

AMT FÜR UMWELT; VADUZ

AMMONIAK-IMMISSIONSMESSUNGEN IN LIECHTENSTEIN

MESSBERICHT 2020



SCHAAN, MÄRZ 2022; PATRIZIA CENGIZ-HAGSPIEL, NADJA JAEGGI

8181_Messbericht 2020_V1.docx / 8181

[Acontec AG](#)

Im Bretscha 28
FL-9494 Schaan

Telefon +423 230 07 88
Telefax +423 230 07 89

info@acontec.com
www.acontec.com

Ammoniakimmissionen im Fürstentum Liechtenstein

Jahresbericht 2020

Herausgeber:	Amt für Umwelt Liechtenstein
Inhalt:	Acontec AG, Schaan
Messungen:	Acontec AG, Schaan
Analytik:	Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil
Auswertungen:	Patrizia Cengiz-Hagspiel; Acontec AG
Bezug:	Amt für Umwelt Postfach 684 9490 Vaduz www.au.llv.li

INHALT

1. EINLEITUNG _____	3
2. DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN _____	3
3. MESSRESULTATE UND BEURTEILUNG _____	4
4. LITERATUR _____	11
KARTEN DER MESSSTANDORTE _____	A-1 BIS A-2
MESSERGEBNISSE 2020 _____	A-3
FOTODOKUMENTATION _____	A-4

1. EINLEITUNG

Seit Annahme des Massnahmenplan Luft (RA 2007/2557-8613) werden in Liechtenstein Ammoniak-Immissionsmessungen durchgeführt. Dieser Bericht beschreibt und beurteilt die Messergebnisse des Jahres 2020.

2. DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

2.1. MESSMETHODE

Die Messungen werden mittels Passivsammler durchgeführt. Es handelt sich, analog dem Schweizer Messnetz, um eine Messung gemäss VDI 3869 Blatt 4. Die eingesetzte Messmethode mittels Passivsammlern hat den Vorteil kostengünstig und unabhängig von Stromversorgungen zu sein. In den Sammlern wird in der Luft vorhandenes Ammoniak als Ammoniumsalz gebunden. Aus der Konzentration des im Inneren des Sammlers befindlichen Ammoniumsalzes, wird über die Expositionszeit die mittlere Luftkonzentration von Ammoniak ermittelt. Pro Messstandort wurden jeweils drei Sammler gleichzeitig (Dreifachbestimmung) exponiert. Der Wechsel der NH_3 -Passivsammler wurde durch die Acontec AG vorgenommen. Die Exposition erfolgt, unter Beachtung einer möglichst freien Anströmbarkeit, in einem unten offenen Witterungsschutz aus Metall. Die Expositionsdauer beträgt jeweils ca. 4 Wochen. Die Sammler werden von der Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB) in Rapperswil analysiert. Die Qualitätssicherung erfolgt in Zusammenarbeit mit den Schweizer Messungen (siehe auch FUB (2020)).



Abbildung 1 Fern-Passivsammlergehäuse von unten. Sichtbar sind drei Sammelplättchen in einer metallenen Halterung.

2.2. MESSDAUER

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Resultate der Messungen vom 7. Januar 2020 bis zum 5. Januar 2021 (Messjahr 2020).

2.3. MESSSTANDORTE

Es wurden an vier Standorten in Liechtenstein Messungen durchgeführt. Der Standort in Eschen Schwarz Strässle (FL_EST) ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Der Standort in Schaan bei der Lindenkreuzung (FL_SLI 01) entspricht einem stark verkehrsexponierten

Messstandort. Balzers Aviols (FL_BAV) ist hingegen nicht direkt verkehrsexponiert. In der näheren Umgebung befindet sich ein Wohnhaus und vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Der Standort in Ruggell (FL_RRI) liegt im Riet (verkehrsberuhigt, Fahrverbot, nur landwirtschaftlicher Verkehr gestattet). Die Standorte können den Karten in den Anhängen 1 und 2 entnommen werden. Eine Fotodokumentation befindet sich im Anhang 4.

