

AMT FÜR UMWELT FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

ORGANISCHE SCHADSTOFFE IM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

BTEX-IMMISSIONSMESSNETZ



JAHRESBERICHT 2021

Schaan, 1. August 2022 / 8111_Jahresbericht 2021_V1.docx / 8111

[Acontec AG](#)

Im Bretscha 28
FL-9494 Schaan

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

info@acontec.com
www.acontec.com

Organische Schadstoffe (BTEX) im Fürstentum Liechtenstein

Jahresbericht 2021

Herausgeber:	Amt für Umwelt Liechtenstein
Inhalt:	Acontec AG, Schaan
Messungen:	Acontec AG, Schaan
Analytik:	LUBW; Karlsruhe
Auswertungen:	Acontec AG; Nadja Jaeggi
Titelfoto:	Schaan Landstrasse
Bezug:	Amt für Umwelt Postfach 684 9490 Vaduz www.au.llv.li

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	3
EINLEITUNG	3
MESSVERFAHREN	4
MESSSTANDORTE	5
JAHRESMITTELWERTE	6
JAHRESVERLAUF STRASSENNAHER STANDORTE	7
JAHRESVERLAUF AGGLOMERATIONSNAHER STANDORTE	9
JAHRESVERLAUF LÄNDLICHER HINTERGRUNDSTANDORTE	10
ZEITREIHEN	11
BOXPLOTS NACH STANDORTTYP	12
MESSWERTE 2021	20

ZUSAMMENFASSUNG

Seit mittlerweile 20 Jahren werden in Liechtenstein die BTEX-Konzentrationen gemessen. Diese Messungen ermöglichen eine Erfolgskontrolle von bereits eingeleiteten Reduktionsmassnahmen (z.B. VOC-Lenkungsabgaben und Verringerung des Benzolgehalts in Treibstoffen) und sind hilfreich bei der Evaluierung künftiger Bemühungen, die Belastungen weiter zu senken. Im Jahr 2021 wurden an allen Messstandorten die Grenz- und Zielwerte für Benzol, Toluol und Xylole eingehalten. Aufgrund der krebserregenden Wirkung von Benzol darf trotz der Einhaltung der Grenz- und Zielwerte nicht davon ausgegangen werden, dass somit keine Gesundheitsgefährdung mehr besteht. Daher gilt es die Benzolbelastung möglichst zu reduzieren.

EINLEITUNG

Eine Vielzahl flüchtiger organischer Verbindungen (VOC), denen auch die gemessenen Verbindungen Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (para-, meta-, und ortho-Xylol) zuzuordnen sind, können zu Beeinträchtigungen der Gesundheit führen. Zudem sind VOC wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung bodennahen Ozons, dessen Immissionsgrenzwerte jährlich, insbesondere in den Sommermonaten, überschritten werden. Aus diesen Gründen ist die laufende Überprüfung der Einhaltung von Immissionsgrenzwerten in der Luft von grosser Relevanz.

Für das krebserregende Benzol gilt in Liechtenstein ein Immissionsgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert). Dies entspricht der Vorgabe der Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 16.11.2000. Überdies empfiehlt der deutsche Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) Zielwerte für Benzol ($2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie für Toluol und Xylol (jeweils $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Im September 2001 hat die Regierung des Fürstentums Liechtenstein das Konzept „Durchführung von Benzol-Immissionsmessungen“ (RA 1/2396-8620) genehmigt. Basierend auf diesem Konzept betreibt das Amt für Umwelt seither ein Messnetz an sieben Standorten zur Immissionsüberwachung von organischen Schadstoffen. Im vorliegenden Bericht sind die Messergebnisse des Jahres 2021 beschrieben und beurteilt.

