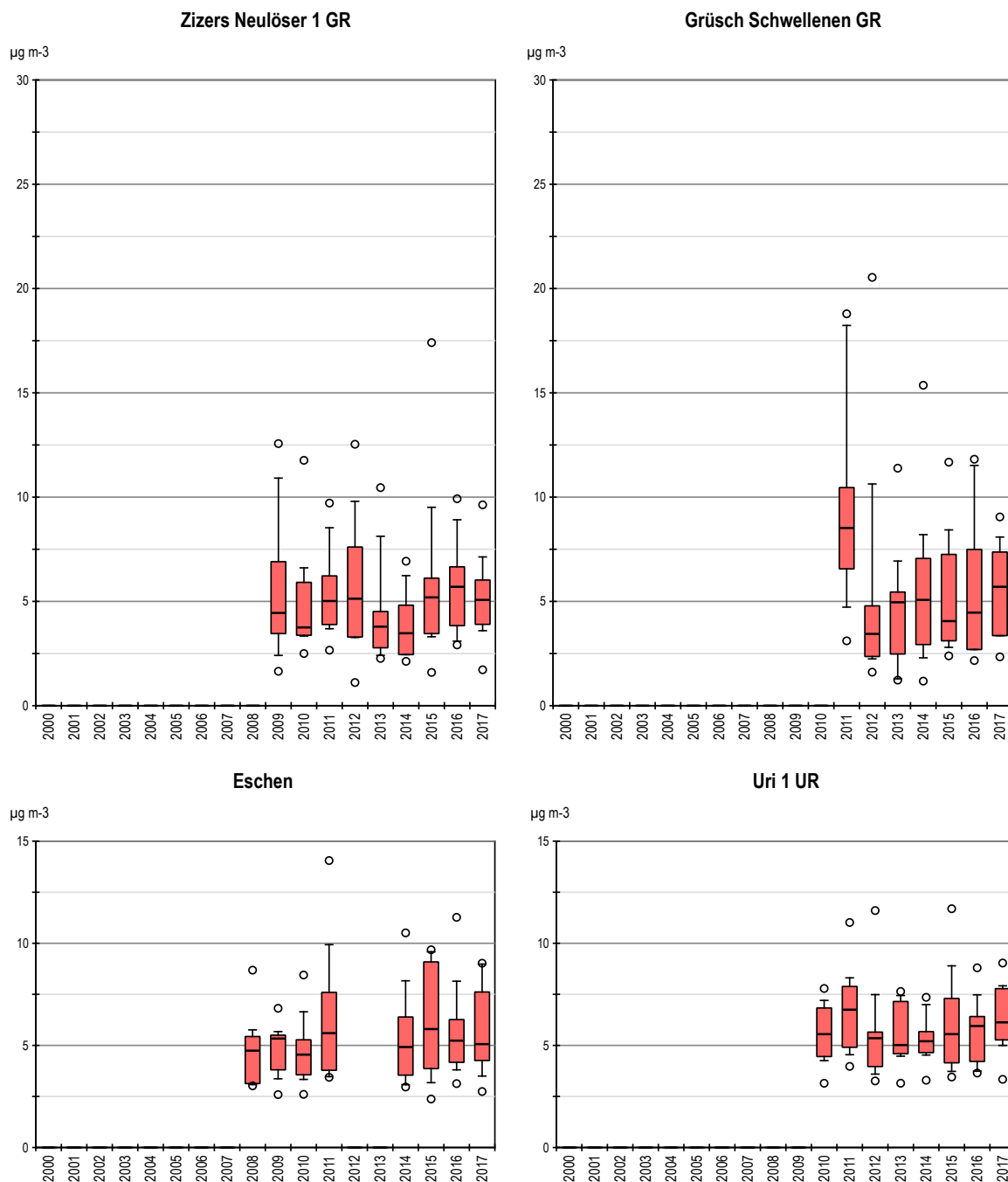


Abb. 19 Ammoniakkonzentration von NZI 01, NGS, EST und URI 01
Monatsmittelwerte von Zizers Neulöser 1, Grüşch Schwellenen (GR), Eschen (FL) und Uri 1 (UR) als Boxplots dargestellt.

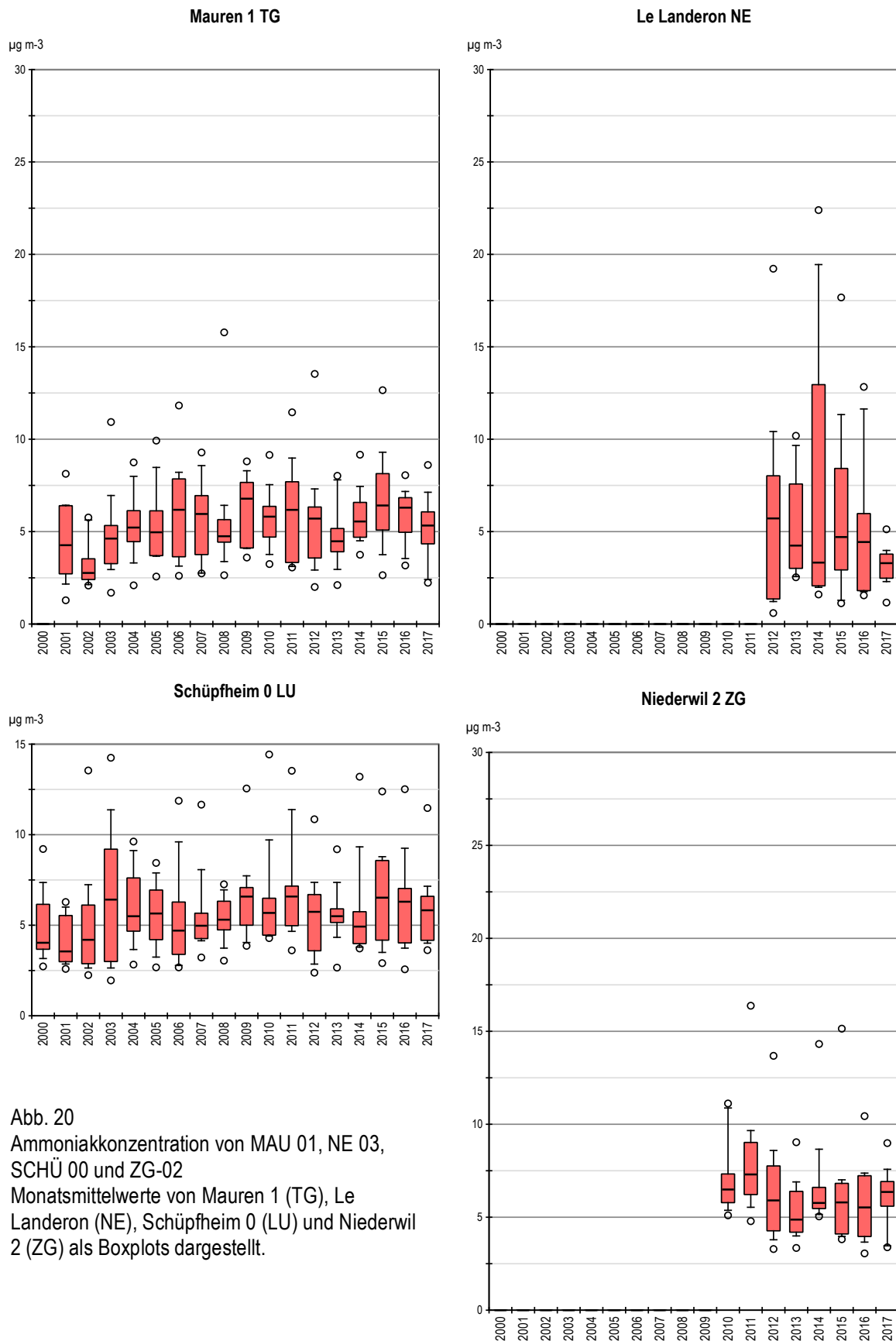


Abb. 20
Ammoniakkonzentration von MAU 01, NE 03,
SCHÜ 00 und ZG-02
Monatsmittelwerte von Mauren 1 (TG), Le
Landeron (NE), Schüpfheim 0 (LU) und Niederwil
2 (ZG) als Boxplots dargestellt.

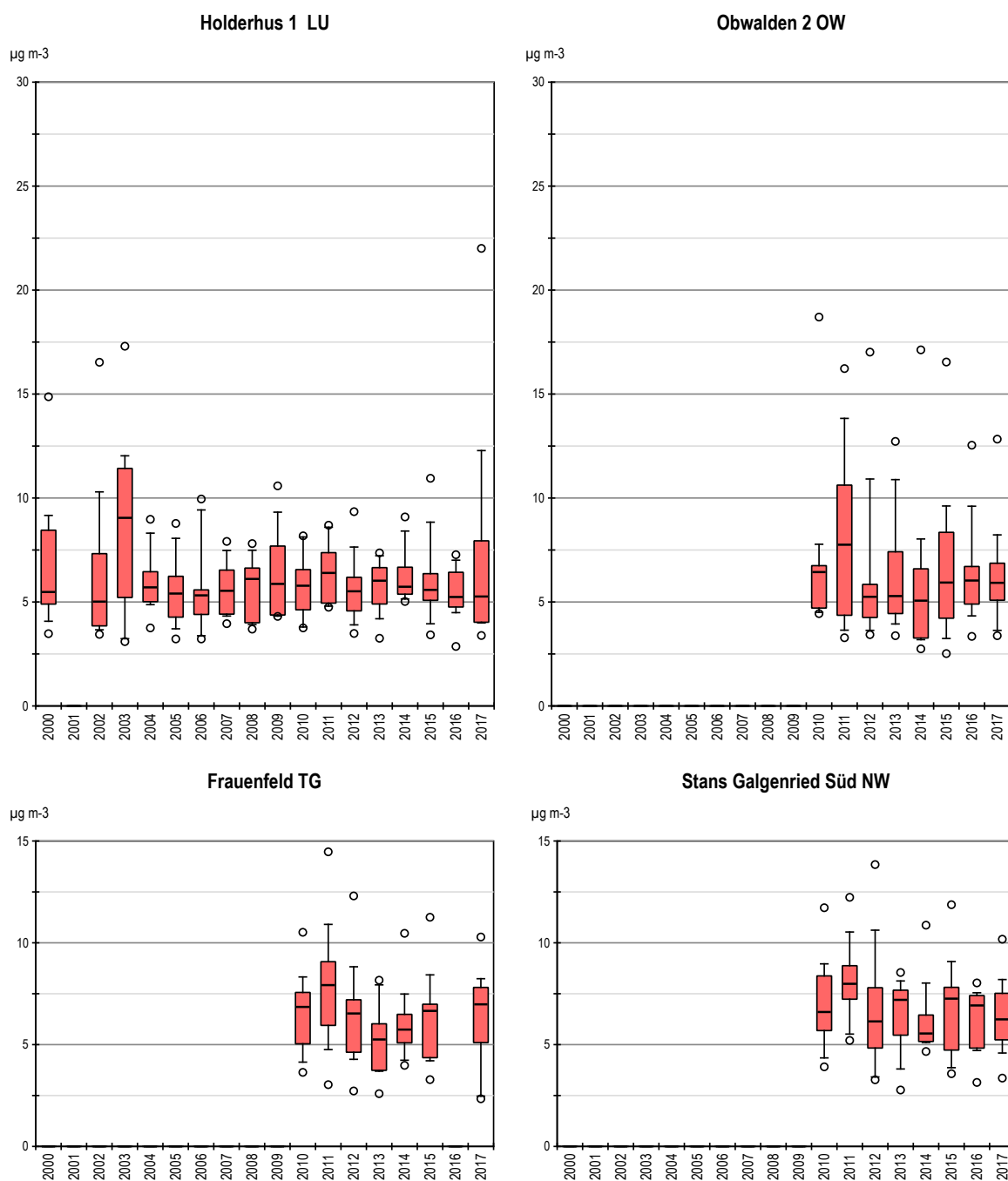


Abb. 21 Ammoniakkonzentration von HOL 01, FRFE, OW-02 und NW-02
 Monatsmittelwerte von Holderhus 1 (LU), Frauenfeld (TG), Obwalden 2 (OW) und Stans Galgenried
 Süd (NW) als Boxplots dargestellt.

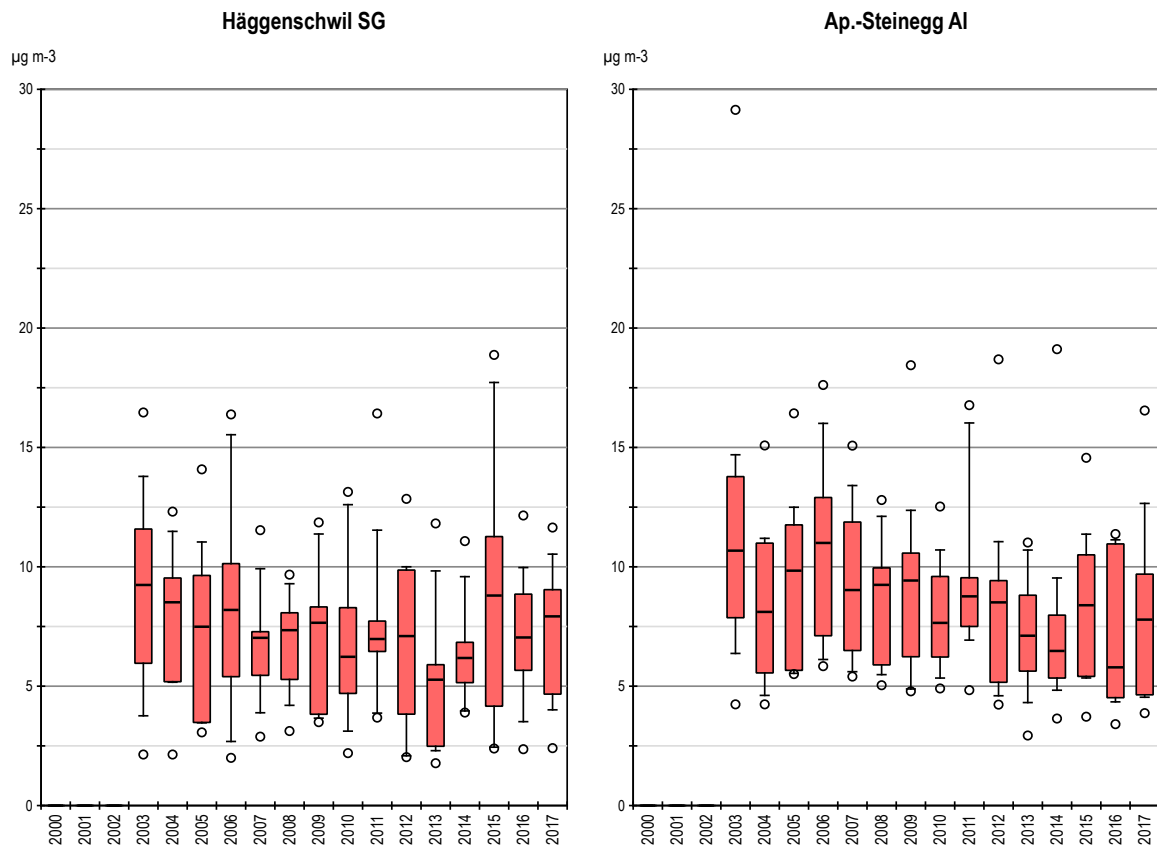


Abb. 22 Ammoniakkonzentration von HÄG und APS
Monatsmittelwerte von Häggenschwil (SG) und Ap.-Steinegg (AI) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration $> 8 \mu\text{g m}^{-3}$

Abbildungen 23 und 24 zeigt die vier ländlich gelegenen stark landwirtschaftlich beeinflussten Standorte unterhalb 900 m ü. M. mit hohen Immissionen – Jahresmittel höher als $8 \mu\text{g m}^{-3}$.