Tabelle 1 Messstandorte

Standort	Bezeichnung	Lage des Standortes
Eschen Schwarz Strässle	FL_EST	landwirtschaftliches Gebiet, ausserorts
Balzers Aviols	FL_BAV	Agglomerationsrand, umgeben von landwirtschaftlichen Betrieben
Schaan Lindenkreuzung	FL_SLI 01	verkehrsexponiert, Kreuzung innerorts
Ruggeller Riet	FL_RRI	Rietgebiet, Fahrverbot, landwirtschaftlicher Verkehr

3. MESSRESULTATE UND BEURTEILUNG

3.1. ÜBERSICHT

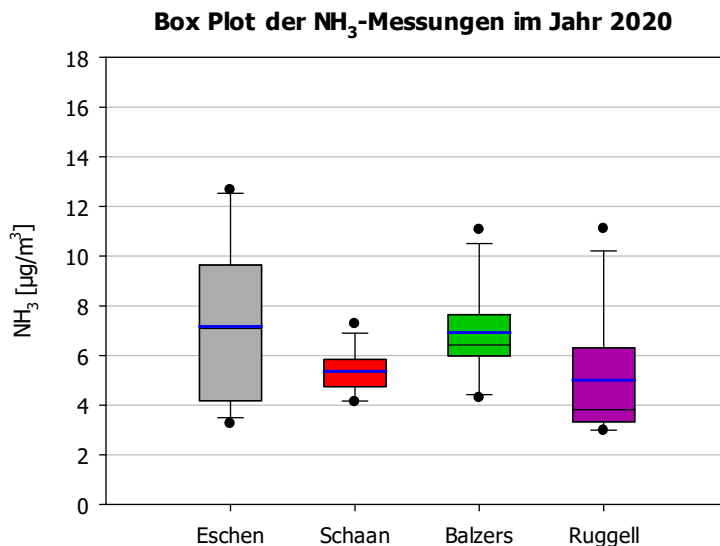
Die Mittelwerte aus den Dreifachbestimmungen für jeden Standort und aller 13 Messperioden sind in der Tabelle 2 dargestellt. Mit der Dreifachbestimmung können allfällige Ausreisser (durch Produktionsfehler, Fehler im Handling im Labor oder im Feld) festgestellt werden (Qualitätskontrolle der Messung). Zudem erfüllt diese insbesondere auch den Zweck, Datenausfälle zu minimieren. Eine detaillierte Auflistung aller Messergebnisse ist im Anhang 3 aufgeführt.

Tabelle 2 Ergebnisse Mittelwerte Ammoniakmessung im Jahr 2020; Jahresmittel des Vorjahres in [Klammer]

Periode	Anfang	Ende	Eschen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Schaan [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Balzers [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Ruggell [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	07.01.2020	04.02.2020	5.3	5.4	9.2	3.0
2	04.02.2020	03.03.2020	3.9	4.1	5.9	4.0
3	03.03.2020	31.03.2020	10.1	6.3	7.6	11.1
4	31.03.2020	28.04.2020	12.3	7.3	11.1	8.9
5	28.04.2020	26.05.2020	7.3	5.6	7.7	5.4
6	26.05.2020	23.06.2020	3.9	5.0	6.3	4.6
7	23.06.2020	21.07.2020	5.9	5.0	6.2	3.0
8	21.07.2020	18.08.2020	7.8	5.6	7.5	3.7
9	18.08.2020	15.09.2020	9.2	6.1	6.6	3.4
10	15.09.2020	13.10.2020	3.2	4.7	6.1	3.2
11	13.10.2020	10.11.2020	12.7	4.8	4.7	3.8
12	10.11.2020	09.12.2020	7.1	5.6	---	7.2
13	09.12.2020	05.01.2021	4.5	4.2	4.3	3.6
Jahresmittel			7.2 [7.0]	5.4 [5.5]	6.9 [8.5]	5.1 [5.9]

--- Totalausfall, alle 3 Sammler wurden entwendet; JM Balzers aus n=12

In Abbildung 2 sind die Resultate der einzelnen Standorte im Jahr 2020 als Box Plot dargestellt. Darin sind von oben nach unten die 0.95-(Punkt), 0.90-, 0.75-, 0.50-(Median), 0.25-, 0.10- und 0.05-Quantile dargestellt. Der jeweilige Jahresmittelwert ist blau gekennzeichnet.

**Abbildung 2** Box-Plot auf Basis der Periodenmittelwerte der NH_3 -Immissionsmessungen im Jahr 2020 an den vier Messstandorten in Liechtenstein. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

An den Messstandorten in Schaan und Balzers Avioles nahm die Ammoniakkonzentration im Vergleich zum Vorjahr um 2 % bzw. um 19 % ab (Balzers MW aus 12 Einzelperioden). In Eschen Schwarz Strässle erhöhte sich die Ammoniakkonzentration im Jahresmittel um 3 %. Der höchste Jahresmittelwert wurde 2020 nicht mehr in Balzers (nach 2018 und 2019), sondern in Eschen registriert.

