

AMT FÜR UMWELT; VADUZ

AMMONIAK-IMMISSIONSMESSUNGEN IN LIECHTENSTEIN

MESSBERICHT 2019



SCHAAN, MÄRZ 2021; NADJA JAEggi, JÜRGEN BECKBISSINGER

8181_Messbericht 2019_V2 / 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

Ammoniakmissionen im Fürstentum Liechtenstein

Jahresbericht 2019

Herausgeber:	Amt für Umwelt Liechtenstein
Inhalt:	Acontec AG, Schaan
Messungen:	Acontec AG, Schaan
Analytik:	Forschungsstelle für Umweltbeobachtung, Rapperswil
Auswertungen:	Nadja Jaeggi; 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	10
KARTEN DER MESSSTANDORTE	A-1 BIS A-2
MESSERGEBNISSE 2019	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 2019.

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 2. Januar 2019 bis zum 7. Januar 2020 (Messjahr 2019).

2.3. MESSSTANDORTE

Es wurden an drei Standorten in Liechtenstein Messungen durchgeführt. Der Standort in Eschen Schwarz Strässle (FL_ES_Hau) ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Der

Standort in Schaan bei der Lindenkreuzung (FL_SC_Lin) entspricht einem stark verkehrsexponierten Messstandort. Balzers Aviols (FL_BZ_Avi) ist hingegen nicht direkt verkehrsexponiert. In der näheren Umgebung befindet sich ein Wohnhaus und vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Standorte können den Karten in den Anhängen 1 und 2 entnommen werden. Eine Fotodokumentation befindet sich im Anhang 4.

Es ist zu erwähnen, dass neben den beschriebenen Messungen, im Jahr 2019 Stickstoffdepositionsuntersuchungen im Ruggeller Riet stattfanden. Diese werden an anderer Stelle veröffentlicht.

Tabelle 1 Messstandorte

Standort	Bezeichnung	Lage des Standortes
Eschen Schwarz Strässle	FL_ES_Hau	landwirtschaftliches Gebiet, ausserorts
Balzers Aviols	FL_BZ_Avi	Agglomerationsrand, umgeben von landwirtschaftlichen Betrieben
Schaan Lindenkreuzung	FL_SC_Lin	verkehrsexponiert, Kreuzung innerorts

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 2019; Jahresmittel des Vorjahres in [Klammer]

Periode	Anfang	Ende	Eschen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Schaan [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Balzers [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	02.01.2019	29.01.2019	4.0	3.9	4.0
2	29.01.2019	28.02.2019	11.9	7.4	7.7
3	28.02.2019	26.03.2019	7.7	5.5	6.4
4	26.03.2019	23.04.2019	5.2	4.9	5.7
5	23.04.2019	21.05.2019	4.8	3.5	13.4
6	21.05.2019	18.06.2019	7.6	6.2	8.6
7	18.06.2019	17.07.2019	11.1	7.6	10.8
8	17.07.2019	14.08.2019	8.0	6.6	13.3
9	14.08.2019	09.09.2019	6.9	4.6	4.7
10	09.09.2019	10.10.2019	5.6	5.9	16.1
11	10.10.2019	05.11.2019	6.8	5.7	9.0
12	05.11.2019	03.12.2019	5.4	5.3	7.0
13	03.12.2019	07.01.2020	6.5	4.2	3.9
Jahresmittel			7.0 [7.6]	5.5 [5.9]	8.5 [8.2]

In Abbildung 2 sind die Resultate der einzelnen Standorte im Jahr 2019 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.