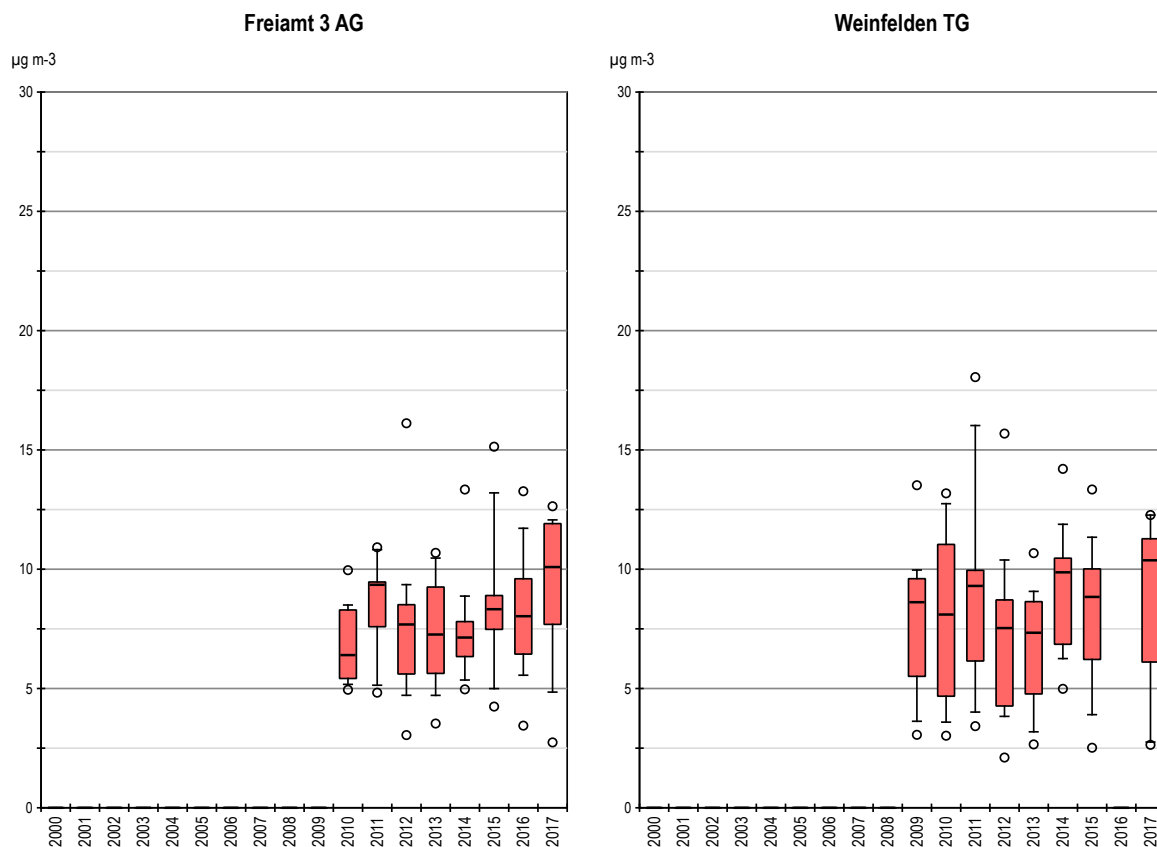


Abb. 23 Ammoniakkonzentration von SIN3 und WEIN
Monatsmittelwerte von Freiamt 3 (AG) und Weinfeld (TG) als Boxplots dargestellt.
Eschenbach 8 (LU), Wauwil 13 (LU).

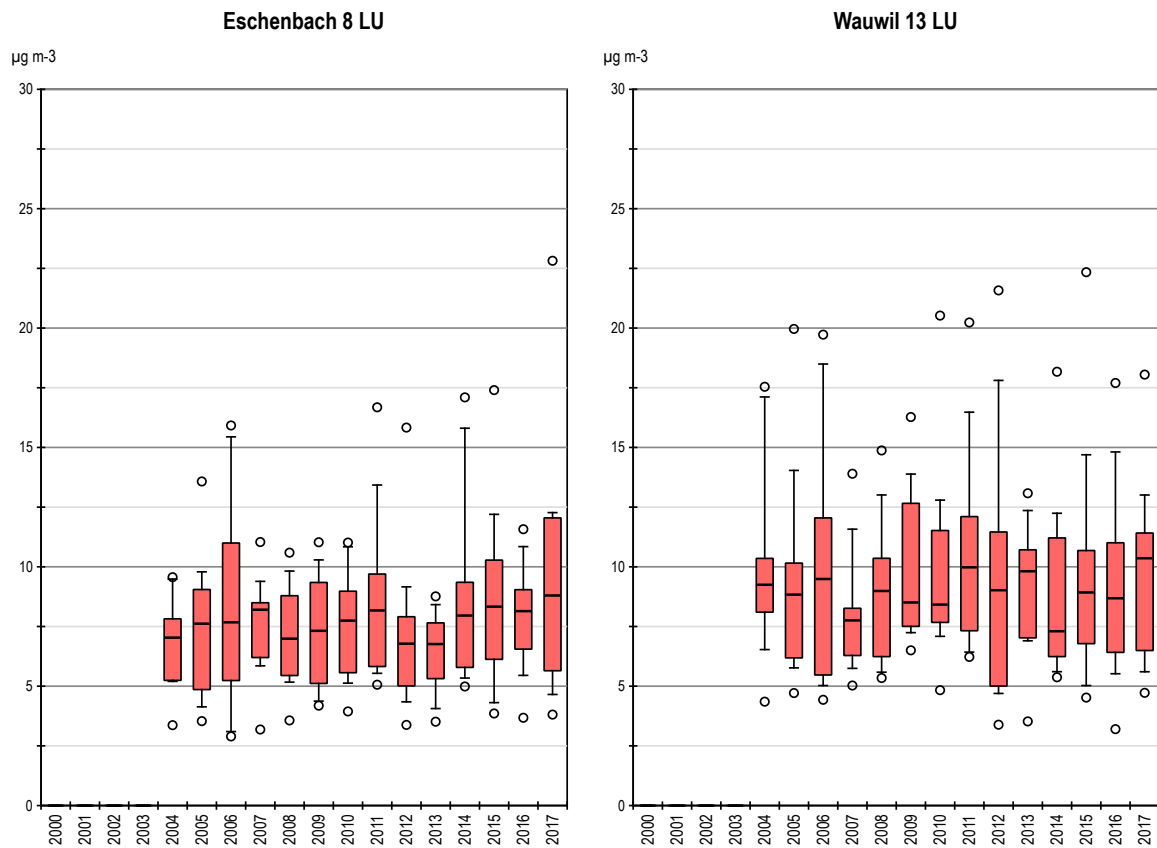


Abb. 24 Ammoniakkonzentration von ESC 08 und WAU 13
Monatsmittelwerte von Eschenbach 8 und Wauwil 13 (LU) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 3 - 5 $\mu\text{g m}^{-3}$

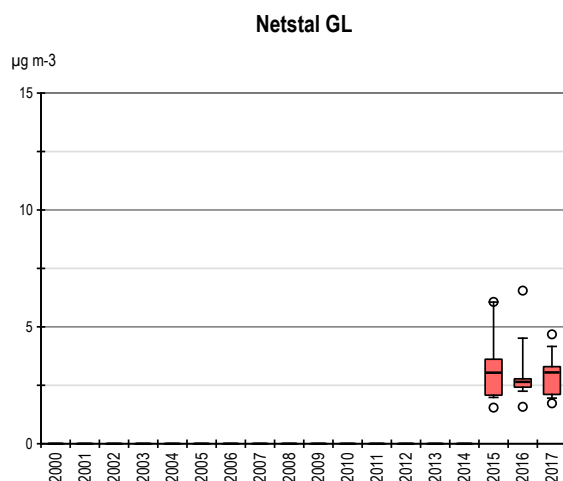


Abbildung 25 zeigt die Werte des Standorts Netstal, die direkt an einer stark befahrenen Strassenkreuzung in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

Abb. 25 Ammoniakkonzentration von WIG
Monatsmittelwerte von Netstal (GL) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, verkehrsbelastet; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 5 - 8 $\mu\text{g m}^{-3}$

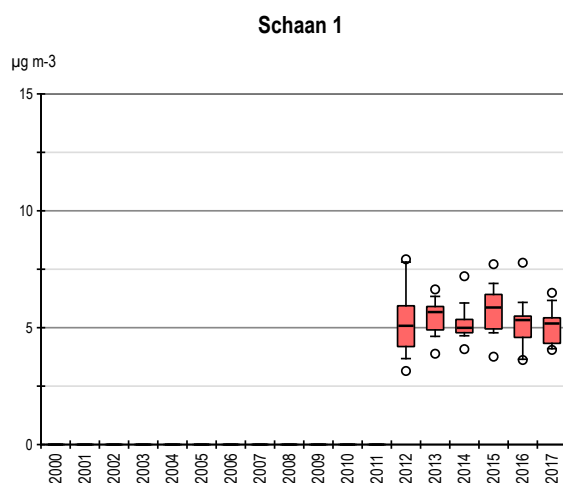
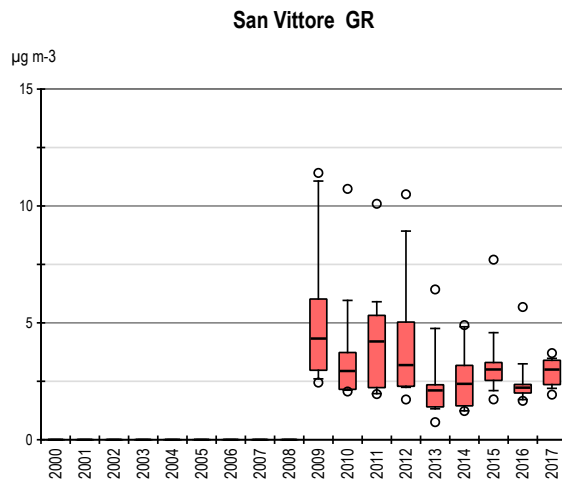


Abbildung 26 zeigt die Werte des Standorts Schaan 1, die direkt an einer stark befahrenen Strassenkreuzung in der Siedlung liegt, aber auch von Landwirtschaft beeinflusst ist.

Abb. 26 Ammoniakkonzentration von SLI 01
Monatsmittelwerte von Schaan (FL) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 1 - 3 $\mu\text{g m}^{-3}$



Der Standort San Vittore liegt in Landwirtschaftsgebiet, in der Nähe der Autobahn (Abb. 27). In den ersten 4 Messjahren lagen die Konzentrationen meist höher als in den Jahren 2013 bis 2016.

Abb. 27 Ammoniakkonzentration von NV4
Monatsmittelwerte von San Vittore (TI) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Ländlich, an Autobahn; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 3 - 5 $\mu\text{g m}^{-3}$

Die Standorte Sion-Aeroport und Härkingen sind sowohl an der Autobahn gelegen, wie auch von landwirtschaftlicher Fläche umgeben (Abb. 28).

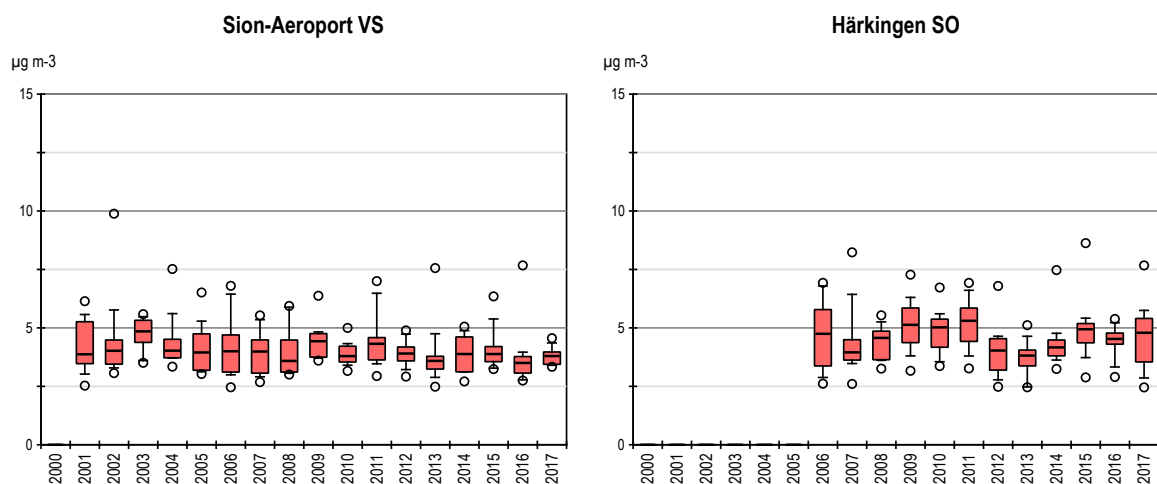


Abb. 28 Ammoniakkonzentration von SIO und HAE
Monatsmittelwerte von Sion Aeroport (VS) und Härkingen (SO) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Vorstädtisch; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 1 - 3 $\mu\text{g m}^{-3}$

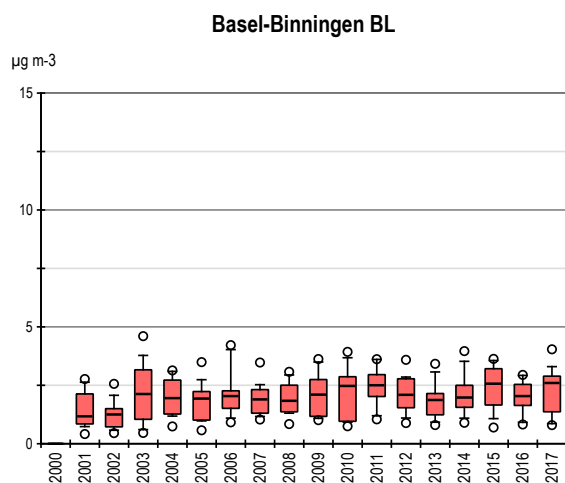
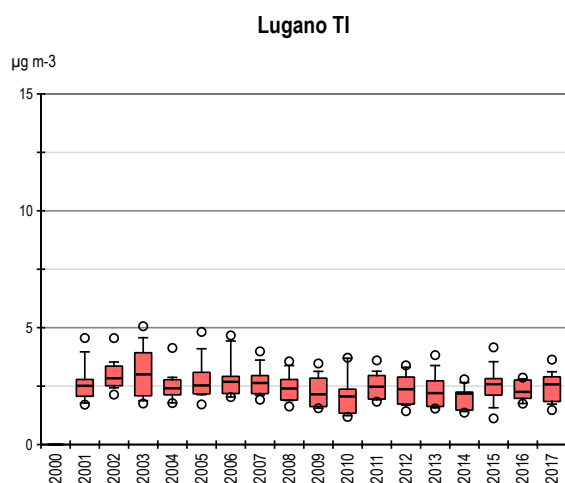


Abbildung 29 zeigt den Standort Basel-Binningen, der siedlungsnah aber nicht verkehrsexponiert liegt.