Die gemessenen Konzentrationen zwischen $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die daraus resultierenden Jahresmittelwerte ($5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sind als mittel bis hoch einzustufen. Hohe Ammoniakkonzentrationen und der resultierende Stickstoffeintrag in empfindliche Ökosysteme wirken sich nachteilig auf die Umwelt aus. Zudem ist Ammoniak als gasförmige Vorläufersubstanz an der Bildung von Feinstaub-Immissionen beteiligt (EKL, 2005). Die Liechtensteiner sowie die Schweizer Luftreinhalteverordnung beinhaltet keine Immissionsgrenzwerte für Ammoniak. Daher werden zur Beurteilung der Belastungssituation naturnaher Ökosysteme die im Rahmen des UNECE Workshops on Atmospheric Ammonia vom Dezember 2006 angepassten Critical Levels¹ beigezogen (UNECE, 2007):

- $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NH}_3$ für empfindliche Moose, Flechten und Ökosysteme, in denen niedere Pflanzen für das Ökosystem von Bedeutung sind.
- $3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NH}_3$ für höhere Pflanzen einschliesslich Heideflächen, Grasland und Waldböden (Unsicherheitsbereich: $2 - 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mit diesen Werten wird auch den Langzeitwirkungen erhöhter Ammoniakkonzentrationen Rechnung getragen.

Die erwähnten Critical Levels werden an allen Messstandorten Liechtensteins überschritten. Basierend darauf sind alle vier Messstandorte Schaan, Eschen, Balzers und Ruggell dem zweithöchsten von 5 Immissionstypen² zuzuordnen (siehe auch FUB (2020)). Im Messjahr 2019 wurde Balzers noch dem höchsten Immissionstyp ($> 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zugeordnet.

3.2. BELASTUNGSVERLAUF IM JAHR 2020

Im Messjahr 2019 wurden die höchsten Belastungen an den drei Messstandorten noch jeweils an unterschiedlichen Messzyklen gemessen. Im Jahr 2020 zeigt sich ein anderes Bild: Am Standort Eschen wurde mit $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Zyklus 11 und $12.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Zyklus 4 die höchsten Ammoniakkonzentrationen gemessen. In Balzers mit $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ebenfalls im Zyklus 4. Und auch in Schaan gab es die maximale Ammoniakbelastung im Zyklus 4 (31.3.-28.4.2020) mit

¹ Critical Levels sind Schwellenwerte, bei deren Überschreitung negative Einflüsse beispielsweise auf das Ökosystem zu erwarten sind. Sie sind so formuliert, dass bei ihrer Einhaltung der Grossteil aller Pflanzen, wenn auch nicht jedes einzelne Individuum, geschützt wird.

² Es werden folgende Typen unterschieden: JMW $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $1-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $3 - 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5 - 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $> 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

7.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe Abbildung 3). Auch im Ruggeller Riet war die Konzentration im Zyklus 4 sehr hoch mit 8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, noch höher im Zyklus 3 mit 11.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Box-Plot der Abbildung 2 ist die stärkere Streuung der Messresultate in Eschen Schwarz Strässle gut erkennbar. An diesem Standort kam es im Jahresverlauf insbesondere im Zyklus 11 zu einer Spitze, die sich vom Konzentrationsverlauf der anderen Messstandorte abhebt.