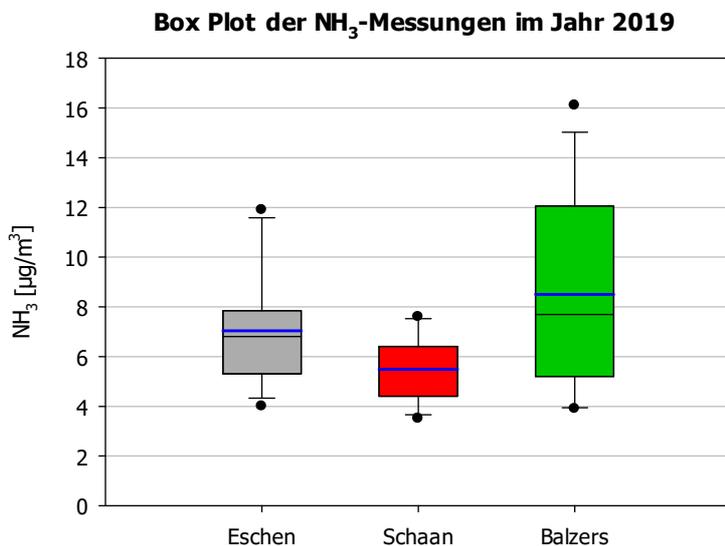


Abbildung 2 Box-Plot auf Basis der Periodenmittelwerte der NH_3 -Immissionsmessungen im Jahr 2019 an den drei Messstandorten in Liechtenstein. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

An den Messstandorten in Eschen und Schaan nahm die Ammoniakkonzentration im Vergleich zum Vorjahr um 7 % ab. In Balzers Avioles nahm die Ammoniakkonzentration im Jahresmittel um 4 % zu. Wie bereits im Vorjahr ist in Balzers der Jahresmittelwert am höchsten.

Die gemessenen Konzentrationen zwischen $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $16.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die daraus resultierenden Jahresmittelwerte ($5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 auf 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 die Messstandorte Schaan und Eschen dem zweithöchsten von 5 Immissionstypen² zuzuordnen, Balzers dem höchsten Immissionstyp (siehe auch FUB (2020)).

3.2. BELASTUNGSVERLAUF IM JAHR 2019

Die jeweils höchsten Belastungen wurden an den drei Messstandorten jeweils an unterschiedlichen Messzyklen gemessen. Am Standorten Eschen wurde mit $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Zyklus 2, in Schaan im Zyklus 7 ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und in Balzers im Zyklus 10 ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) die höchste Ammoniakkonzentration gemessen (siehe Abbildung 3). Im Box-Plot der Abbildung 2 ist die stärkere Streuung der Messresultate in Balzers Avioles gut erkennbar. An diesem Standort kam es im Jahresverlauf insbesondere in den Zyklen 5, 8 und 10 zu Spitzen, die sich deutlich vom Konzentrationsverlauf der anderen Messstandorte abheben.

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 $> 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