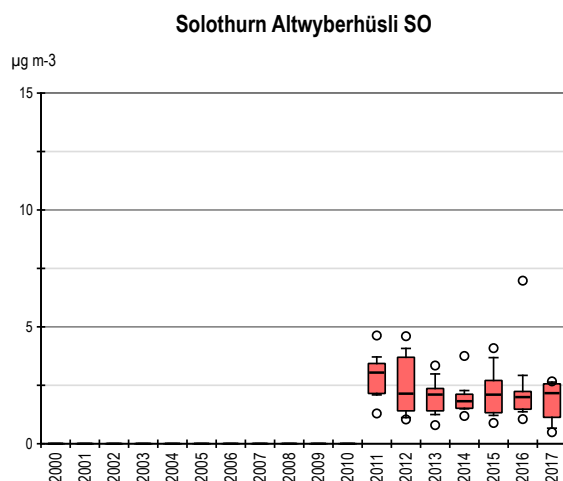
Abb. 29 Ammoniakkonzentration von BAS
Monatsmittelwerte von Basel-Binningen (BL) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Städtisch; Immissionstyp: NH_3 -Konzentration 1 - 3 $\mu\text{g m}^{-3}$



Der Standort Lugano (Abb. 30) ist durch Gebäude von den umliegenden Strassen abgeschirmt.

Abb. 30 Ammoniakkonzentration von LUG
Monatsmittelwerte von Lugano (TI) als Boxplots dargestellt.

Belastungstyp: Städtisch, verkehrsbelastet; Immissionstyp: NH₃-Konzentration 3 - 5 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. 31).

Abb. 31 Ammoniakkonzentration von SOAL
Monatsmittelwerte von Solothurn Altwyberhüsli (SO) als Boxplots dargestellt.

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

Der Standort Rapperswil in kleinstädtischer Umgebung sowie die städtische Station Schimmelstrasse liegen an stark befahrenen Durchgangsstrassen. Der Rückgang der Konzentrationen an der Schimmelstrasse von 2008 bis 2010 kann auf die starke Verminderung des Verkehrs auf der Westtangente (total: -35%, Schwerverkehr: -85%) nach der Eröffnung der Westumfahrung vom Mai 2009 zurückgeführt werden (Abb. 32). 2011 wurden zwischenzeitlich wieder höhere Werte gemessen, was auf die heisse Witterung zurückgeführt werden kann.

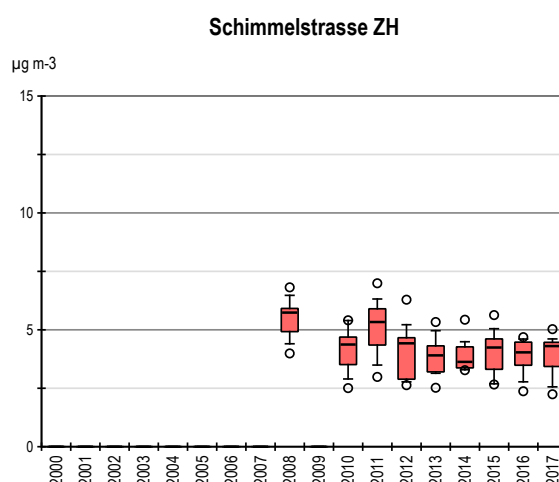
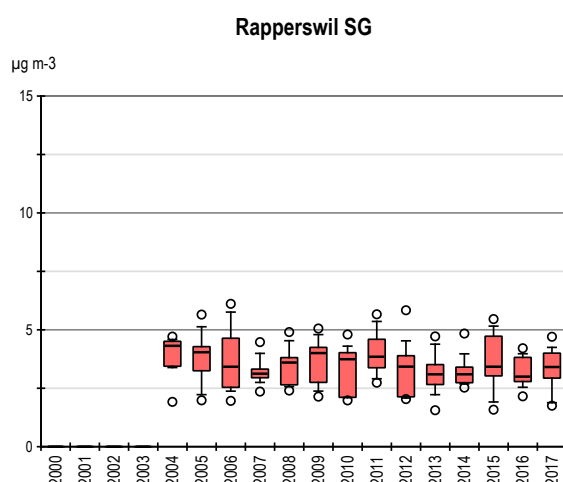


Abb. 32 Ammoniakkonzentration von RAP und WIE
Monatsmittelwerte von Rapperswil (SG) und Schimmelstrasse (ZH) als Boxplots dargestellt.

4.6 Jahresverläufe der Konzentrationen

Die folgenden Graphiken zeigen Jahresverläufe der Ammoniak Konzentrationen an charakteristischen Standorten. Um die gemittelten Jahresverläufe darzustellen, wurden die Mediane der Monatsmittelwerte der letzten 14 Jahren berechnet.

Ackerbau und Tierproduktion

In ländlichen Gebieten sind Jahresgänge mit tiefen Winterwerten und höheren Sommerwerten zu beobachten. In Ackerbaugebieten, wie z.B. Payerne (PAY), sind die Schwankungen geringer, und die Werte insgesamt tiefer als in Gebieten mit intensiver Tierproduktion, wie z.B. Wauwil 13 (WAU 13) und Appenzell-Steinegg (APS). Auffallend sind die Spitzenwerte im März und November sowie etwas weniger im Sommer, welche mit Gülleausbringung erklärt werden können (Abb. 33).

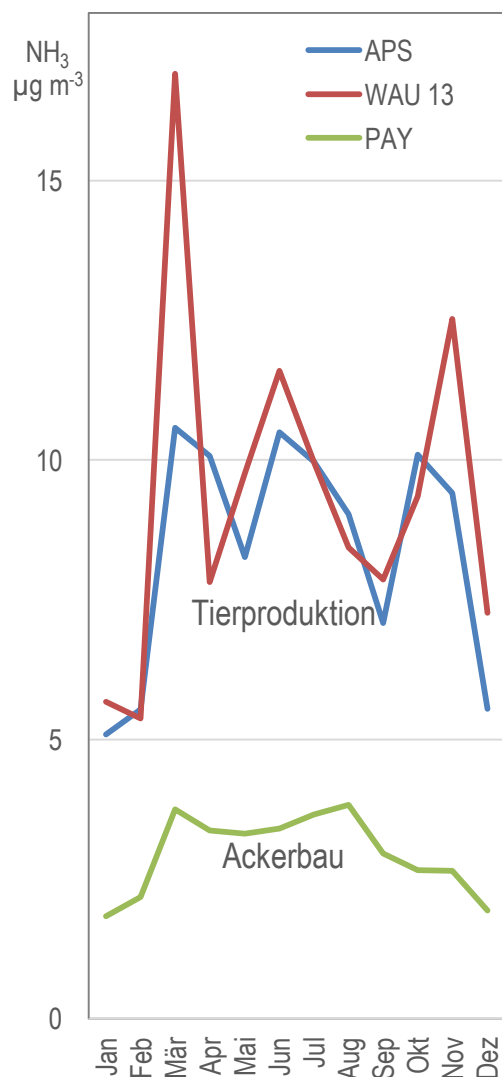


Abb. 33

Jahresverläufe der NH_3 -Konzentration an landwirtschaftlich bewirtschafteten Standorten

Mediane der Monatsmittel 2004-2017

Ackerbau: Beispiel Payerne (PAY), typischer Jahresgang mit wenig hohen Spitzenwerten

Tierproduktion: Beispiel Wauwil 13 (WAU 13) und Appenzell-Steinegg (APS), typischer Jahresgang überlagert mit Konzentrationsspitzen bei landwirtschaftlicher Tätigkeit wie Gülleausbringung

Naturschutzgebiete

Der Ammoniakbeitrag in Naturschutzgebiete ist stark beeinflusst von der direkten Umgebung. Am höher gelegenen 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. 34).

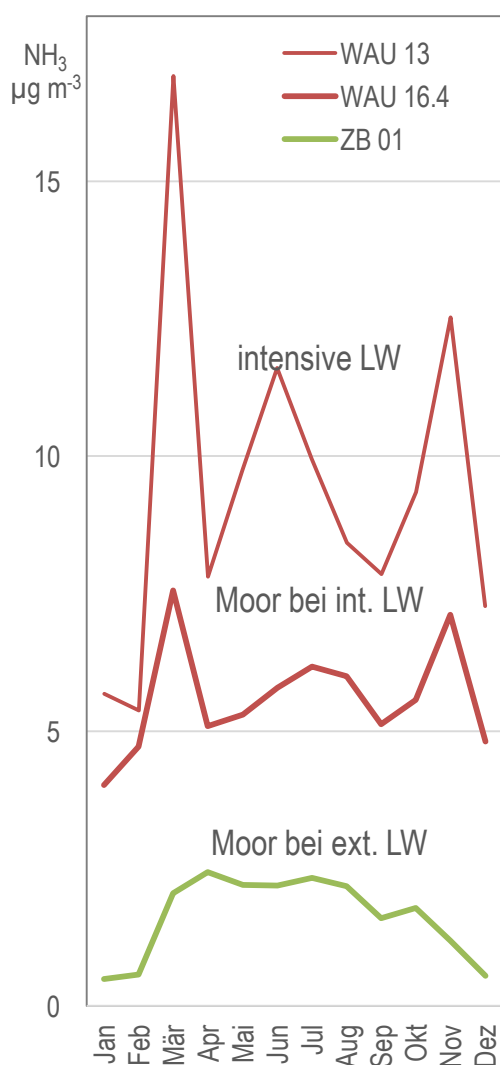


Abb. 34 Jahresgänge der NH_3 -Konzentration bei Mooren
Mediane der Monatsmittel 2004-2017 (ZB 01, WAU 13),
2006-2017 (WAU 16.4).

ZB 1 bei extensiver Landwirtschaft, WAU 16.4 bei intensiver LW. Zum Vergleich WAU 13 inmitten intensiver Landwirtschaft in der Nähe des Moores.
(LW = Landwirtschaft)

Städtische Gebiete

Städtische und verkehrsreiche Standorte zeigen vergleichbare NH_3 -Konzentrationen und saisonale Variationen (Abb. 35) wie die Ackerbauregionen (Abb. 33). Massgebliche Ammoniakemittenten in Städten sind Fahrzeuge, Kanalisation und Kehrrikt. Auch die landwirtschaftliche Tätigkeit in der Umgebung der Stadt bildet sich im jährlichen Verlauf ab (RAP).

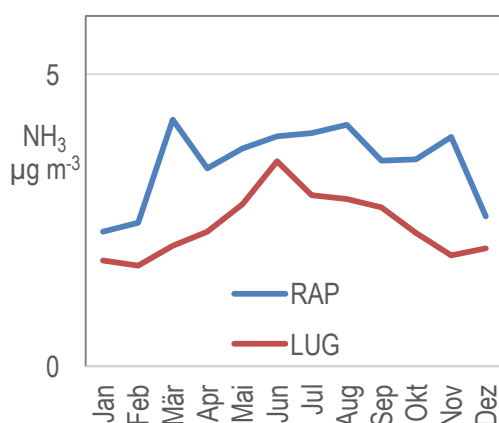


Abb. 35 Jahresverläufe der NH_3 -Konzentration an städtischen Standorten

Mediane der Monatsmittel 2004-2017

Rapperswil: Messung auf ca. 12 m oberhalb Strassenkreuzung (DTV = 24'000)

Lugano: Messung ca. 50 m entfernt von Strassen (Innenhofsituation)

„Untypische“ Verläufe

Die Werte an den Stationen Sion Aeroport (SIO) und Magadino (MAG) und – noch ausgeprägter – San Vittore (NV4) laufen dem allgemeinen Jahreszeitmuster entgegen: Im Winter wurden regelmässig höhere Werte gemessen als im Sommer (Abb. 36). Bei San Vittore ist eine mögliche Erklärung, dass sich im unteren Misoix in der kalten Jahreszeit regelmässig ein Kaltluftsee ausbildet. Zwischen Mitte Dezember und Ende Januar kommt keine Sonne zur Messstelle. Bekannt ist die Messstelle auch wegen hoher PM_{10} -Belastung im Winter.

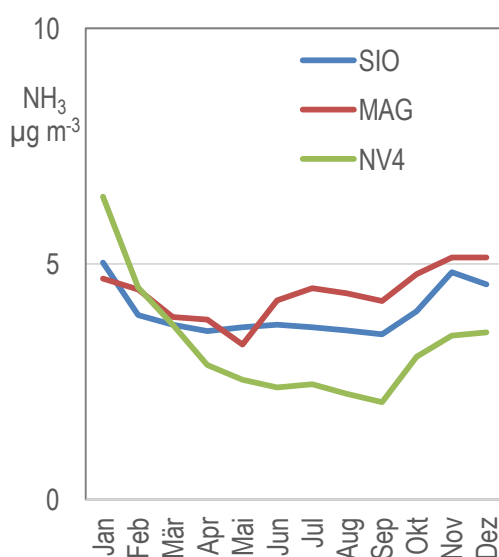


Abb. 36

Jahresgänge der NH_3 -Konzentration an Standorten mit „untypischem“ Verlauf

Mediane der Monatsmittel 2004-2017 (SIO, MAG), 2009-2017 (NV4)

Atypischer Jahresgang mit leicht höheren Werten im Winter als im Sommer in Sion und Magadino, und stark höheren Januarwerten in San Vittore

4.7 Beispiele Regionaler Messnetze

Die Standorte der regionalen Messnetze in Kapitel 7.4, Tabelle 13 beschrieben.

4.7.1 Kanton Aargau

Die drei Standorte im Freiamt bei Sins sind im landwirtschaftlichen Gebiet gelegen. SIN1 weist über die acht Jahre Messdauer einen gleichbleibenden Verlauf. Die Jahreskonzentrationen von SIN2, etwas entfernter gelegen, war am Anfang ähnlich hoch wie SIN3, nahm dann aber deutlich ab, während SIN3 zunehmende Tendenz aufweist. Unmittelbar neben dem Standort SIN2 wurde 2010 und 2011 ab und zu Mist gelagert, dies wurde nach 2011 nicht mehr beobachtet (Abb. 37).