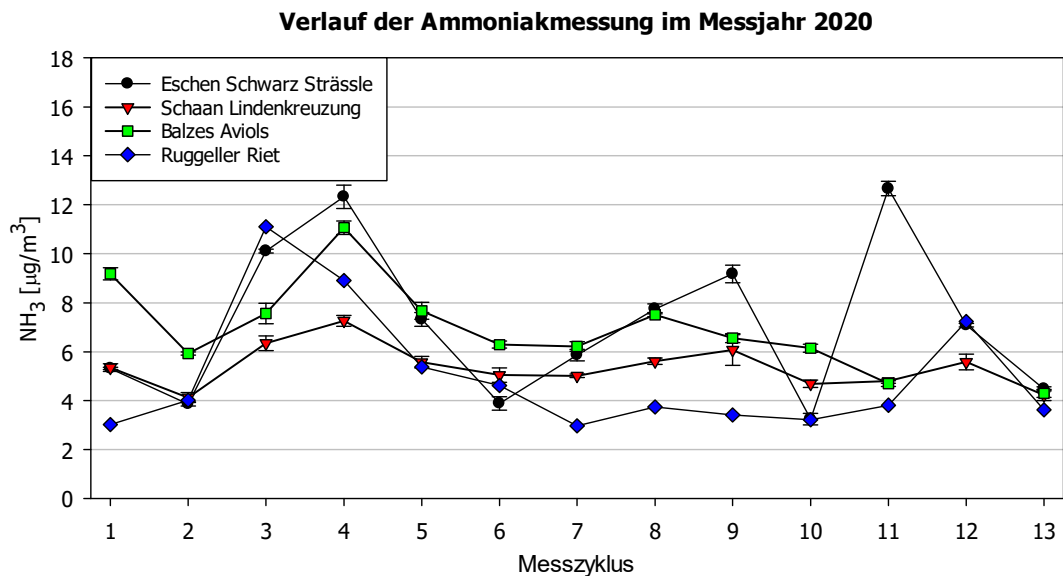


Abbildung 3 NH_3 -Konzentration der einzelnen Messzyklen im Jahr 2020

Der Grund für die Spitze sind höchstwahrscheinlich lokale Quellen, wie beispielsweise Gülleausbringungen. In Schaan ist die Streuung der gemessenen Ammoniakbelastungen am kleinsten, was u.a. auf die weniger stark durch landwirtschaftliche Aktivitäten beeinflusste Lage des Messstandorts zurückzuführen ist. Eine Ursache für den generellen Anstieg ab dem dritten Zyklus könnte das Ende der Vegetationsruhe für Flächen unterhalb von 800 m.ü.M. im Februar sein. Während der Vegetationsruhe (15. Dezember bis 15. Februar) dürfen nämlich keine flüssigen Dünger (z.B. Gülle) ausgetragen werden. Zudem hat auch die Witterung einen starken Einfluss auf die Ammoniakbelastung in der Luft (siehe Kapitel 3.3).

Die niedrigste aller gemessenen Ammoniakkonzentration des Jahres wurde in Eschen im Zyklus 10 registriert.

3.3. AMMONIAKIMMISSIONEN IM VERLAUF DER JAHRE

Die Ammoniakjahresmittelwerte 2008 bis 2020 aller Standorte sind in den Abbildungen 4 bis 8 dargestellt. Am Messstandort in Schaan sank zwischen den Jahren 2009 und 2011 die

Ammoniakkonzentration stetig. Ein Grund für die Abnahme könnte die veränderte Verkehrsführung bei der Schaaner Lindenkreuzung im Jahr 2010 sein.

Ein ersichtlicher Konzentrationsanstieg gab es im Jahr 2018 und 2019. Diese allgemein erhöhte Ammoniakbelastung konnte auch in diversen Schweizer Kantonen beobachtet werden (siehe auch FUB (2020)). Im Messjahr 2020 sank die Belastung in Balzers Aviols wieder deutlich, in Eschen und Schaan blieb sie auf dem Niveau von 2019. Im Ruggeller Riet gibt es erst seit 2019 einen Jahresmittelwert. Die Ammoniakkonzentration und Ausbreitung in der Aussenluft werden stark durch die Meteorologie beeinflusst. Beispielsweise wird das Ammoniak in der Luft bei Regen von Wassertropfen absorbiert oder bei Turbulenzen auf ein grösseres Luftvolumen verteilt (Verdünnungseffekt). Zudem führen, aufgrund der flüchtigen Eigenschaft Ammoniaks, hohe Temperaturen zu grösseren Verlusten (z.B. in Gülle und Mist) und somit auch zu höheren Konzentrationen in der Luft (EKL, 2005).

Spezielle Witterungsbedingungen prägten die Jahre 2018 bis 2020. Dies ist ebenfalls ein Grund für die erhöhten Ammoniakkonzentrationen. 2020 war ebenso warm wie das bisherige Rekordjahr 2018. Der Frühling war mit einer anhaltenden Trockenperiode der drittwärmste Frühling. Im August und Oktober fielen massive Niederschläge und kräftige Neuschneefälle lieferten Anfang Dezember in vielen Gebieten der Alpen überdurchschnittliche Schneehöhen (siehe auch MeteoSchweiz (2021) und FUB (2020)).

Im Hinblick auf den Verlauf der Aussenluftbelastung der letzten Jahre an den landwirtschaftlich geprägten Standorten in Eschen und Balzers, zeigt sich in Balzers eine Verbesserung der Ammoniakbelastung, in Eschen eine minimale Verschlechterung. Trotz Verbesserung in Balzers und auch im Ruggeller Riet werden die critical levels in Liechtenstein an allen Standorten überschritten und die Ammoniakbelastung ist hoch (vgl. Kap. 3.1.). Zum Schutz empfindlicher Pflanzen sind daher Massnahmen zur Senkung der Ammoniakemissionen und der daraus entstehenden Immissionen notwendig.