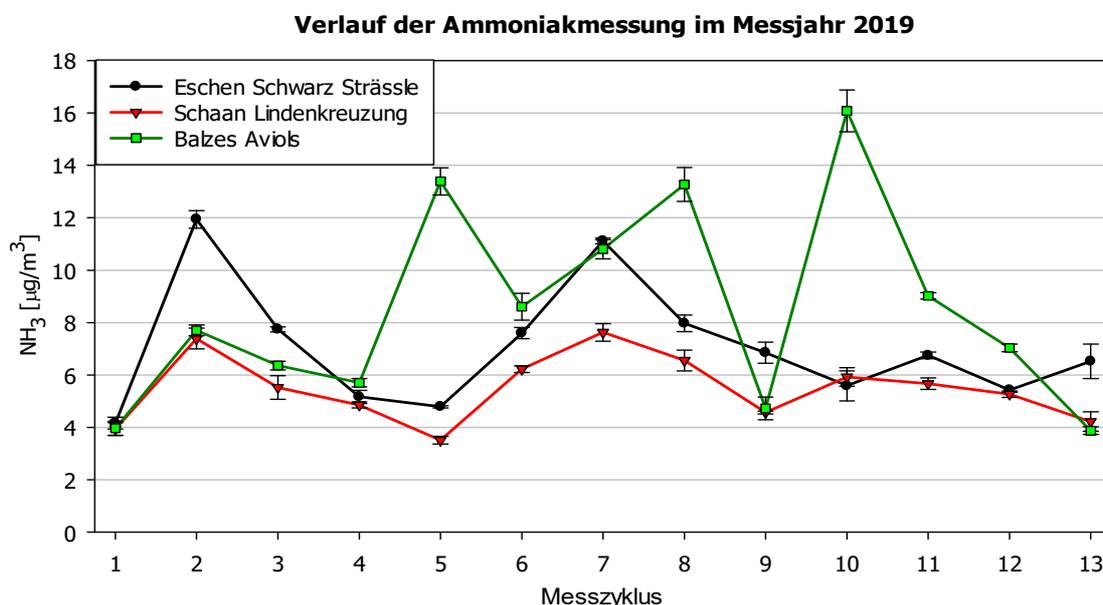


Abbildung 3 NH₃-Konzentration und Standardabweichung der einzelnen Messzyklen im Jahr 2019

Der Grund für die Spitzen 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. Am Messstandort Schwarz Strässle in Eschen ist insbesondere der starke Belastungsanstieg am Anfang des Jahres auffallend. Im Messzyklus 1 wurde in Eschen die niedrigste und im Messzyklus 2 die höchste Ammoniakkonzentration des Jahres registriert. Eine Konzentrationserhöhung im Zyklus 2 ist zwar an allen Standorten zu erkennen, jedoch nicht in dem Masse wie in Eschen. Eine Ursache für den generellen Anstieg im zweiten Zyklus könnte das Ende der Vegetationsruhe für Flächen unterhalb von 800 m.ü.M. im Februar sein. Während der Vegetationsruhe 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).

3.3. AMMONIAKIMMISSIONEN IM VERLAUF DER JAHRE

In den Abbildungen 4 bis 7 sind die Ammoniakjahresmittelwerte 2008 bis 2019 aller Standorte 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.

In den Jahre 2018 und 2019 ist ein starker Konzentrationsanstieg ersichtlich. Die allgemein erhöhte Ammoniakbelastung im Messjahr 2019 und im Vorjahr konnte auch in diversen

Schweizer Kantonen beobachtet werden (siehe auch FUB (2020)). 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). Ein Grund für die erhöhten Ammoniakkonzentrationen in den Jahren 2018 und 2019 sind die speziellen Witterungsbedingungen in den beiden Jahren (hohe Temperaturen und teilweise geringe Niederschläge im Sommer; siehe auch MeteoSchweiz (2020) und FUB (2020)). Im Hinblick auf den Verlauf der Aussenluftbelastung der letzten Jahre an den landwirtschaftlich geprägten Standorten in Eschen und Balzers, zeigt sich keine Verbesserung der Ammoniakbelastung bzw. gar eine Verschlechterung. Zum Schutz empfindlicher Pflanzen, sind daher Massnahmen zur Senkung der Ammoniakemissionen und der daraus entstehenden Immissionen notwendig.