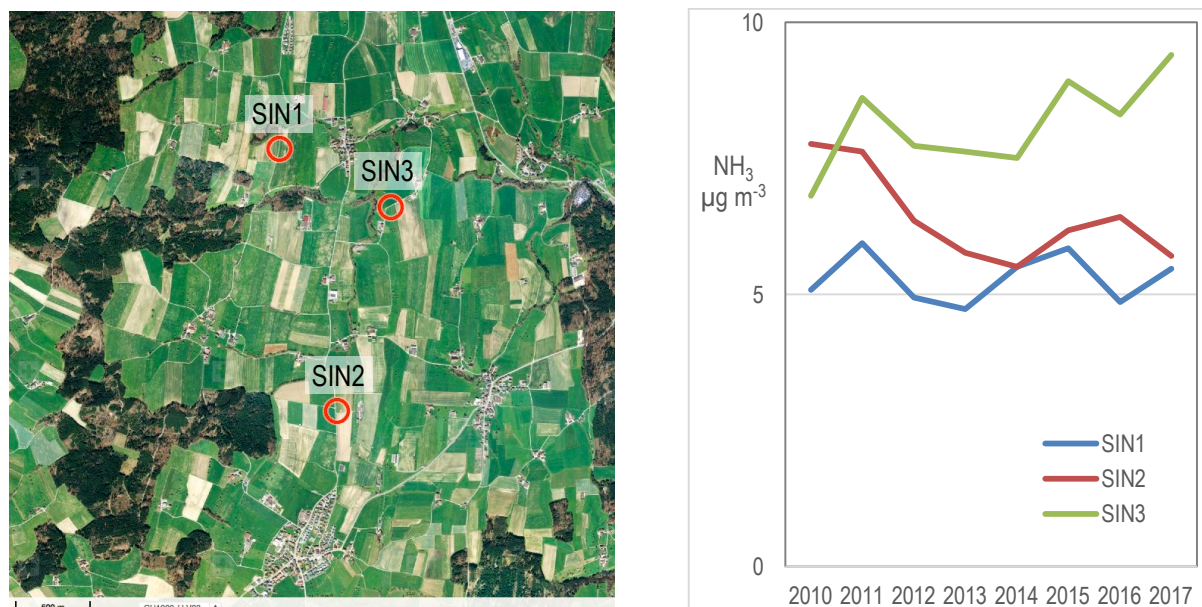


Abb. 37 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte im Freiamt (AG)
Verlauf der Jahresmittelwerte
Alle 3 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld und Ackerwirtschaft.
Birrfeld. Luftbild: geodata © swisstopo

4.7.2 Kanton Bern

Der Standort WTG1 befindet sich auf 30 m Höhe ob 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. 38 links), 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.

Die Jahresmittelwerte der vier Standorte verhalten sich parallel. Der Unterschied zwischen den niedrigsten Werten der Station auf dem Wasserturm (WTG1) und den höchsten Werten des in der Nähe des erwähnten Landwirtschaftsbetriebs gelegenen, nördlichen Standorts (WTGN) beträgt ca. $2.5 \mu\text{g m}^{-3}$ (Abb. 38 rechts). Seit 2011 sind die Werte tendenziell ge-

sunken. 2010 startete ein Projekt zur Reduktion der Nitratbelastungen aus der Landwirtschaft, das sich inzwischen positiv auf die Nitratwerte im Trinkwasser auswirkt hat und unterdessen um 6 weitere Jahre verlängert wurde. Im Rahmen dieses Projekt wurde im Zustömbereich des Wasserturms auf einer Fläche von ca. 160 ha die Bewirtschaftung mehrheitlich extensiviert (bodenschonende Anbausysteme, Ackerland zu Wiesland u.a.). Zusätzlich sind im Zusammenhang mit dem kantonalen Ressourcenprogramm, das von 2009 bis 2015 dauerte, verschiedene ammoniakreduzierende Massnahmen umgesetzt worden. Unter anderem wird nun ein grosser Teil der Gülle mit Schleppschlauchverteiler ausgebracht.

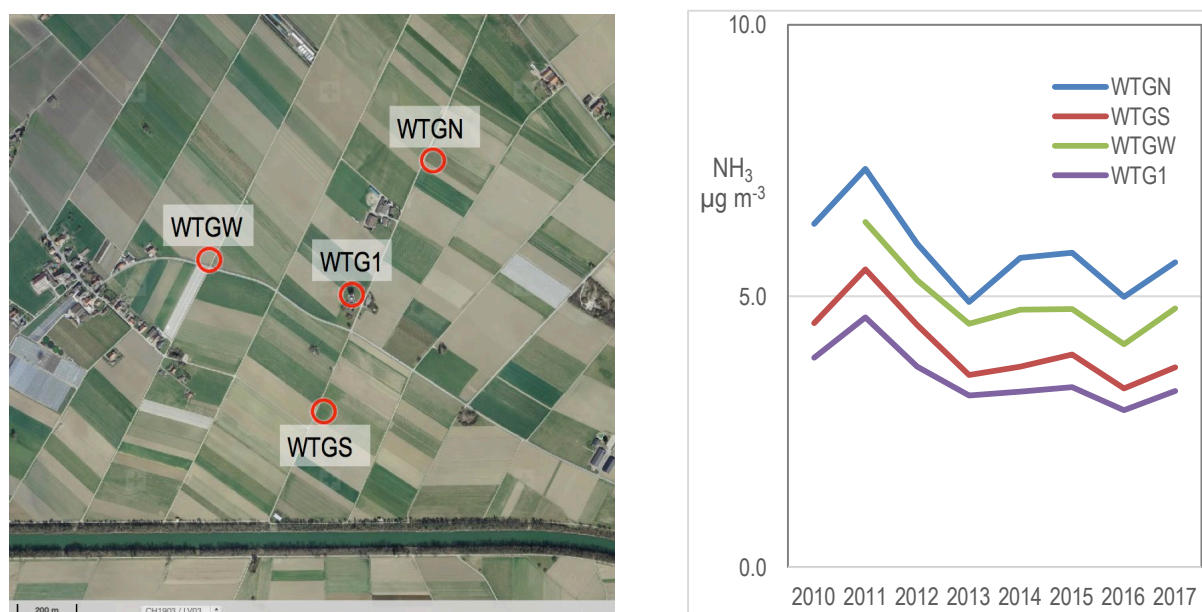


Abb. 38 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Gimmiz (BE)
Verlauf der Jahresmittelwerte
Der Standort WTG 1 befindet sich auf dem Wasserturm in 30 m Höhe, bei den anderen Standorten sind die Aufhängevorrichtungen auf 3.3 m Höhe montiert. Luftbild: geodata © swisstopo

4.7.3 Kanton Solothurn

In drei Geländekammern im Kanton Solothurn wurden je drei bis vier Messpunkte platziert.

In der Gegend von Hessikofen im Solothurner Mittelland (Abb. 39) verlaufen die Jahresmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen mehrheitlich parallel, mit einem Unterschied von ca. $1 \mu\text{g m}^{-3} \text{NH}_3$ vom höchsten zum tiefsten Wert.

In der Region Matzendorf im Solothurner Jura unterscheiden sich die Konzentrationen ebenfalls um ca. $1 \mu\text{g m}^{-3}$ (Abb. 40). Die Konzentration haben sich über die 7 Jahre nicht stark verändert.

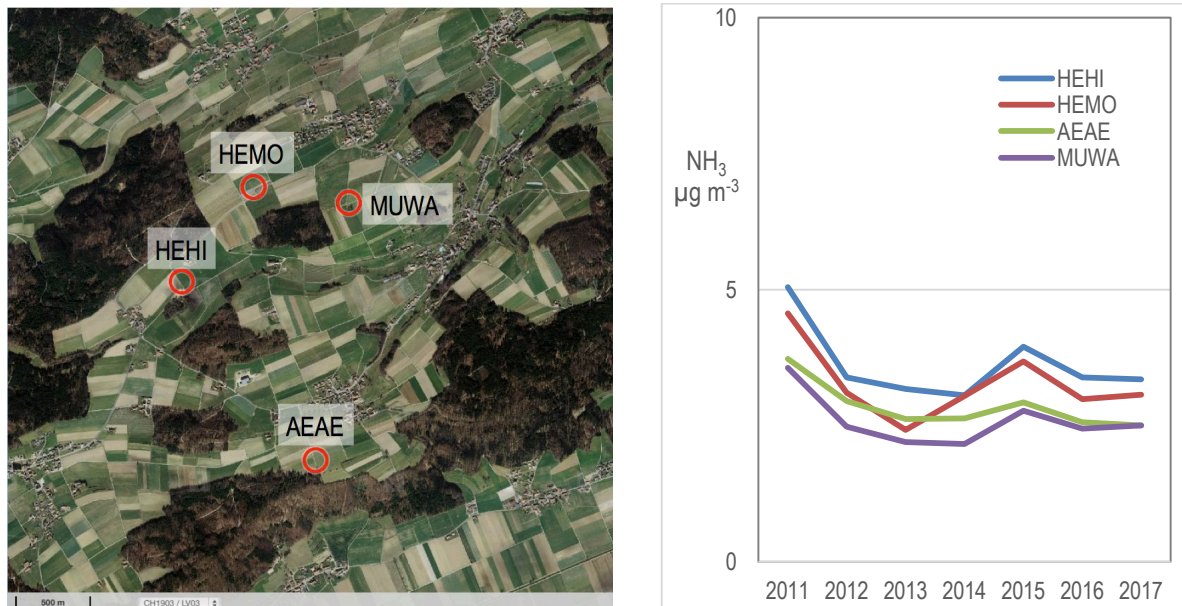


Abb. 39 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Hessikofen (SO)
 Verlauf der Jahresmittelwerte
 Alle 4 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld und Ackerwirtschaft.
 Luftbild: geodata © swisstopo

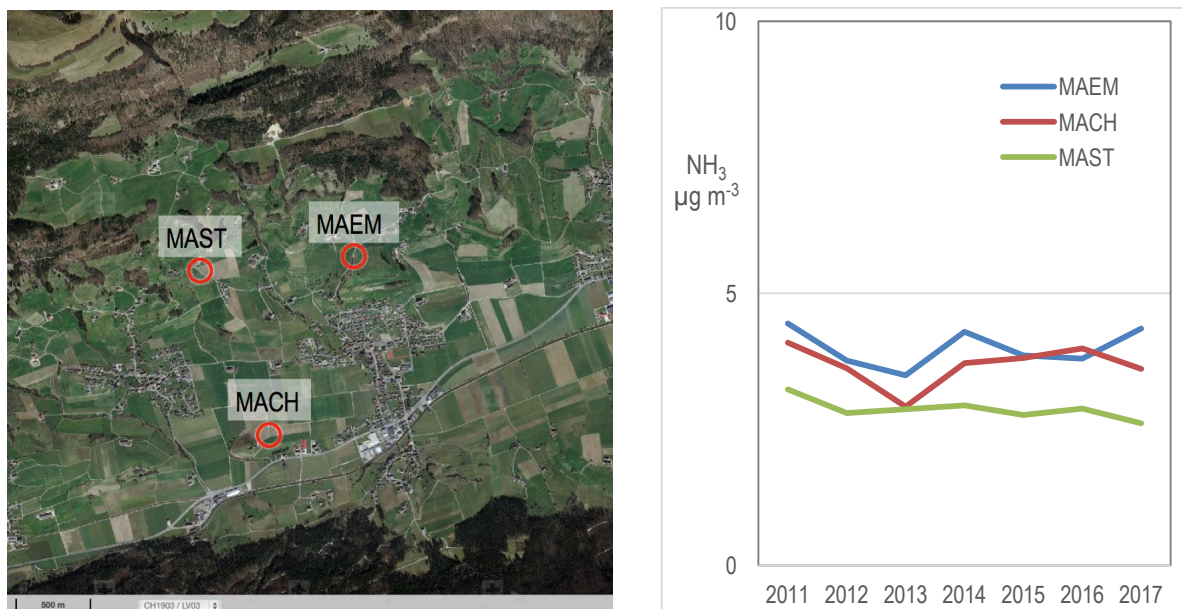


Abb. 40 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Matzendorf (SO)
 Verlauf der Jahresmittelwerte
 Alle 3 Standorte befinden sich in Gebieten mit Feld und Ackerwirtschaft.
 Luftbild: geodata © swisstopo

Ebenfalls ähnliche Verläufe, aber grössere Unterschiede in den Ammoniakkonzentrationen finden sich in der Region Egerkingen (Abb. 41). Der Unterschied zwischen der niedrigsten Konzentration am Standort HAGN am Jurahang und den Standorten EGWA im Industriegebiet von Egerkingen und NEHU im Landwirtschaftsgebiet beträgt ca. $4 \mu\text{g m}^{-3}$. Der Standort GUWI, ebenfalls im Landwirtschaftsgebiet gelegen, zeigt eine mittlere Konzentration.

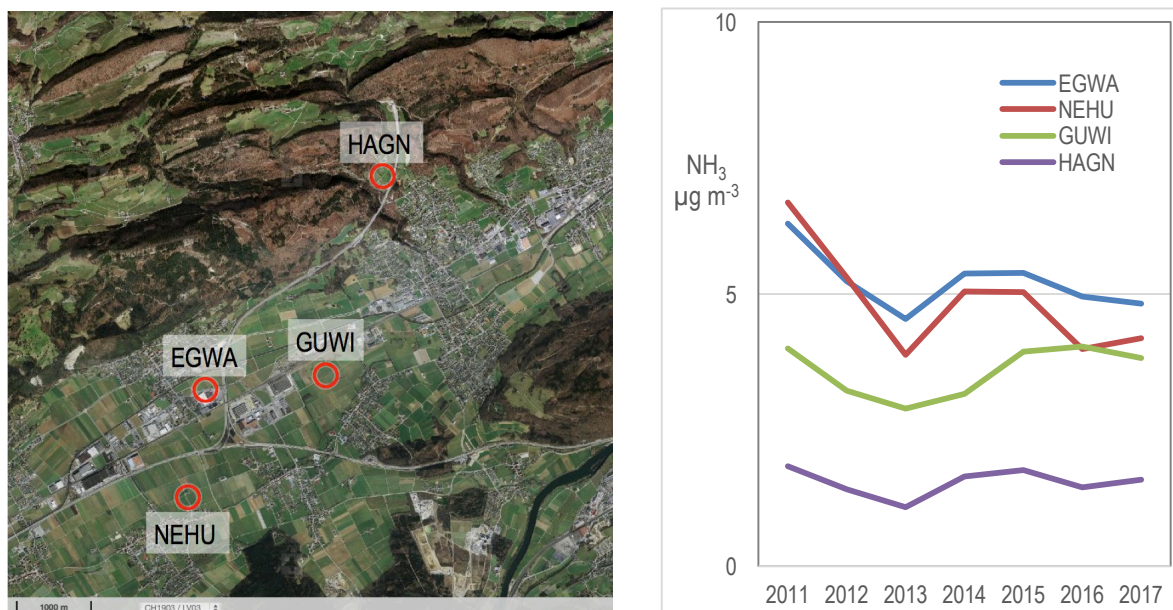


Abb. 41 Luftbild (links) und NH_3 -Konzentrationen (rechts) der Standorte bei Egerkingen (SO)
Verlauf der Jahresmittelwerte
 EGWA liegt direkt zwischen Strasse und Einkaufszentrum; GUWI und NEHU inmitten von Feldern,
 HAGN am Jurahang in der Nähe des Waldes.
 Luftbild: geodata © swisstopo

4.7.4 Zentralschweizer Kantone

Regionale Messnetze in den Zentralschweizer Kantonen sind in Bieri & Ruckstuhl (2017) beschrieben.