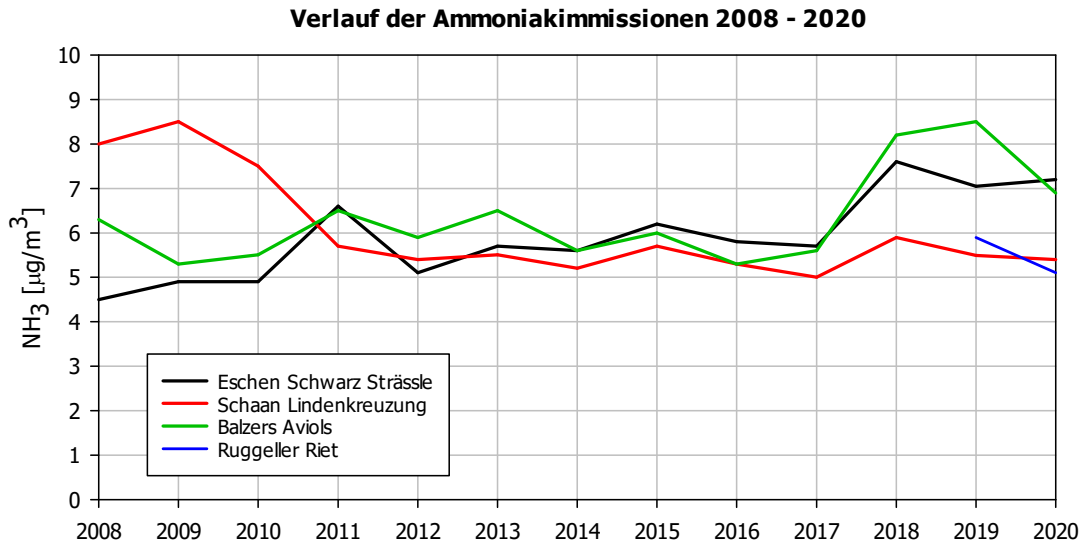


Abbildung 4 Verlauf Ammoniak-Jahresmittelwerte 2008 - 2020

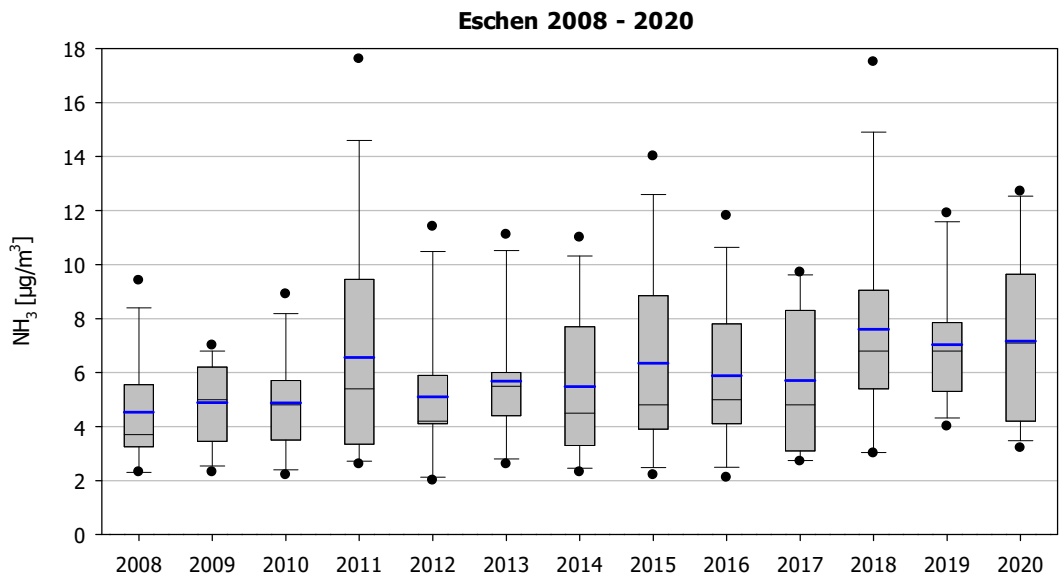


Abbildung 5 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2020 am Standort Eschen Schwarz Strässe. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