MESSVERFAHREN

Die Messungen wurden mit sogenannten Passivsammlern durchgeführt. Im Gegensatz zur aktiven Probenahme erfolgt bei der passiven Probenahme mittels Passivsammlern der Trans-



port der Schadstoffmoleküle durch Diffusionsvorgänge und nicht durch die Verwendung einer Pumpe. Der grosse Vorteil dieser passiven Methode liegt darin, dass keine externe Energieversorgung der Messstandorte notwendig ist und die Messeinrichtung nur wenig Platz benötigt (s. Abb. unten). Die Adsorption der Schadstoffmoleküle erfolgt auf Aktivkohle-Sorptionsröhrchen (s. Abb. links) des Typs ORSA (Fa. Dräger

AG). Für jede Charge

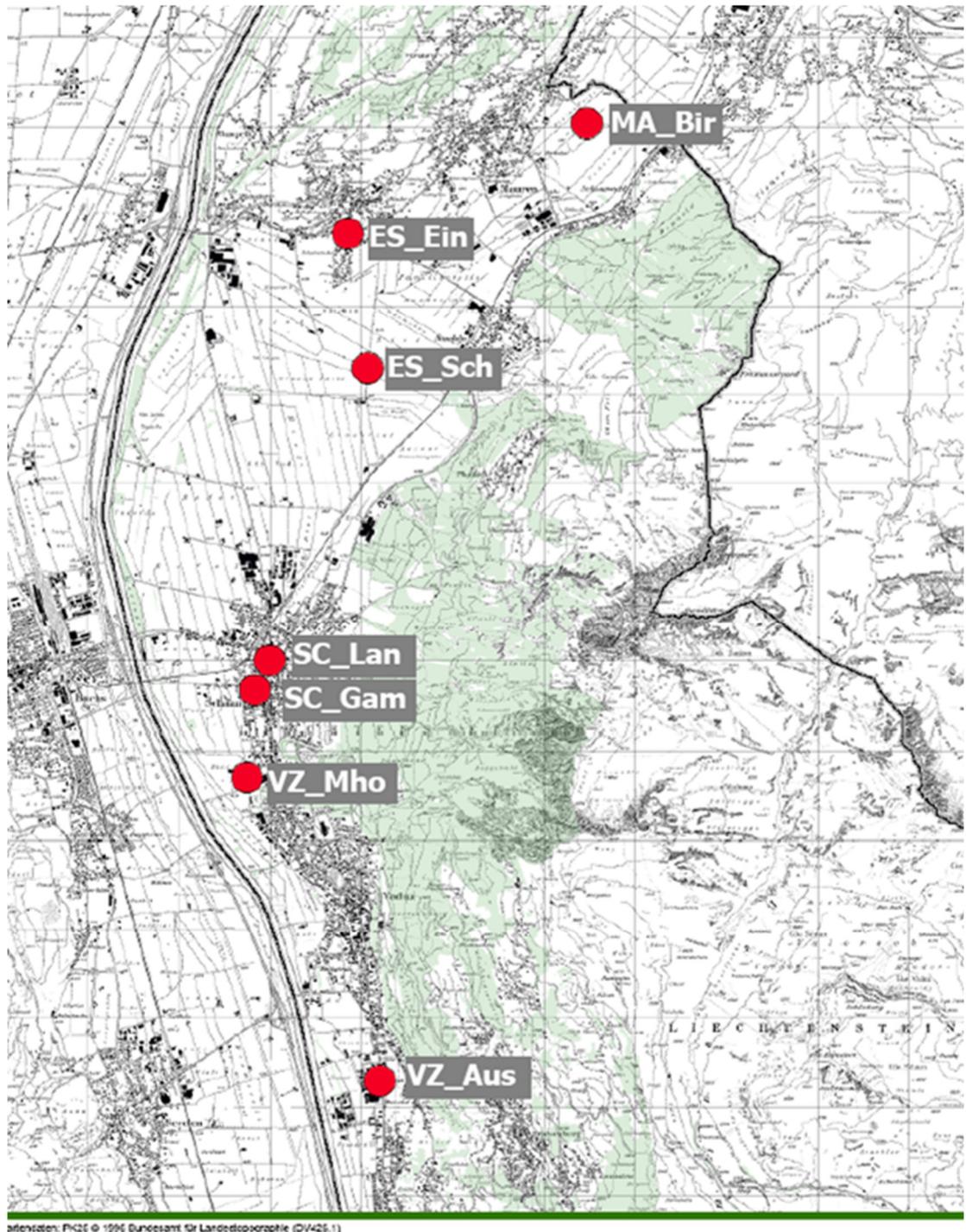
Aktivkohleröhrchen erfolgt eine Blindwertbestimmung, mit derer die Messresultate der entsprechenden Charge jeweils korrigiert werden. Die Auswertung erfolgt nach der Extraktion der Aktivkohle mit Schwefelkohlenstoff (CS_2) mittels gaschromatographischer Analyse. Pro Messstandort wurden jeweils zwei Sammler pro Messzyklus (Doppelbestimmung) exponiert. Die Passivsammler wurden in einem unten offenen