5 Qualitätssicherung

Die FUB nimmt seit 2015 am EMEP-Ringversuch der analytischen Methoden⁴ teil. Analysiert wurden Ammoniak sowie Salpetersäure und SO₂ auf imprägnierten Filtern, Ammonium, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium pH und Leitfähigkeit in synthetischem Niederschlag und NO₂ in synthetischer Absorptionslösung. Alle Analysen bis auf einen Na-Wert 2017 erfüllten bisher die EMEP-Qualitätsnorm. Abbildung 42 zeigt die Resultate der Ammoniak- und Ammonium-Bestimmung 2015, 2016 und 2017.

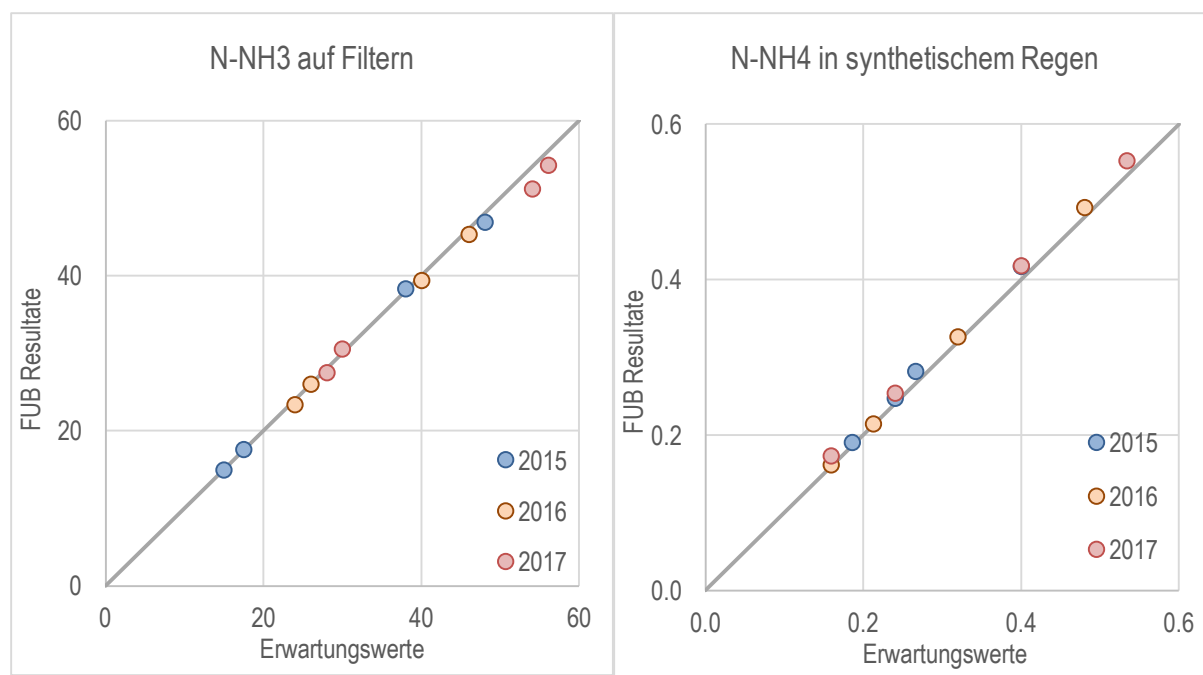


Abb. 42 Ringversuchsergebnisse der FUB, verglichen mit den erwarteten Konzentrationen.

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

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

Radiello Passivsammler werden laufend mit einem Referenzverfahren (Denuder, VDI 3869 Blatt 3 2010, BAFU & Empa 2017) überprüft. Abbildung 43 links zeigt den Vergleich zwischen Minidenudern der Empa (Quelle: NABEL (BAFU und Empa)) und Radiello Passivsammlern. Die Probenahme der 2- & 4-Wochen-Werte erfolgte von 2011 bis 2017 an NABEL-Stationen.

In Abbildung 43 rechts sind die FUB Passivsammlerwerte mit kontinuierlichen Messungen⁵ der Empa vom NABEL-Messnetz verglichen. Die Radiello Passivsammler wurden 2 oder 4 Wochen exponiert und die kontinuierlichen Daten über die gleichen Zeiträume gemittelt (Quelle: NABEL (BAFU und Empa)). Die Werte stammen aus den Jahren 2011 bis 2017.

⁴ EMEP – 33rd – 35rd intercomparison of analytical methods, organisiert und durchgeführt von NILU – Norwegian Institute for Air Research

⁵ Cavity Ring Down Spectroscopy, Picarro (BAFU & Empa 2017)

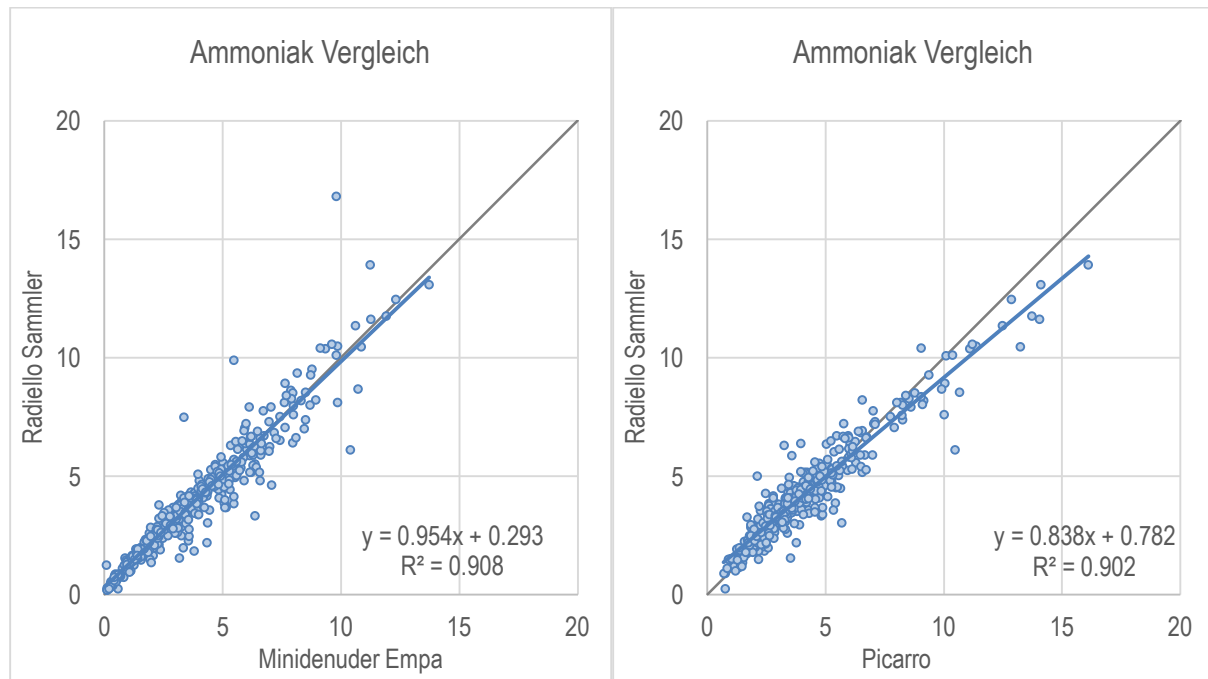


Abb. 43 NH_3 -Konzentration von Radiello Passivsammlern im Vergleich mit andern Verfahren
 Links: Minidenuder (Referenzverfahren, Quelle: NABEL, 524 Datenpaare)
 Rechts: kontinuierliches Verfahren (Quelle: NABEL, 391 Datenpaare)
 Einheit: $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$

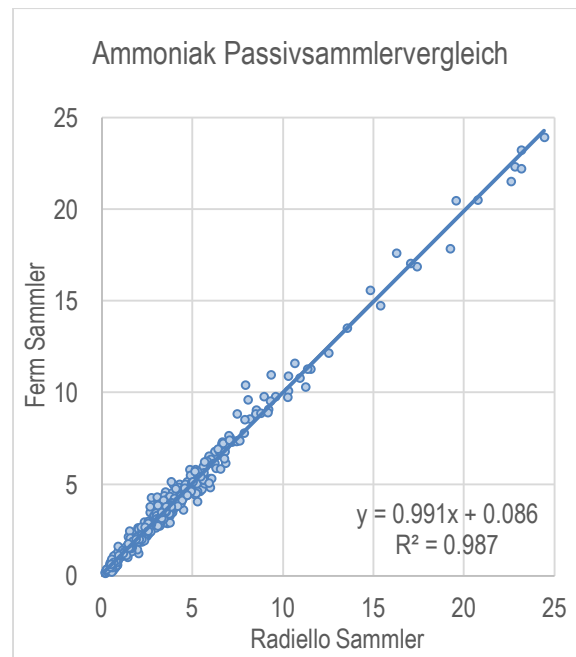


Abb. 44 Radiello- und Ferm-Passivsammler im Vergleich
 2 Passivsammlertypen der FUB, 427 Datenpaare
 Einheit: $\mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$

Radiello-Passivsammler werden auch laufend mit Sammlern der Bauart „Ferm“ verglichen, welche in der FUB hergestellt und analysiert werden (Abbildung 44). Die Probenahme der 2- & 4-Wochen-Werte erfolgte von 2009 bis 2017 an 12 Standorten (extensive und intensive Landwirtschaft, Stadt, Verkehr, Hintergrund).

6 Literatur

- 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
<http://www.biodiversitymonitoring.ch/de/daten/berichte-und-publikationen.html> (Stand am 26.4.2018)
- BAFU 2018: Auszug aus dem Emissionsinventar EMIS der Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien.
- BAFU & BLW 2011: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1101, 122 S.
- BAFU & BLW 2012: Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1225, 63 S.
- BAFU & BLW 2016: Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1633., Bern, 114 S.
- BAFU & Empa 2017: Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) 2016.
<https://www.empa.ch/web/s503/nabel> (Stand am 26.4.2018)
- BBi 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes. Bericht des Bundesrats 11.9.2009, Bundesblatt Nr. 40 6.10.2009,
<https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2009/6585.pdf> (Stand am 26.4.2018)
- Bieri, S., Ruckstuhl, C. 2015: Ammoniak-Messbericht, Ammoniakmessungen in der Zentralschweiz von 2000 bis 2014, inNET Monitoring AG
- Bobbink R., Hettelingh JP (eds.), 2011: Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment,
https://wge-cce.org/Publications/Other_CCE_Reports (Stand am 26.4.2018)
- 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
- Dämmgen U., Thöni L., Lumpp R., Gilke K., Seidler E., Bullinger M. 2010: Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umge-

bungsluft, 2005 – 2008 in Braunschweig. vTI Johann Heinrich von Thünen-Institut Braunschweig, Sonderheft 337
<https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&cqlMode=true&query=idn%3D1003809227> (Stand am 26.4.2018)

EMEP: EMEP manual for sampling and chemical analysis.
<http://www.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html> (Stand am 26.4.2018)

EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern,
<http://www ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/index.html> (Stand am 26.4.2018)

EKL 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013 – Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene, <http://www ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen.html> (Stand am 26.4.2018)

EKL 2014: Ammoniak-Immissionen und Stickstoffeinträge. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern, <http://www ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen.html> (Stand am 26.4.2018)

Empa 2006: Chemische Zusammensetzung des Feinstaubes während der Smoglagen im Januar/Februar 2006. Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik Empa Nr. 203'056/4

FOEN 2018: Switzerland's Informative Inventory Report 2018 (IIR). Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Submission of March 2018 to the United Nations ECE Secretariat. Federal Office for the Environment FOEN, Air Pollution Control and Chemicals Division, Bern.
http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2017_submissions/ (Stand am 30.3.2018)

Kanton Appenzell Ausserrhoden 2008: Massnahmenplan Luftreinhaltung, Aktualisierung 2008

Kanton Luzern, Umwelt und Energie (uwe) 2007: Massnahmenplan Luftreinhaltung, Teilplan Ammoniak

KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft. Herausgeber: Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS)

Kupper T., Bonjour C., Achermann B., Rihm B., Zauker F., Menzi H. 2013: Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt <http://www.agrammon.ch/dokumente-zum-download/> (Stand am 26.4.2018)

KVU 2006: Positionspapier über Ökologie und Landwirtschaft: Zustand wichtiger Umweltbereiche und Weiterentwicklung der agrarpolitischen Massnahmen vom 24. November 2006. Herausgeber: Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz, (KVU)

Locher R. 2014: Validierung der Schweizer Ammoniak-Emissionskarte 2010. Erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, ZHAW, School of Engineering, Institut für Datenanalyse und Prozessdesign, IDP Environmetrics, Nr. 5

- MeteoSchweiz 2016: Klimareport 2015. Zürich
<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/service-und-publikationen/publikationen.subpage.html/de/data/publications/2016/11/klimareport-2015.html> (Stand am 26.4.2018)
- Mills G., Pleijel H., Büker P., Braun S., Emberson L., Harmens H., Hayes F., Simpson D., Grünhage L., Karlsson P.-E., Danielsson H., Bermejo V., Gonzalez Fernandez I. (2010 Revision): Chapter 3: Mapping Critical Levels for Vegetation. In: Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends, Modelling and Mapping Manual of the LRTAP Convention.
http://icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual (Stand am 26.4.2018)
- Philipp M., Locher R. 2010: Trendanalyse NH₃-Immissionsmessungen in der Schweiz, Schlussbericht https://home.zhaw.ch/~lore/docs/NH3_Trendanalyse_2010.pdf (Stand am 26.4.2018)
- 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.
- 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.
<http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/2/4/150017> (Stand 26.4.2018)
- Seitler E. 2015: Einfluss der Expositionsdauer bei NH₃-Passivsammlern von Radiello. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil
- Seitler E., Thöni L. 2009: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz Sammel- und Messmethoden. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil
- Seitler E., Thöni L., Meier M. 2016: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2014. FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung 8640, Rapperswil
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/atmosphaerische_stickstoff-depositioninderschweiz2000bis2014.pdf.download.pdf/atmosphaerische_stickstoff-depositioninderschweiz2000bis2014.pdf (Stand 26.4.2018)
- Seitler E., Thöni L., Schnyder R., Rihm B. 2018: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz, Beschreibung der Standorte und Daten. Bezugsquelle: FUB, 8640 Rapperswil
- Thimonier A., Schmitt M., Waldner P., Rihm B. 2005: Atmospheric deposition on Swiss Long-term Forest Ecosystem Research (LWF) plots. Environmental Monitoring and Assessment 104: 81-118

- Thöni L., Brang P., Braun S., Seidler 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 (ed.) 2010: Empirical critical loads and dose-response relationships. Workshop held from 23 to 25 June 2010 in Noordwijkerhout, the Netherlands. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Working Group on Effects, 13 July 2010, EB.AIR / WG.1 / 2010 / 14
- 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
- Waldner P., Schaub M., Graf Pannatier E., Schmitt M., Thimonier A., Walthert L. 2007. Atmospheric deposition and ozone levels in Swiss forests: are critical values exceeded? In: Paoletti E., Schaub M., Bytnerowicz A. (eds.). Air Pollution and Global Change: Key Studies of the Effects on Forest Vegetation. Environmental Monitoring and Assessment (Special Issue) 128:5-17.
- WMO 2017: WMO Guide to meteorological instruments and methods of observation. WMO-No. 8 2014 edition, Part I, Chap. 16.
<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/CIMO-Guide.html> (Stand am 26.4.2018)

7 Anhang

7.1 Standort-Umplatzierungen

In den ersten Jahren wurden die Sammler nicht nach einheitlichen Kriterien platziert. Um 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 am alten und neuen Standort 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 10 sind die Standorte mit Änderungen aufgeführt.