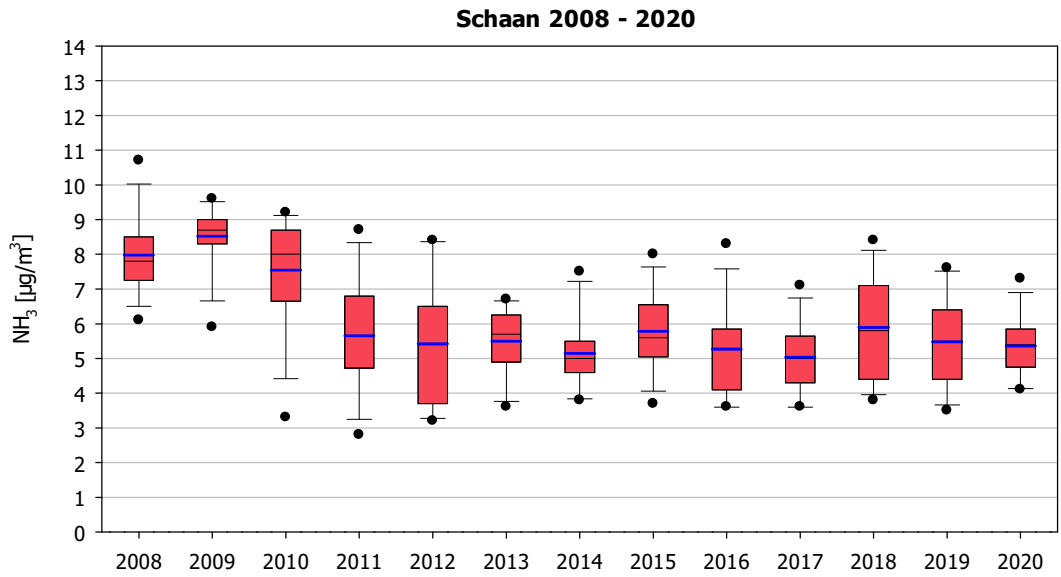


Abbildung 6 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2020 am Standort Schaan Lindenkreuzung. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

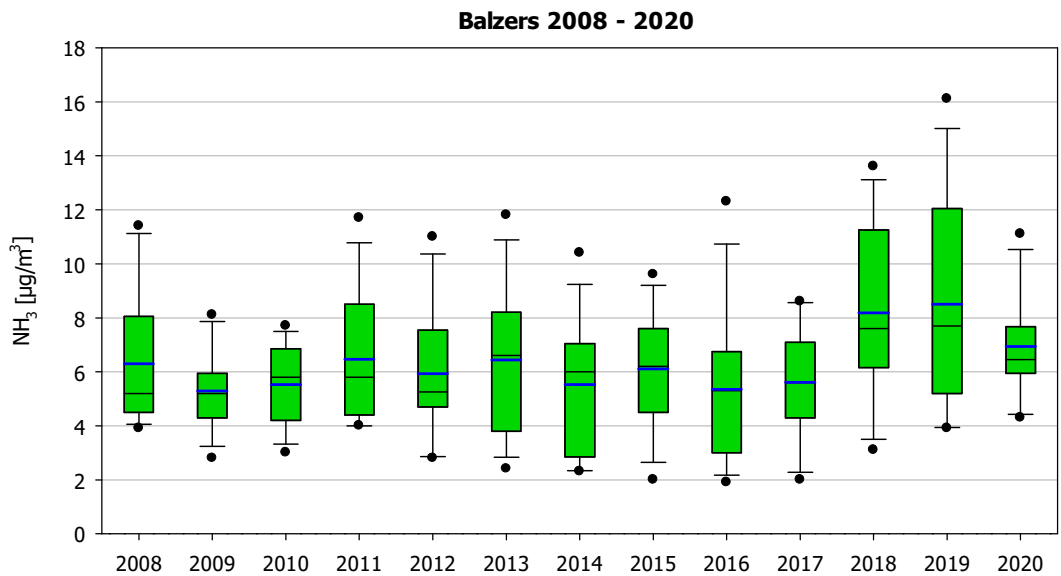


Abbildung 7 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2020 am Standort Balzers Avioles. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