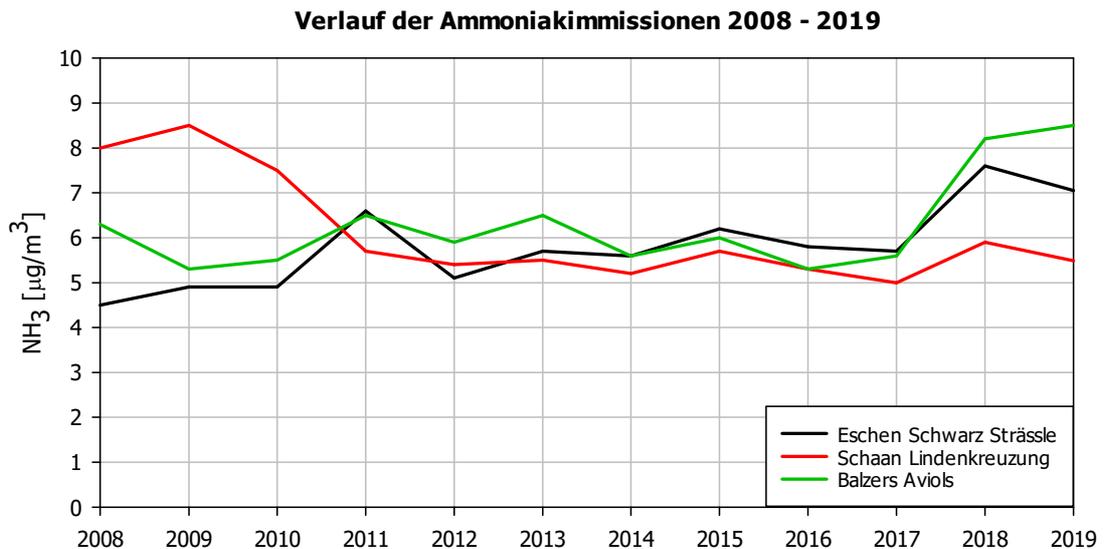


Abbildung 4 Verlauf Ammoniak-Jahresmittelwerte 2008 - 2019

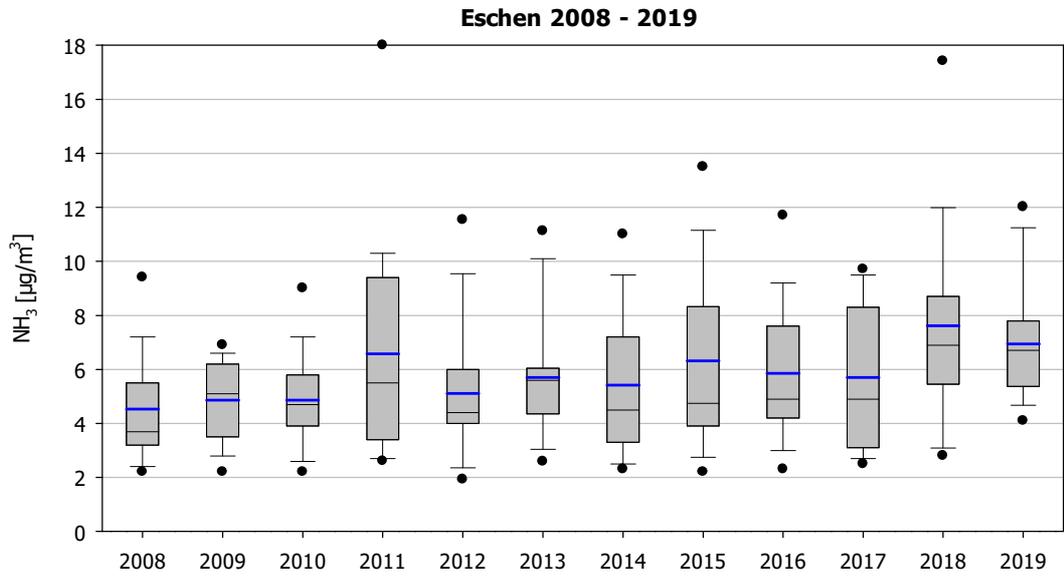


Abbildung 5 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2019 am Standort Eschen Schwarz Strässlé. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