Tab. 10 bedeutender Wechsel am Standort
Standorte die umplatziert werden (mussten) aber weitergeführt wurden.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt. / Land	Stao der langj. Entw. (Kap. 4.1)	bedeutender Wechsel	Vergleichsmessungen, Umrechnung der alten Werte
64	APS	Ap.-Steinegg	AI	seit 2004	2008 ca. 10 m verschoben	nein
53	EST	Eschen	FL	seit 2008	2013 um 570 m verschoben	nein
60	FRFE	Frauenfeld	TG	–	2017 40 m verschoben	nein
59	HOL 01	Holderhus 1	LU	seit 2000	2007 von 1.2 auf 4 m höher gehängt	ja, $HOL\ 01 = HOL\ 00 * 0.98 + 0.90$ ($R^2 = 0.95$)
75	LUG	Lugano	TI	seit 2000	1999 - 2005 grosse Umbauten, mehrmals verschoben	nein
55	MAU 01	Mauren 1	TG	seit 2000	2009 von 1.7 auf 3 m höher gehängt	ja, $MAU\ 01 = MAU\ 00$ ($R^2 = 0.92$)
30	N14	Ems Plarena	GR	–	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	nein
48	NZI 01	Zizers Neulöser 1	GR	–	2012 von 2 auf 3 m höher gehängt	ja, $NZI\ 01 = NZI\ 00 * 0.96$ ($R^2 = 0.98$)
57	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
78	WIE	Schimmelstrasse	ZH	–	um 2010 Messwagen wenig verschoben	nein
4	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. 11 Standortbeschreibung tabellarisch
Beschreibung der Standorte, sortiert nach Belastungs- und Immissionstypen.

Nächste Seiten

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz – 2000 bis 2017

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Standort Gebiet	Kt. / Land	Stationsbetreiber	Koordinaten		Höhe m ü.M.	Relief	Expo- sition	Neigung > 5 %	Höhe
						E	N					Samm- ler ü. Boden
1	CHA	Chaumont	Neuenburg	NE	NABEL	565.090	211.040	1137	H	SE	7	3.5
2	RIG	Rigi-Seebodenalp		SZ	NABEL	677.845	213.462	1031	H	NW	30	2
3	FRÜE	Frübüel	Zugerberg	ZG	Kt. ZG	683.423	218.884	980	E	—	—	2.4
4	ZB 01	Zugerberg 1	Zug	ZG	IAP	682.992	220.489	990	K	—	—	2.2
5	BA	Bachtel	hinterer Sennenberg, Wald	ZH	OSTLUFT, FUB	710.340	239.607	930	H	E	18	1.4
6	ZIGE	Zigerhüttli	Oberägeri	ZH	Kt. ZG	691.689	220.849	989	H	W	14	2.3
7	STU1	Stuelegg 1		SG	Kt. SG	747.600	252.530	920	K	SW	9	3.5
8	AIO	St. Anton	Oberegg	AI	Kt. AI	758.570	253.406	1071	H	NW	12	2.5
9	SARE	Sagno Reservoir		TI	IAP	724.286	80.024	820	T	—	—	1.65
10	SCH	Schänis		SG	OSTLUFT, WSL/LWF	722.923	223.521	630	H	W	59	2
11	RAF	Rafzerfeld	Broland, Hüntwangen	ZH	Kt. ZH	678.908	271.880	399	E	—	—	4
12	BRIS	Brislach	Feberech	BL	Kt. BL	608.865	252.037	450	E	—	—	4
13	BAI	Buch am Irchel	Tächlshalden, Sandbuck	ZH	Kt. ZH	689.193	268.759	453	E	—	—	4
14	HUD 3	Hudelmoos 3		TG	OSTLUFT	739.080	265.550	520	E	—	—	1.7
15	VTG	Gwatt	Thun	BE	Kt. BE	614.540	174.585	558	E	—	—	7
16	KNB	Künschter Berg	Wiserholz	ZH	Kt. ZH	690.875	241.451	658	H	NW	11	4
17	PAY	Payerne		VD	NABEL	562.285	184.775	489	E	—	—	3.5
18	IEB	Bärau		BE	Kt. BE	628.595	197.847	725	T	NW	9	7
19	RO	Root Michaelskreuz		LU	Kt. LU	673.847	218.489	791	H	NW	17	1.7
20	OBS	Oberstammheim	Rebberg	ZH	Kt. ZH	702.812	276.463	459	H	SW	9	4
21	WTG1	Gimmiz Dach	Walperswil	BE	Kt. BE	585.511	211.410	444	E	—	—	30
22	HEMO	Hessigkofen Moosgasse		SO	Kt. SO	601.471	220.742	605	E	—	—	4
23	BIR1	Birrfeld 1	Lupfig	AG	Kt. AG	658.980	254.775	393	E	—	—	3
24	VU01	Vuisternens-en-Ogoz	Au Lieu dit Le Chapy	FR	Kt. FR	569.708	173.324	850	K	—	—	3
25	SNB	Schönenberg	Hirzel Hochspannungsmast	ZH	Kt. ZH	691.694	226.810	730	K	—	—	4
26	STAD	Stadel	Panzerperren, Grund	ZH	Kt. ZH	677.920	265.241	426	E	—	—	4
27	BENN	Bennwil	Sonnenblick	BL	Kt. BL	625.684	250.596	540	K	—	—	4
28	ILN 01	Illnau Chrützegg		ZH	Kt. ZH	696.314	251.183	540	E	—	—	4
29	INWI	Inwil	Baar	ZG	Kt. ZG	682.567	226.900	437	E	—	—	2.3
30	N14	Ems Plarenga	Domat/Ems	GR	Kt. GR	755.100	189.730	570	E	—	—	2
31	HBL	Lotzwil		BE	Kt. BE	625.558	226.796	509	E	—	—	3
32	MAEM	Matzendorf Emet		SO	Kt. SO	614.279	240.205	594	K	—	—	4
33	MI01	Misery	Le Haut du Mont	FR	Kt. FR	571.915	189.478	607	K	—	—	2.6
34	FRAU	Kloster Frauental	Cham	ZG	Kt. ZG	674.546	229.562	395	E	—	—	2.3
35	DEB	Näfels	Schwärzstrasse	GL	Kt. GL	723.928	218.452	436	E	—	—	9.5
36	AI6	Gontenbad		AI	Kt. AI	745.314	243.700	896	E	—	2	2.5
37	SZ-03	Rossmattli		SZ	Kt. SZ	692.550	207.040	500	E	—	—	3
38	NMS	Malans	Rütenen	GR	Kt. GR	761.785	204.850	529	E	—	—	2
39	AIHA	Haslen		AI	Kt. AI	745.830	248.340	768	H	W	15	2.5
40	MÖN	Mönchaltorf	Altortwisen, Brand	ZH	Kt. ZH	697.609	239.954	445	E	—	—	4
41	SHKI	Klettgau	Strommast "Schalter 198"	SH	Kt. SH	678.190	283.124	420	E	—	—	4
42	NEHU	Neuendorf Hutmatten		SO	Kt. SO	627.257	239.509	435	E	—	—	4
43	TAE	Tänikon	Aadorf	TG	NABEL	710.500	259.810	539	E	—	—	3.5
44	KAP	Kappel am Albis	Uerzlikon	ZH	Kt. ZH	680.066	230.326	527	E	—	—	4
45	BSZ	Ziegelbrücke	Berufsschule	GL	Kt. GL	722.744	221.825	424	E	—	—	5
46	SAM2	Suhretal 2	Staffelbach	AG	Kt. AG	646.488	236.250	493	H	SW	7	3
47	MAG	Magadino-Cadenazzo		TI	NABEL	715.500	113.200	204	E	—	—	3.5
48	GEF	Gelfingen		LU	IAP	663.397	230.005	572	H	SW	—	—
49	NZI 01	Zizers Neulöser 1	Zizers	GR	Kt. GR	761.250	201.200	527	E	—	—	3
50	WAU 16.4	Wauwil 16		LU	Kt. LU	643.707	224.651	499	E	—	—	4
51	BAV	Balzers	Aviols	FL	Acontec	756.662	215.349	473	E	—	—	1.8
52	NGS	Grüsch Schwellenen	Grüsch	GR	Kt. GR	768.760	205.060	607	E	—	—	2
53	NEU 02	Neudorf 2		LU	Kt. LU	659.706	224.499	735	H	NE	6	3
54	EST	Eschen	Schwarzes Strässle	FL	Acontec	757.866	228.970	441	E	—	—	2
55	URI 01	Uri 1	Erstfeld	UR	Kt. UR	691.655	188.171	455	E	—	—	3
56	MAU 01	Mauren 1	Pünt	TG	Kt. TG	729.160	269.400	439	E	—	—	3
57	NE 03	Le Landeron	Station MétéoSuisse, Entre-deux-Lacs	NE	Kt. NE	571.165	210.798	431	E	—	—	—
58	SCHÜ 00	Schüpfheim 0		LU	Kt. LU	644.727	201.091	735	H	SE	9	3
59	ZG-02	Niederwil 2		ZG	Kt. ZG	676.164	229.277	420	E	—	—	3
60	HOL 01	Holderhus 1	Neuenkirch	LU	Kt. LU	657.129	216.962	590	H	N	7	4
61	FRFE	Frauenfeld		TG	Kt. TG	707.555	269.988	384	E	—	—	3
62	OW-02	Obwalden 2	Kerns	OW	Kt. OW	664.518	195.592	560	E	—	—	4
63	NW-02	Stans Galgenried Süd		NW	Kt. NW	669.272	201.761	440	E	—	—	3.6
64	HÄG	Hägenschwil		SG	OSTLUFT	743.660	261.770	555	E	—	—	1.7
65	APS	Ap.-Steinegg	Appenzell	AI	OSTLUFT	750.830	243.700	820	E	—	—	1.7
66	SIN3	Freiamt 3	Sins	AG	Kt. AG	670.061	227.561	519	E	—	—	3
67	WEIN	Weinfelden		TG	Kt. TG	723.552	270.148	422	E	—	—	3
68	ESC 08	Eschenbach 8		LU	Kt. LU	665.208	221.946	495	E	—	—	3
69	WAU 13	Wauwil 13		LU	Kt. LU	644.669	224.165	501	E	—	—	3
70	WIG	Netstal	Wiggisparkzentrum	GL	Kt. GL	723.045	214.203	455	E	—	—	12.5
71	SLI 01	Schaan 1	Lindenkreuzung	FL	Acontec	757.046	226.080	450	E	—	—	2.2
72	NV4	San Vittore	San Vittore	GR	Kt. GR	727.760	121.500	270	E	—	—	2
73	SIO	Sion-Aéroport		VS	NABEL	592.540	118.755	483	E	—	—	3.5
74	HAE	Härkingen		SO	NABEL	628.875	240.185	431	E	—	—	3.5
75	BAS	Basel-Binningen		BL	NABEL	610.890	265.605	317	E	—	—	3.5
76	LUG	Lugano		TI	NABEL	717.615	96.645	281	E	—	—	2
77	SOAL	Solothurn Altwyberhüsli		SO	Kt. SO	607.067	229.174	453	E	—	—	3
78	RAP	Rapperswil	untere Bahnhofstrasse 30	SG	FUB	704.520	231.541	430	E	—	—	12
79	WIE	Schimmelstrasse	Zürich, Wiedikon	ZH	OSTLUFT	681.950	247.250	415	E	—	—	2.9