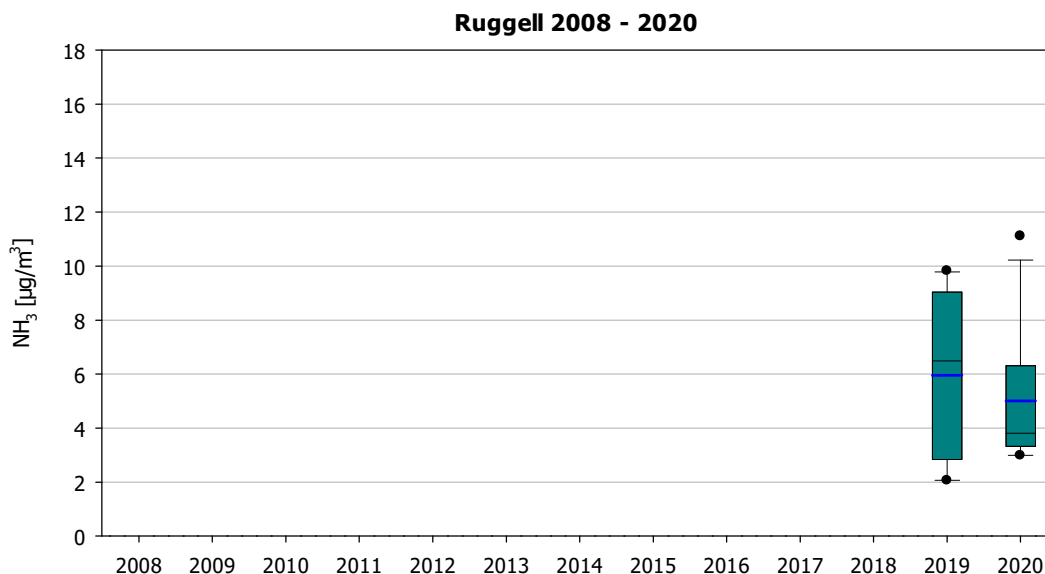


Abbildung 8 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2020 am Standort Ruggeller Riet. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

4. LITERATUR

EKL, 2005. *Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz - Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL)*, Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

FUB, 2020. *Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2019 - Messbericht*, Bern: BAFU.

LLV, 2018. *Geodatenportal der Liechtensteinischen Landesverwaltung*. [Online] Available at: <https://geodaten.llv.li/> [Zugriff am 20. Januar 2021].

MeteoSchweiz, 2021. *Klimareport 2020*, Zürich: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.

UNECE, 2007. *Report on the Workshop on Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts*, s.l.: s.n.

A-1

ANHANG 1 Messstandorte Eschen Schwarz Strässle (oben) und Balzers Aviois (unten)



Quelle Karten: Geoportal.li

A-2

ANHANG 2 Messstandorte Schaan Lindenkreuzung (oben) und Ruggeller Riet (unten)



Quelle Karten: (LLV, 2018)