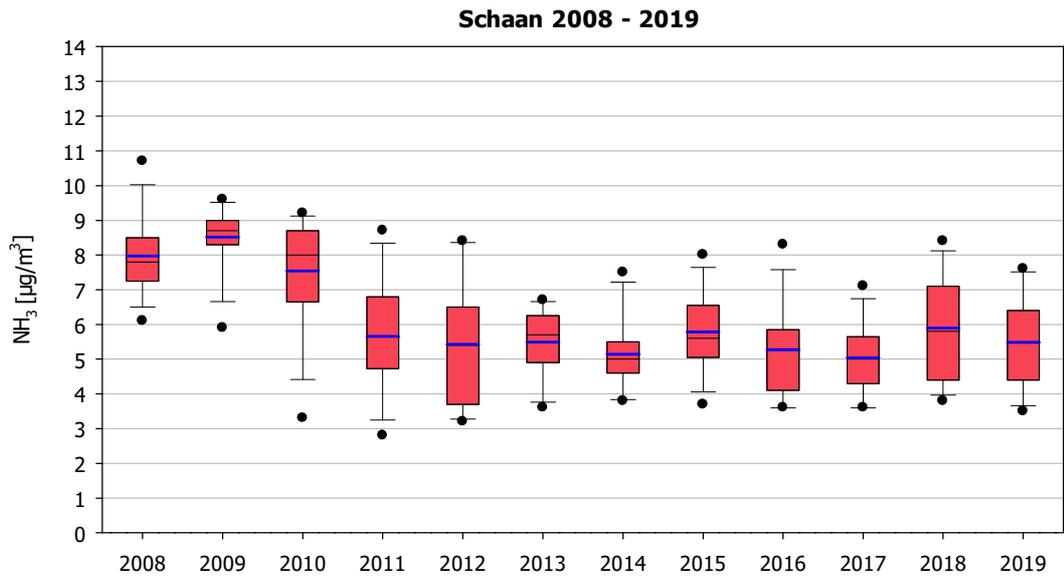


Abbildung 6 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2019 am Standort Schaan Lindenkreuzung. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

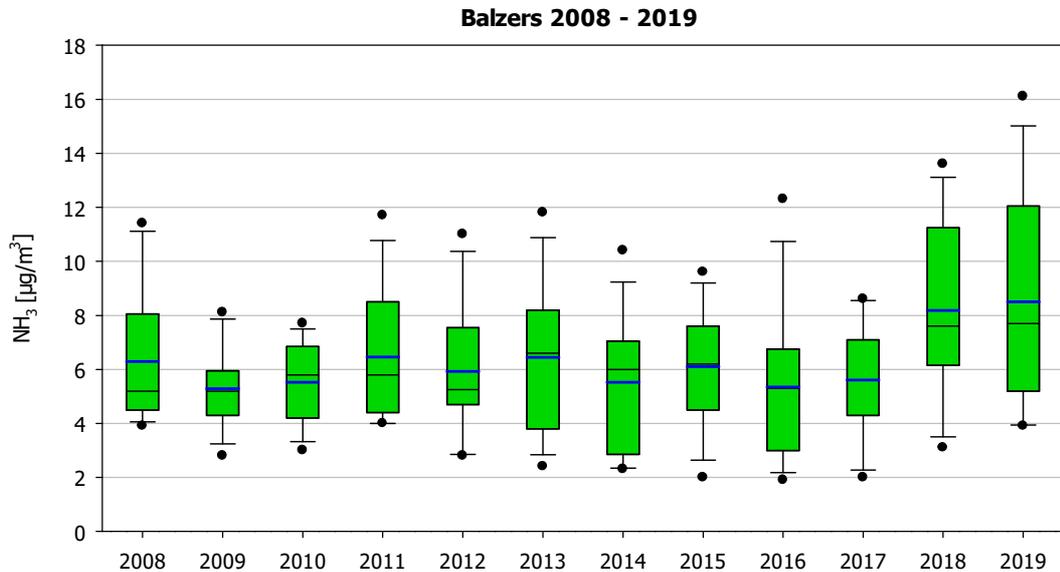


Abbildung 7 Box-Plots auf Basis der Periodenmittelwerte der Jahre 2008 – 2019 am Standort Balzers Aviols. Der Mittelwert ist als blaue Linie dargestellt.

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

MeteoSchweiz, 2020. *Klimareport 2019*, 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

Messtandort Schaan Lindenkreuzung



Quelle Karten: (LLV, 2018)