Witterungsschutz aus Kunststoff oder Metall während jeweils 4 Wochen unter Beachtung einer möglichst freien Anströmbarkeit exponiert (s. Abb. rechts).

MESSSTANDORTE

Im Messjahr 2021 wurden an insgesamt 7 Standorten BTEX-Messungen durchgeführt. Die Expositionshöhe variiert je nach Standort zwischen 2 und 3 Meter. Auf der nachfolgenden Karte sind die Messstandorte eingezeichnet.



Standortübersicht

Kurzbez.	Bezeichnung	Standorttyp ¹⁾	Verkehrsbelastung (DTV) ^{1,2)}	Bebauung	Abstand Strasse [m] ³⁾	Messung seit
ES_Ein	Eschen Eintrachtkreisel	Ländlich – Verkehr	mittel (ca. 15'000)	einseitig offen	2	2003
ES_Sch	Eschen Schwarz Strässle	Ländlich – Hintergrund - stadtnah	sehr gering (Fahrverbot (landw. Verkehr gestattet))	offen	nicht relevant	2002
MA_Bir	Mauren Birkenhof	Ländlich – Hintergrund - stadtnah	sehr gering (Fahrverbot (landw. Verkehr gestattet))	offen	nicht relevant	2002
SC_Gam	Schaan Gamperdon	Suburban – Hintergrund	sehr gering (Quartier) ⁴⁾	geschlossen	nicht relevant	2003
SC_Lan	Schaan Landstrasse	Suburban – Verkehr	mittel (ca. 10'000) ⁴⁾	geschlossen	5	2002
VZ_Aus	Vaduz Austrasse	Suburban – Verkehr	mittel (ca. 12'000)	einseitig offen	12	2005
VZ_Mho	Vaduz Mühleholz	Suburban – Hintergrund	sehr gering (ca. 1'000)	offen	2	2005

¹⁾ Charakterisierung gemäss BAFU Empfehlung „Immissionsmessung von Luftfremdstoffen“ (Stand 2021)

²⁾ DTV = durchschnittlicher täglicher Verkehr (Anzahl Fahrzeuge pro Tag in beide Richtungen)

³⁾ Abstand zur Strasse gemessen vom Fahrbahnrand

⁴⁾ Verlässliche Messwerte sind nicht vorhanden

JAHRESMITTELWERTE

Der Immissionsgrenzwert für Benzol sowie die Zielwerte für Benzol, Toluol und Xylol werden an allen Standorten eingehalten. Die Jahresmittelwerte aller Parameter liegen im Vergleich zum Jahr 2020 auf einem ähnlichen Niveau.

Übersicht Jahresmittelwerte 2021 in µg/m³

	Benzol	Toluol	Ethylbenzol	m-, p-Xylol	o-Xylol
ES_Ein	0.7	1.8	0.5	1.7	0.5
ES_Sch	0.4	1.0	0.3	1.1	0.4
MA_Bir	0.5	1.1	0.3	1.2	0.4
SC_Gam	0.5	1.5	0.4	1.4	0.4
SC_Lan*	0.7	2.1	0.5	1.9	0.6
VZ_Aus	0.5	1.4	0.4	1.4	0.4
VZ_Mho	0.5	1.2	0.3	1.3	0.4

*Aufgrund fehlender Messwerte im Zyklus 8 wurde der Jahresmittelwert aus den Resultaten von 12 statt 13 Messzyklen gebildet