Quelle Karten: Geoportal.li

A-3

ANHANG 3 Messergebnisse 2020 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Mp	Standort	Anfang	Ende	PS 1	PS 2	PS 3	MW
1	Eschen, Schwarz Strässle	07.01.2020	04.02.2020	5.3	5.4	5.3	5.3
2	Eschen, Schwarz Strässle	04.02.2020	03.03.2020	4.0	3.8	3.8	3.9
3	Eschen, Schwarz Strässle	03.03.2020	31.03.2020	10.1	10.2	10.0	10.1
4	Eschen, Schwarz Strässle	31.03.2020	28.04.2020	11.8	12.5	12.7	12.3
5	Eschen, Schwarz Strässle	28.04.2020	26.05.2020	7.1	7.6	7.3	7.3
6	Eschen, Schwarz Strässle	26.05.2020	23.06.2020	3.9	3.6	4.2	3.9
7	Eschen, Schwarz Strässle	23.06.2020	21.07.2020	6.0	6.0	5.6	5.9
8	Eschen, Schwarz Strässle	21.07.2020	18.08.2020	7.9	7.8	7.5	7.8
9	Eschen, Schwarz Strässle	18.08.2020	15.09.2020	8.8	9.3	9.5	9.2
10	Eschen, Schwarz Strässle	15.09.2020	13.10.2020	3.5	3.1	3.1	3.2
11	Eschen, Schwarz Strässle	13.10.2020	10.11.2020	12.7	12.9	12.3	12.7
12	Eschen, Schwarz Strässle	10.11.2020	09.12.2020	7.2	7.1	7.0	7.1
13	Eschen, Schwarz Strässle	09.12.2020	05.01.2021	4.4	4.5	4.6	4.5
1	Schaan, Lindenkreuzung	07.01.2020	04.02.2020	5.2	5.5	5.3	5.4
2	Schaan, Lindenkreuzung	04.02.2020	03.03.2020	3.9	4.3	4.2	4.1
3	Schaan, Lindenkreuzung	03.03.2020	31.03.2020	6.1	6.7	6.2	6.3
4	Schaan, Lindenkreuzung	31.03.2020	28.04.2020	7.1	7.5	7.2	7.3
5	Schaan, Lindenkreuzung	28.04.2020	26.05.2020	5.4	5.8	5.5	5.6
6	Schaan, Lindenkreuzung	26.05.2020	23.06.2020	4.7	5.2	5.3	5.0
7	Schaan, Lindenkreuzung	23.06.2020	21.07.2020	5.0	5.0	5.1	5.0
8	Schaan, Lindenkreuzung	21.07.2020	18.08.2020	5.7	5.5	5.6	5.6
9	Schaan, Lindenkreuzung	18.08.2020	15.09.2020	6.3	6.5	5.4	6.1
10	Schaan, Lindenkreuzung	15.09.2020	13.10.2020	4.8	4.7	4.5	4.7
11	Schaan, Lindenkreuzung	13.10.2020	10.11.2020	4.9	4.7	4.8	4.8
12	Schaan, Lindenkreuzung	10.11.2020	09.12.2020	6.0	5.4	5.4	5.6
13	Schaan, Lindenkreuzung	09.12.2020	05.01.2021	4.0	4.4	4.3	4.2
1	Balzers, Aviols	07.01.2020	04.02.2020	9.3	9.3	8.9	9.2
2	Balzers, Aviols	04.02.2020	03.03.2020	6.0	5.9	6.0	5.9
3	Balzers, Aviols	03.03.2020	31.03.2020	7.5	8.0	7.2	7.6
4	Balzers, Aviols	31.03.2020	28.04.2020	10.9	10.9	11.4	11.1
5	Balzers, Aviols	28.04.2020	26.05.2020	7.3	8.0	7.7	7.7
6	Balzers, Aviols	26.05.2020	23.06.2020	6.2	6.4	6.3	6.3
7	Balzers, Aviols	23.06.2020	21.07.2020	6.3	6.0	6.3	6.2
8	Balzers, Aviols	21.07.2020	18.08.2020	7.5	7.4	7.6	7.5
9	Balzers, Aviols	18.08.2020	15.09.2020	6.4	6.5	6.7	6.6
10	Balzers, Aviols	15.09.2020	13.10.2020	6.3	6.0	6.2	6.1
11	Balzers, Aviols	13.10.2020	10.11.2020	4.8	4.7	4.6	4.7
12	Balzers, Aviols	10.11.2020	09.12.2020	A	A	A	
13	Balzers, Aviols	09.12.2020	05.01.2021	4.1	4.4	4.4	4.3

A-4

Mp	Standort	Anfang	Ende	PS 1	PS 2	PS 3	MW
1	Ruggeller, Riet	07.01.2020	04.02.2020	3.0	3.0	3.1	3.0
2	Ruggeller, Riet	04.02.2020	03.03.2020	3.8	4.3	4.0	4.0
3	Ruggeller, Riet	03.03.2020	31.03.2020	11.0	10.9	11.4	11.1
4	Ruggeller, Riet	31.03.2020	28.04.2020	8.5	8.8	9.4	8.9
5	Ruggeller, Riet	28.04.2020	26.05.2020	5.2	5.5	5.5	5.4
6	Ruggeller, Riet	26.05.2020	23.06.2020	4.4	4.9	4.6	4.6
7	Ruggeller, Riet	23.06.2020	21.07.2020	2.9	3.1	2.9	3.0
8	Ruggeller, Riet	21.07.2020	18.08.2020	3.8	3.6		3.7
9	Ruggeller, Riet	18.08.2020	15.09.2020	3.2	3.4	3.6	3.4
10	Ruggeller, Riet	15.09.2020	13.10.2020	3.3	3.1	3.3	3.2
11	Ruggeller, Riet	13.10.2020	10.11.2020	4.1	3.5	3.8	3.8
12	Ruggeller, Riet	10.11.2020	09.12.2020	7.2	7.4	7.2	7.2
13	Ruggeller, Riet	09.12.2020	05.01.2021	3.5	3.7	3.7	3.6

MW = Mittelwert
Mp = Messperiode
PS = Passivsammler
A = Ausfall

ANHANG 4 Fotodokumentation



Standort Eschen Schwarz Strässle (Umgebung Landwirtschaftsfläche)



Standort Schaan Lindenkreuzung (verkehrsexponiert, innerorts)



Standort Balzers Aviols (Agglomerationsrand, Umgebung Landwirtschaft)



Standort Ruggeller Riet (Riedgebiet, Fahrverbot)