A-3

ANHANG 3 Messergebnisse 2019 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Mp	Standort	Anfang	Ende	PS 1	PS 2	PS 3	Mw
1	Eschen, Schwarz Strässle	02.01.2019	29.01.2019	4.4	4.1	4.0	4.2
2	Eschen, Schwarz Strässle	29.01.2019	28.02.2019	12.2	11.6	12.0	11.9
3	Eschen, Schwarz Strässle	28.02.2019	26.03.2019	7.8	7.8	7.6	7.7
4	Eschen, Schwarz Strässle	26.03.2019	23.04.2019	4.9	5.4	5.3	5.2
5	Eschen, Schwarz Strässle	23.04.2019	21.05.2019	4.8	4.7	4.8	4.8
6	Eschen, Schwarz Strässle	21.05.2019	18.06.2019	7.4	7.5	7.8	7.6
7	Eschen, Schwarz Strässle	18.06.2019	17.07.2019	A	11.2	11.0	11.1
8	Eschen, Schwarz Strässle	17.07.2019	14.08.2019	7.9	7.7	8.3	8.0
9	Eschen, Schwarz Strässle	14.08.2019	09.09.2019	7.3	6.5	6.8	6.9
10	Eschen, Schwarz Strässle	09.09.2019	10.10.2019	5.1	5.5	6.2	5.6
11	Eschen, Schwarz Strässle	10.10.2019	05.11.2019	6.6	6.9	6.8	6.8
12	Eschen, Schwarz Strässle	05.11.2019	03.12.2019	5.5	5.4	5.4	5.4
13	Eschen, Schwarz Strässle	03.12.2019	07.01.2020	7.3	6.1	6.2	6.5
1	Schaan, Lindenkreuzung	02.01.2019	29.01.2019	4.2	3.7	3.9	3.9
2	Schaan, Lindenkreuzung	29.01.2019	28.02.2019	7.0	7.3	7.8	7.4
3	Schaan, Lindenkreuzung	28.02.2019	26.03.2019	5.9	5.1	5.6	5.5
4	Schaan, Lindenkreuzung	26.03.2019	23.04.2019	4.7	4.9	5.0	4.9
5	Schaan, Lindenkreuzung	23.04.2019	21.05.2019	3.4	3.7	3.5	3.5
6	Schaan, Lindenkreuzung	21.05.2019	18.06.2019	6.2	6.4	6.1	6.2
7	Schaan, Lindenkreuzung	18.06.2019	17.07.2019	8.0	7.4	7.4	7.6
8	Schaan, Lindenkreuzung	17.07.2019	14.08.2019	6.2	6.5	7.0	6.6
9	Schaan, Lindenkreuzung	14.08.2019	09.09.2019	4.6	4.5	4.5	4.6
10	Schaan, Lindenkreuzung	09.09.2019	10.10.2019	5.5	6.1	6.2	5.9
11	Schaan, Lindenkreuzung	10.10.2019	05.11.2019	5.7	5.4	5.9	5.7
12	Schaan, Lindenkreuzung	05.11.2019	03.12.2019	5.2	5.2	5.4	5.3
13	Schaan, Lindenkreuzung	03.12.2019	07.01.2020	4.3	3.8	4.5	4.2
1	Balzers, Aviols	02.01.2019	29.01.2019	3.7	4.1	4.2	4.0
2	Balzers, Aviols	29.01.2019	28.02.2019	7.5	7.7	7.9	7.7
3	Balzers, Aviols	28.02.2019	26.03.2019	6.5	6.4	6.2	6.4
4	Balzers, Aviols	26.03.2019	23.04.2019	5.6	5.6	5.9	5.7
5	Balzers, Aviols	23.04.2019	21.05.2019	13.2	14.0	13.0	13.4
6	Balzers, Aviols	21.05.2019	18.06.2019	8.2	8.5	9.2	8.6
7	Balzers, Aviols	18.06.2019	17.07.2019	11.2	10.5	10.7	10.8
8	Balzers, Aviols	17.07.2019	14.08.2019	12.7	13.1	14.0	13.3
9	Balzers, Aviols	14.08.2019	09.09.2019	4.5	4.5	5.2	4.7
10	Balzers, Aviols	09.09.2019	10.10.2019	15.2	16.6	16.5	16.1
11	Balzers, Aviols	10.10.2019	05.11.2019	8.9	9.2	9.0	9.0
12	Balzers, Aviols	05.11.2019	03.12.2019	6.9	7.1	7.1	7.0
13	Balzers, Aviols	03.12.2019	07.01.2020	4.1	3.8	3.8	3.9

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

ANHANG 4 Fotodokumentation



Standort Eschen Schwarz Strässle (Umgebung Landwirtschaftsfläche)



Standort Schaan Lindenkreuzung (verkehrsexponiert, innerorts)



Standort Balzers Avioles (Agglomerationsrand, Umgebung Landwirtschaft)