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

Code	Belastungstyp	Immissionstyp $\mu\text{g m}^{-3}$	landwirtschaftliche Nutzung	Strassenabstand	Verkehr DTV (% LKW)	Siedlungsgrösse
CHA	Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.	1 – 3	Wiesen, Weiden, Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe
RIG			Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe
FRUE			Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe
ZB 01			Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe
BA			Wiesen, Weiden, Graswirtschaft	—	—	Einzelhöfe
ZIGE			Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe
STU1			Wiese, Weide	—	—	Stadt
AIO			Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
SARE	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	1 – 3	—	—	—	Weiler
SCH			Weide, Schafe, seit 2013 Rinder	—	—	Einzelgebäude
RAF			Obstgarten, Ackerbau	—	—	kleines Dorf
BRIS			Wiese, Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf
BAI			Ackerbau, Wiesen?	—	—	—
HUD 3			Landwirtschaft, Naturschutzgebiet	—	—	—
VTG			extensive Bewirtschaftung	—	—	Kleinstadt
KNB			Ackerbau, Wiesen	—	—	Weiler??
PAY			Grasland, Ackerbau	—	—	grosses Dorf
IEB			Wiesen, Weiden, wenig Ackerbau	—	—	kleines Dorf
RO			Obst-, Graswirtschaft	—	—	Weiler
OBS	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	3 – 5	Weinbau, Graswirtschaft	?	100	kleines Dorf
WTG1			Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Einzelhof
HEMO			Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Einzelhöfe
BIR1			Wiesen, Weiden	—	—	Einzelgebäude
VU01			Gras-/Weidewirtschaft, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe
SNB			Graswirtschaft	?	30 (Nebenstrasse)	Einzelhöfe
STAD			Ackerbau	—	—	kleines Dorf
BENN			Wiese, Landwirtschaft	—	—	Weiler
ILN 01			Ackerbau, Graswirtschaft	—	—	kleines Dorf
INWI			Wiesen, Weiden	—	—	Kleinstadt
N14			Wiese, Landwirtschaft	27'500 (6%)	150	kleines Dorf
HBL			intensive Landwirtschaft	—	—	—
MAEM			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
MI01			Ackerbau, Gras-, Weidewirtschaft	—	—	Weiler
FRAU			Wiesen, Weiden	—	—	Weiler
DEB			—	—	—	Einzelhöfe
AIG			Landwirtschaft, Naturschutzgebiet	—	—	Einzelhöfe
SZ-03			Wiesen, Weiden	—	—	—
NMS			Wiese, Landwirtschaft	—	—	kleines Dorf
AIHA			—	—	—	Weiler
MÖN			Wiesen, Weiden, Obstbäume	—	—	Einzelhöfe
SHKI			Ackerbau, Obstbäume	—	—	—
NEHU			Ackerbau, Tierwirtschaft	200	2	kleines Dorf
TAE			intensive Landwirtschaft	—	—	grosses Dorf
KAP			Ackerbau, Wiesen, Weiden	—	—	Weiler
BSZ			Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
SAM2	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	5 – 8	Wiesen, Weiden	—	—	Einzelhöfe
MAG			Obst- u. Gemüseanbau	—	—	Einzelgebäude
GEF			Wiesen, Weiden	—	—	kleines Dorf
NZI 01			Wiese, Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
WAU 16.4			Naturschutzgebiet, Wiesen	—	—	—
BAV			Wiesen, Kuhweide	ca. 7'100	ca. 60 zur Hauptstrasse	grosses Dorf
NGS			Wiese, Landwirtschaft	10'980 (6%)	280	—
NEU 02			Weide, Acker	—	—	Einzelhöfe
EST			Wiesen, Ried	—	—	Einzelhof (ab 2013)
URI 01			offenes Wiesland, Futterbau, Weide	—	125	Einzelhöfe
MAU 01			int. Landwirtschaft, Acker, Obstbau	6'700 (<5%)	150	Weiler
NE 03			Ackerbau	—	—	grosses Dorf
SCHÜ 00			Wiesen, Weiden	—	—	grosses Dorf
ZG-02			Wiesen, Weiden, Ackerbau	—	—	Einzelhöfe
HOL 01			Obstbau, Wiese	—	—	grosses Dorf
FRFE			Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
OW-02			Wiesen, Weiden	—	—	Weiler
NW-02			Wiesen, Weiden	—	—	—
HÄG			intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler
APS			intensive Tierwirtschaft	—	—	Weiler
SIN3	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	> 8	Wiesen, Weiden	—	—	Weiler
WEIN			Wiesen, Ackerbau	—	—	Einzelhof
ESC 08			intensive Landwirtschaft	—	—	Einzelhöfe
WAU 13			sehr intensive Landwirtschaft	—	—	—
WIG	Ländlich, verkehrsbelastet	3 – 5	—	18500	—	grosses Dorf
SLI 01	Ländlich, verkehrsbelastet	5 – 8	keine	?	ca. 4	grosses Dorf
NV4	Ländlich, an Autobahn	1 – 3	Wiese, Landwirtschaft	11'500, 6%	200	Einzelgebäude
SIO	Ländlich, an Autobahn	3 – 5	Obstbau	30'000 (5%)	30	Einzelgebäude
HAEL		3 – 5	intensive Landwirtschaft	75'000 (13.5%)	20	kleines Dorf
BAS	Vorstädtisch	1 – 3	Parkanlage, Schrebergärten	Stadtverkehr	200	Stadt
LUG	Städtisch	1 – 3	—	Stadtverkehr	50	Stadt
SOAL	Städtisch, verkehrsbelastet	1 – 3	Ackerbau, Graswirtschaft	10000	25	Kleinstadt
RAP	Städtisch, verkehrsbelastet	3 – 5	—	24'000 (6%)	15	Kleinstadt
WIE		3 – 5	—	27'000 (5.5%) (Stand 2012)	5	Stadt

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

7.3 Jahres- und saisonale Mittelwerte der Standorte

Tab. 12 Ammoniakkonzentrationen
Die Werte sind aufgeführt, wenn mindestens über 85 % (Jahreswerte) oder 80 % (Saisonwerte) der Zeitspanne exponiert wurde.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Belastungstyp	Immis- sionstyp µg m ⁻³	Ammoniakkonzentration in Luft																						
					Jahresmittelwerte																						
					2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017					
1	CHA	Chaumont	Ländlich, oberhalb 900 m ü. M.	1 – 3	0.9	0.9	0.8	1.2	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	1.1	1.2	1.7	1.0	0.9	0.9	1.3	1.0	1.0					
2	RIG	Rigi-Seebodenalp			1.3	1.1	1.0	1.6	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3	1.3	1.3	1.6	1.2	1.5					
3	FRUE	Fruebühl										1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.3	1.3	1.7	1.4	1.7					
4	ZB 01	Zugerberg 1			2.5	1.7	1.6	2.3	1.4	1.6	1.8	1.9	1.8	1.8	1.6	1.8	1.6	1.2	1.4	1.9	1.8	1.9					
5	BA	Bachtel			2.1	2.5	2.3	2.5	1.7	1.7	2.5	2.1	1.7	2.3	2.0	2.4	2.0	1.8	2.4	2.2	2.0	2.2					
6	ZIGE	Zigerhüttli										2.1	1.9	2.1	2.0	2.3	2.2	2.0	2.3	2.1	2.3	2.2					
7	STU1	Stuelegg 1													4.0	3.2	2.8	2.9	2.2	2.7	2.1	2.9					
8	AIO	St. Anton													2.6	2.6	2.4	1.9	2.7	2.5	2.6	2.7					
9	SARE	Sagno Reservoir	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	1 – 3															1.1	1.3	1.2	1.5					
10	SCH	Schänis			1.6		2.1	3.3	2.2	1.8	1.9	1.9	1.8	2.1	1.9	2.2	1.9	1.6	1.7	2.0	1.7	1.9					
11	RAF	Ratzerfeld																	1.4	1.9	2.2	1.6	2.2				
12	BRIS	Brislach																	2.0	2.3	2.5	2.3	2.4				
13	BAI	Buch am Irchel																	2.6	2.2	2.4	2.0	2.9				
14	HUD 3	Hudelmoos 3				3.4	2.3	2.5	2.0	2.2	2.6	2.1	2.1	2.1	2.1	2.4	1.8	1.9	2.3	2.6	2.3	2.8					
15	VTG	Gwatt												3.0	3.1	3.4	2.6	2.6	2.6	2.7	2.5	2.7					
16	KNB	Küsnachter Berg																	2.4	2.8	2.3	3.0					
17	PAY	Payerne			3.4	2.6	2.2	3.3	3.5	3.4	3.3	3.0	2.9	3.5	3.3	3.8	3.2	2.5	2.4	3.1	2.5	2.9					
18	IEB	Bärau												3.3	2.9	3.5	2.5	2.5	2.5	2.9	2.7	3.1					
19	RO	Root Michaelskreuz				3.2	2.9	3.5	3.5	4.0	3.8	3.3	3.1	3.7	3.2	3.6	3.0	2.7	2.8	3.0	2.7	3.2					
20	OBS	Oberstammheim	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	3 – 5															2.1	2.7	2.9	3.4	3.1				
21	WTG1	Gimmiz Dach													4.0	3.9	4.6	3.7	3.2	3.2	3.3	2.9	3.2				
22	HEMO	Hessigkofen Moosgasse														4.6	3.1	2.4	3.0	3.7	3.0	3.1					
23	BIR1	Birrfeld 1													3.6	3.9	3.5	3.1	3.7	3.5	2.7	4.1					
24	VU01	Vuisterns-en-Ogoz										3.1	3.0	3.0	3.9	3.3	4.2	3.3	3.3	3.8	4.1	3.1	3.1				
25	SNB	Schönenberg																	3.1	3.3	3.8	3.5	3.6				
26	STAD	Stadel																	2.9	3.1	4.0	3.1	4.5				
27	BENN	Bennwil																	2.8	3.5	3.7	3.6	4.0				
28	ILN 01	Illnau Chrützegg																			3.9	3.2	4.0				
29	INWI	Inwil												4.0	3.9	4.7	4.1	4.6	4.1	3.8	4.2	3.7	4.2				
30	N14	Ems Plarenga													3.7	4.1	5.6	3.9	4.0	3.9	3.8	3.8	4.5				
31	HBL	Lotzwil													5.1	4.2	5.8	3.9	4.3	3.6	4.0	3.7	4.8				
32	MAEM	Maltendorf Emet																	4.4	3.8	3.5	4.3	3.9	3.8	4.4		
33	MI01	Misery													3.7	4.6	3.8	4.8	3.7	3.4	4.1	4.4	3.4	4.5			
34	FRAU	Kloster Frauental												3.6	3.5	3.5	3.3	4.3	3.7	3.7	4.1	4.5	3.8	4.0			
35	DEB	Näfels																			4.5	4.0	3.8				
36	AIG	Gontenbad																	4.8	4.7	4.2	3.7	3.8	4.2	3.8	4.7	
37	SZ-03	Rossmattli														4.7	6.4	5.4	4.1	3.8	5.1	4.7	3.9				
38	NMS	Malans														5.3	3.9	5.1	6.9	4.3	3.4	4.7	4.9	4.8			
39	AIHA	Haslen														5.5	6.1	5.7	5.0	4.6	4.7	4.1	4.4				
40	MON	Mönchaltorf																		3.8	4.2	4.7	4.0	4.8			
41	SHKI	Klettgau																		3.8	4.1	5.0	4.3	4.7			
42	NEHU	Neuendorf Hurtmatten																	6.7	5.3	3.9	5.0	5.0	4.0	4.2		
43	TAE	Tänikon				3.9	4.4	4.1	6.5	5.6	5.7	5.3	6.2	5.2	6.0	5.5	6.9	5.4	5.2	5.2	5.2	4.5	3.9				
44	KAP	Kappel am Albis																			5.1	4.4	5.5	4.2	5.2		
45	BSZ	Ziegelbrücke																			5.4	4.7	4.6				
46	SAM2	Suhretal 2	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	5 – 8															5.2	6.0	5.1	4.5	4.8	5.1	4.8	5.4	
47	MAG	Magadino-Cadenazzo			3.5	3.3	3.7	4.3	4.2	4.3	4.7	4.2	3.7	4.0				3.5	5.6	5.4	4.7	4.3	5.6	4.8	5.5		
48	GEF	Gelfingen	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	5 – 8																			5.2	5.4			
49	NZI 01	Zizers Neulöser 1																	5.8	5.0	5.6	5.9	4.5	4.0	6.2	5.9	5.3
50	WAU 16.4	Wauwil 16											5.5	5.0	4.7	6.4	6.6	7.4	6.2	5.1	5.5	6.0	5.5	5.6			
51	BAV	Balzers													6.3	5.5	5.5	6.4	5.3	6.5	5.6	6.0	5.3	5.7			
52	NGS	Grüsch Schwellenen																	9.5	5.8	4.8	5.6	5.3	6.0	5.8		
53	NEU 02	Neudorf 2													6.4	4.2	4.2	4.7	5.2	6.1	5.5	5.5	5.6	6.2	5.9	5.8	
54	EST	Eschen																	5.7	6.7	5.6	5.7	5.6	6.2	5.8	5.9	
55	URI 01	Un 1																	5.7	6.7	5.6	5.7	5.4	6.2	5.8	6.4	
56	MAU 01	Mauren 1																			5.9	6.7	5.9	5.3			
57	NE 03	Le Landeron				4.1	4.4	3.4	5.0	5.4	5.5	6.3	5.8	5.7	6.2	5.8	6.3	5.8	5.0	5.2	6.4	5.1	3.2				
58	SCHU 00	Schüpfheim 0																									
59	ZG-02	Niederwil 2				4.9	4.1	5.3	6.9	6.1	5.7	5.6	5.6	5.4	6.6	6.7	7.2	5.5	5.7	6.1	6.8	6.4	5.9				
60	HOL 01	Holderhus 1																	7.3	8.1	6.5	5.4	6.8	6.3	5.9	6.2	
61	FRFE	Frauenfeld				6.9	5.5	6.5	8.7	6.0	5.6	5.7	5.7	5.8	6.5	5.8	6.6	5.8	5.8	6.2	6.2	5.5	7.4				
62	OW-02	Obwalden 2																	7.1	8.1	6.4	6.4	6.0	6.9	6.6	6.4	
63	NW-02	Stans Galgenried Süd																	7.1	8.2	6.9	6.6	6.3	6.9	6.3	6.4	
64	HÄG	Häggenwil								9.4	8.0	7.5	8.6	7.1	6.9	7.5	7.0	7.9	7.0	5.5	6.5	9.4	7.2	7.4			
65	APS	Ap-Steinegg								11.9	8.8	9.6	10.9	9.5	8.7	9.4	8.1	9.5	8.7	7.3	7.5	8.4	7.4	8.3			
66	SIN3	Freiamt 3	Ländlich, unterhalb 900 m ü. M.	> 8															6.8	8.6	7.7	7.6	7.5	8.9	8.3	9.4	
67	WEIN	Weinfelden																	8.0	8.2	9.3	7.3	7.0	9.3	8.4	9.0	
68	ESC 08	Eschenbach 8								7.0	7.6	8.7	7.7	7.3	7.5	7.6	8.9	7.2	6.6	8.9	8.7	8.2	9.9				
69	WAU 13	Wauwil 13								10.1	9.6	10.4	8.2	9.0	10.2	9.9	10.9	10.3	9.2	9.0	10.0	9.5	9.8				
70	WIG	Netstal	Ländlich, verkehrsbelastet	3 – 5																		3.5	3.1	3.0			
71	SLI 01	Schaan 1	Ländlich, verkehrsbelastet	5 – 8																							
72	NV4	San Vittore	Ländlich, an Autobahn	1 – 3															5.4								

65

Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz – 2000 bis 2017

Code	Ammoniakkonzentration in Luft Sommermittelwerte (Jun, Jul, Aug)																Ammoniakkonzentration in Luft Herbstmittelwerte (Sep, Okt, Nov)																							
	µg m ⁻³																µg m ⁻³																							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17			
CHA	1.0	1.5	1.0	2.1	1.2	1.2	1.4	0.9	1.1	1.4	1.5	1.2	1.3	1.5	1.0	1.8	1.4	1.4	0.7	0.8	0.7	0.4	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	0.6	1.0	1.9	2.1	0.8	0.6	0.7	1.3	1.2	1.0			
RIG	2.0	2.1	1.7	3.1	2.1	1.9	2.6	1.8	1.8	2.2	2.2	1.8	2.0	2.3	1.6	2.6	2.0	2.5	1.2	1.3	0.8	0.6	1.0	1.3	1.2	1.5	0.9	1.1	1.3	1.2	1.3	1.0	1.2	1.0	1.3	1.2	1.1			
FRUE									1.4	2.1	2.0	2.5	1.7	2.1	1.8	1.0	2.2	1.8	2.3								1.1	1.1	1.3	1.5	2.0	1.4	0.8	1.3	2.0	1.5	1.8			
ZB 01	3.6	2.7	2.5	4.5	2.3	2.3	3.6	2.2	2.3	2.3	2.0	1.9	2.4	1.9	1.6	2.8	2.6	2.7		3.1	1.6	1.6	1.6	1.7	1.5	1.8	1.6	1.3	1.9	1.4	1.8	1.3	0.9	1.3	1.9	1.5				
BA	2.7	4.4	4.0	4.0	2.5	2.1	4.3	2.0	2.1	3.2	3.2	2.4	2.6	3.0	3.0	3.0	2.6	2.6		1.8	2.6	1.0	1.5	1.7	1.8	2.3	1.4	1.6	1.8	1.7	2.3	1.8	1.5	2.3	2.4	2.1				
ZIGE								1.9	2.5	2.7	2.7	2.2	2.8	2.8	2.3	2.7	2.7	2.8									1.8	1.8	2.3	2.0	2.5	2.0	1.8	2.3	1.8	2.5	2.3			
STU1											5.7	3.0	4.1	4.0	1.8	3.8	2.8	4.3												3.8	3.8	2.6	3.8	2.1	2.7	2.1	2.7			
AIO											3.5	3.1	3.0	2.7	3.0	3.3	2.4	3.1												2.5	2.3	2.2	1.5	2.3	2.3	2.1	3.0			
SARE														2.9	1.6	2.6	2.0	2.5														0.9	1.3	0.9	1.2	1.2				
SCH	1.9		2.4	5.6	2.8	2.0	2.9	1.7	2.2	2.1	2.2	1.7	2.0	2.4	1.7	2.5	2.0	2.5		1.5		1.6	3.2	1.9	2.1	1.8	1.6	1.6	2.4	1.8	2.3	1.6	1.3	1.6	2.0	1.7	1.5			
RAF														2.1	2.0	1.8	3.5	2.0	2.8													1.4	1.2	2.0	1.8	1.4	1.6			
BRIS														2.7	3.6	2.8	2.9	2.9	2.5													2.3	1.7	2.3	2.9	2.7	3.1			
BAI														2.9	3.2	1.7	3.2	2.4	3.8													1.9	1.7	2.9	2.2	1.8	1.8			
HUD 3		6.3	3.2	3.6	2.7	2.5	3.4	1.7	2.3	2.0	2.2	2.0	1.8	2.2	2.3	3.0	2.3	4.0		2.9	1.2	1.7	1.7	1.7	1.7	2.7	1.4	1.6	1.6	2.0	2.2	1.1	1.5	1.6	2.8	2.2	2.4			
VTG										2.6	2.8	3.2	2.5	2.9	2.9	2.4	3.1	2.4	3.2									2.4	3.2	3.9	3.9	2.7	2.5	2.7	2.9	2.6	2.7			
KNB														3.8	3.3	3.4	3.3	2.8	4.1													1.7	2.0	2.3	3.0	2.1	3.8			
PAY	3.6	3.5	2.8	4.8	3.9	4.1	4.1	2.8	3.3	3.7	4.3	3.3	3.9	3.6	2.2	4.0	3.1	3.6	3.4	3.4	2.3	1.5	2.4	3.4	3.1	3.7	2.6	2.4	3.3	3.0	3.4	2.6	2.1	2.3	2.9	2.4	2.7			
IEB										3.2	3.3	3.6	2.5	2.8														2.3	3.4	3.1	3.8	2.1	2.3	2.3	3.2	2.5	3.1			
RO	4.5	4.1	5.8	4.8	5.4	5.2	2.9	4.2	4.4	4.1	3.3	4.3	4.0	2.9	3.9	3.3	4.6			2.5	2.0	2.6	3.7	3.4	3.9	3.1	2.9	3.3	3.0	3.4	2.7	2.2	2.5	3.2	2.6	2.5				
OBS														3.1	2.7	2.8	3.6	3.6	3.9													2.3	1.7	2.5	2.8	2.4	2.7			
WTG1								3.9	4.5	5.0	4.4	4.7	4.7	3.7	4.3	3.5	4.0											3.0	3.8	4.0	4.6	3.6	2.8	2.7	3.2	3.1	3.4			
HEMO														5.0	3.4	3.2	4.1	4.9	3.8	4.3											4.3	2.9	2.3	2.8	4.2	3.1	3.8			
BIR1														3.9	4.0	3.7	5.3	4.2	3.0	4.8											3.2	3.5	3.2	2.5	2.1	2.9	2.8	2.9		
VU01							4.1	3.0	3.8	5.4	4.5	3.6	4.5	4.8	3.8	4.7	3.3	3.4									3.6	2.8	2.5	3.7	3.5	4.9	3.1	2.8	3.9	3.5	2.9	3.7		
SNB														3.9	4.1	3.2	5.0	4.4	4.7													3.3	3.1	3.2		3.8				
STAD														3.8	4.1	3.9	4.4	3.1	4.8													2.8	2.2	3.4	4.7	3.3	3.8			
BENN														3.5	3.7	3.3	4.2	4.0	4.3													3.6	2.7	4.6	3.9	4.6	5.0			
ILN 01																																	2.8	4.3	3.1	4.0				
INWI							4.0	4.5	5.2	5.4	4.2	5.8	5.1	3.0	5.4	4.3	5.3									3.8	3.8	4.7	4.2	5.3	3.6	3.8	3.7	4.1	3.8	4.3				
N14											3.5	4.3	2.8	3.8	4.8	3.0	4.0	4.2	6.4												3.8	3.9	3.7	4.5	2.8	3.9	3.5	3.7	3.5	
HLB							6.3	5.8	5.6	4.7	4.3	6.2	3.5	4.8	4.6	8.2												4.5	4.9	4.2	7.9	3.5	3.5	3.2	4.7	3.6	3.9			
MAEM														3.1	3.8	3.6	4.1	4.1	4.5													4.2	3.9	3.5	5.5		4.2	4.8		
MI01							4.3	5.4	4.7	4.8	4.3	4.5	3.3	6.8	4.5	6.2												3.7	2.8	3.7	3.9	4.5	3.1	2.8	6.3	3.9	3.2	5.3		
FRAU							3.6	4.3	3.8	4.2	4.5	4.8	4.9	4.8	5.9	4.8	5.2										3.1	2.9	3.5	2.9	4.2	3.2	3.7	3.6	4.0	3.7	3.5			
DEB														5.1	3.1		4.1	3.0	4.8	4.2																4.5	3.3	2.9		
AIG														5.9	4.5	5.0	5.4	4.0	5.4	5.5	6.4											5.0	5.3	4.9	3.4	3.6	4.7	4.2	3.8	
SZ-03														5.1	4.5	6.0	4.6	2.9	5.3	4.2	4.3											5.8	7.8	6.4	3.7	3.6	5.7	5.1	4.4	
NMS											3.8			4.6	5.0	4.6	3.6	3.5	4.7	5.7	5.5											5.1	3.4	4.8	6.5	3.6	3.5	3.9	4.7	2.9
AIHA														5.7	5.5	5.7	6.4	5.1	5.9	4.9	5.5											5.6	6.4	6.2	4.0	4.9	5.2	4.8	4.5	
MON														4.9	4.9	4.2	5.8	4.6	5.8														4.3	3.3	3.6	4.5	4.4	5.1		
SHKI														4.8	4.7	3.6	6.2	5.6	6.5														4.4	3.4	4.0	5.3	4.3	4.1		
NEHU														6.1	5.8	3.7	5.0	5.8	4.3	5.3												6.5	4.1	4.0	5.6	4.6	4.4	4.1		
TAE	3.7	4.0	4.2	7.9	5.6	6.4	6.5	6.0	4.8	5.9	6.2	5.1	5.1	6.1	4.4	4.7	4.7	4.8	4.9	4.8	4.1	2.8	6.6	5.9	6.4	6.3	5.7	5.0	5.7	5.5	7.3	5.7	5.4	4.9	5.1	4.2	3.7			
KAP														5.2	5.8	3.6	6.3	4.9	6.4														4.7	4.3	3.6	4.9	4.7	6.2		
BSZ														4.9	3.8		3.1	3.1	5.1	3.8	5.0														6.5	4.8	4.2			
SAM2														5.8	4.8	5.6	5.2																							

7.4 Standorte der regionalen Messnetze

Tab. 13 Standortbeschreibung und Jahreswerte tabellarisch
Beschreibung der Standorte aus Kapitel 4.7 Regionale Messnetze, sortiert nach Region.

Nr. (Karte Abb.1)	Code	Standort Name	Kt. / Land	Stations- betreiber	Koordinaten		Höhe m ü.M.	Relief	Expo- sition	Höhe	Belastungstyp	Immis- sionstyp
					E	N				Sammler ü. Boden m		
	SIN1	Freiamt 1	AG	Kt. AG	669.329	227.946	570	H	NE	3	Land, <900 m	5 – 8
	SIN2	Freiamt 2	AG	Kt. AG	669.710	226.212	541	E	—	3	Land, <900 m	5 – 8
66	SIN3	Freiamt 3	AG	Kt. AG	670.061	227.561	519	E	—	3	Land, <900 m	> 8
	WTGN	Gimmiz Nord	BE	Kt. BE	585.777	211.848	444	E	—	3.3	Land, <900 m	5 – 8
	WTGS	Gimmiz Süd	BE	Kt. BE	585.417	211.024	444	E	—	3.3	Land, <900 m	3 – 5
	WTGW	Gimmiz West	BE	Kt. BE	585.039	211.522	444	E	—	3.3	Land, <900 m	3 – 5
21	WTG1	Gimmiz Dach	BE	Kt. BE	585.511	211.410	444	E	—	30	Land, <900 m	3 – 5
	AEAE	Aetigkofen Aenerfeld	SO	Kt. SO	601.879	218.936	625	H	—	4	Land, <900 m	1 – 3
	EGWA	Egerkingen Waro	SO	Kt. SO	627.482	240.932	434	E	—	4	Land, Verkehr	5 – 8
	GUWI	Gunzgen Winkel	SO	Kt. SO	629.072	241.113	429	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5
	HAGN	Hägendorf Gnöd	SO	Kt. SO	629.822	243.741	590	T	—	4	Land, Autobahn	1 – 3
	HEHI	Hessigkofen Hinterfeld	SO	Kt. SO	600.992	220.114	601	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5
22	HEMO	Hessigkofen Moosgasse	SO	Kt. SO	601.471	220.742	605	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5
	MACH	Matzendorf Chuehölzli	SO	Kt. SO	613.721	239.016	521	T	—	4	Land, <900 m	3 – 5
32	MAEM	Matzendorf Emet	SO	Kt. SO	614.279	240.205	594	K	—	4	Land, <900 m	3 – 5
	MAST	Matzendorf Strickler	SO	Kt. SO	613.268	240.102	602	H	—	4	Land, <900 m	1 – 3
	MUWA	Mühledorf Wasserreservoir	SO	Kt. SO	602.101	220.637	619	K	—	4	Land, <900 m	1 – 3
42	NEHU	Neuendorf Hurtmatten	SO	Kt. SO	627.257	239.509	435	E	—	4	Land, <900 m	3 – 5

E = Ebene

H = Hang

K = Kuppe

T = Terrasse

Code	landwirtschaftliche Nutzung	Strassen- abstand	Verkehr DTV (% LKW)	Siedlungs- grösse								
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SIN1	Wiesen, Weiden	—	—	Weiler	5.1	5.9	4.9	4.7	5.5	5.8	4.9	5.5
SIN2	Wiesen, Weiden	2	1070	Einzelhöfe	7.8	7.6	6.3	5.8	5.5	6.2	6.4	5.7
SIN3	Wiesen, Weiden	—	—	Weiler	6.8	8.6	7.7	7.6	7.5	8.9	8.3	9.4
WTGN	Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Einzelhof	6.3	7.3	6.0	4.9	5.7	5.8	5.0	5.6
WTGS	Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Einzelhof	4.5	5.5	4.5	3.5	3.7	3.9	3.3	3.7
WTGW	Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Weiler	—	6.4	5.3	4.5	4.7	4.8	4.1	4.8
WTG1	Acker-, Gemüse-, Futter- und Obstbau	—	—	Einzelhof	3.9	4.6	3.7	3.2	3.2	3.3	2.9	3.2
AEAE	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Weiler	—	3.7	3.0	2.6	2.6	2.9	2.6	2.5
EGWA	Ackerbau, Tierwirtschaft	14000	2	grosses Dorf	—	6.3	5.2	4.5	5.4	5.4	5.0	4.8
GUWI	Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	kleines Dorf	—	4.0	3.2	2.9	3.2	3.9	4.0	3.8
HAGN	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	45000	ca. 150 zur Autobahn	Weiler	—	1.8	1.4	1.1	1.6	1.8	1.4	1.6
HEHI	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Einzelhöfe	—	5.0	3.4	3.2	3.1	4.0	3.4	3.4
HEMO	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Einzelhöfe	—	4.6	3.1	2.4	3.0	3.7	3.0	3.1
MACH	Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	4.1	3.6	2.9	3.7	3.8	4.0	3.6
MAEM	Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	4.4	3.8	3.5	4.3	3.9	3.8	4.4
MAST	Ackerbau, Tierwirtschaft	—	—	Einzelhöfe	—	3.2	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.6
MUWA	Ackerbau, Tierwirtschaft, Wald	—	—	Einzelhöfe	—	3.6	2.5	2.2	2.2	2.8	2.4	2.5
NEHU	Ackerbau, Tierwirtschaft	200	2	kleines Dorf	—	6.7	5.3	3.9	5.0	5.0	4.0	4.2

Strassenabstand: — = > 200 m

Verkehr DTV: — = < 2000 Fahrzeuge

8 Glossar

Aerosole	Gemische aus festen und/oder flüssigen Schwebeteilchen in der Luft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
Boxplot	Diagramm zur grafischen Darstellung der Verteilung von Resultaten, zur Vermittlung in welchem Bereich die Daten liegen und wie sie sich über diesen Bereich verteilen.
CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
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 Belastungsgrenzen, 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 transmission of air pollutants in Europe
FOEN	Federal Office for the Environment (Englisch für BAFU)
GAW	Global Atmosphere Watch, Programm der WMO
LwG	Landwirtschaftsgesetz
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 $<1\ \mu\text{m}$, lungengängiger Feinstaub
PM10	Particulate Matter mit einem aerodynamischen Durchmesser von $<10\ \mu\text{m}$, einatembarer Feinstaub
Quelle	Emissionsverursacher
Ressourcenprogramm	Förderung der nachhaltigen Stickstoff-Ressourcennutzung durch das BLW
Senke	Oberfläche an denen 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
ZUDK	Zentralschweizer Umweltdirektionen (Kantone Uri, Schwyz, Nidwalden, Obwalden, Luzern, Zug)