JAHRESVERLAUF STRASSENNAHER STANDORTE TEIL I

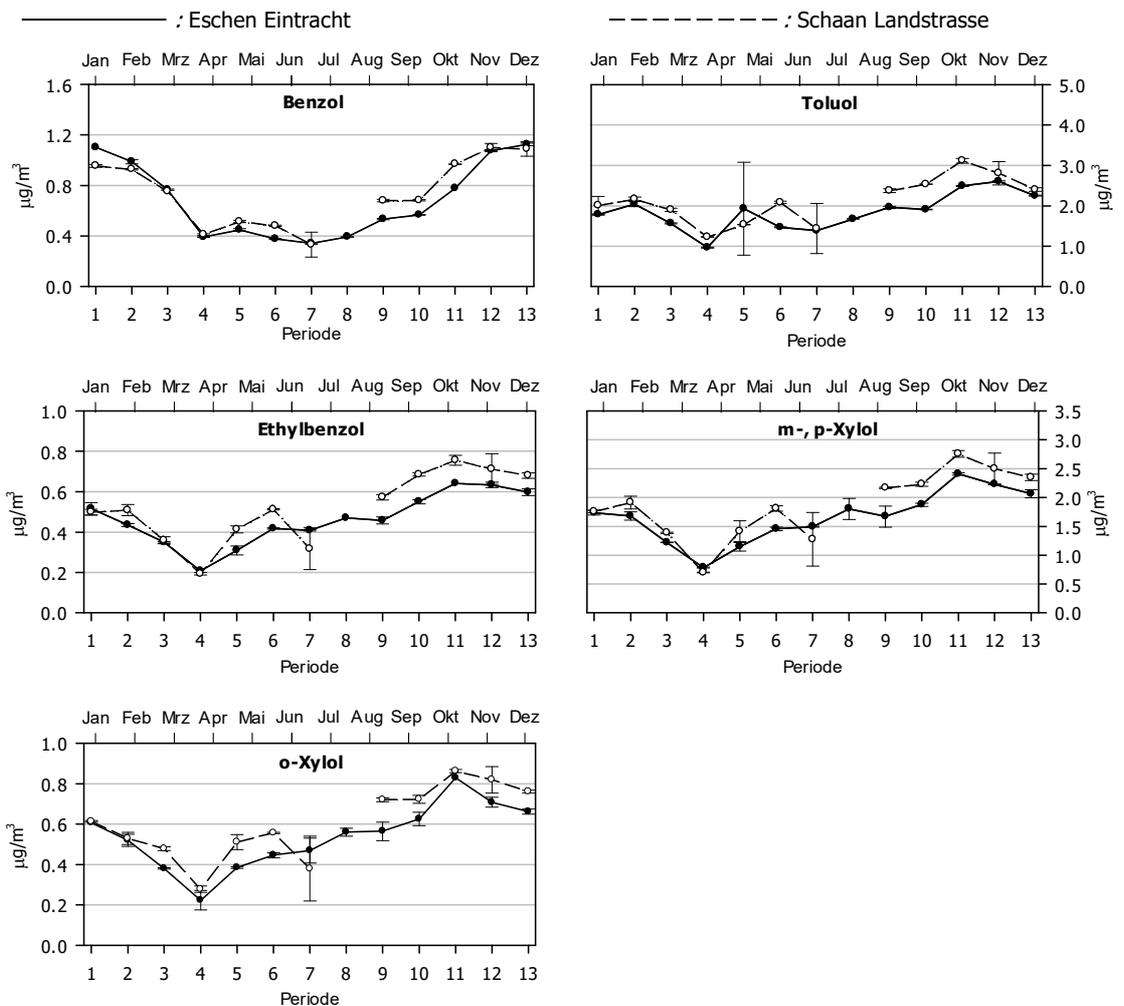
Eschen Eintracht



Schaan Landstrasse



VERLAUF DER PERIODENMITTEL UND STANDARDABWEICHUNG DER DOPPELPROBEN



JAHRESVERLAUF STRASSENNAHER STANDORTE TEIL II

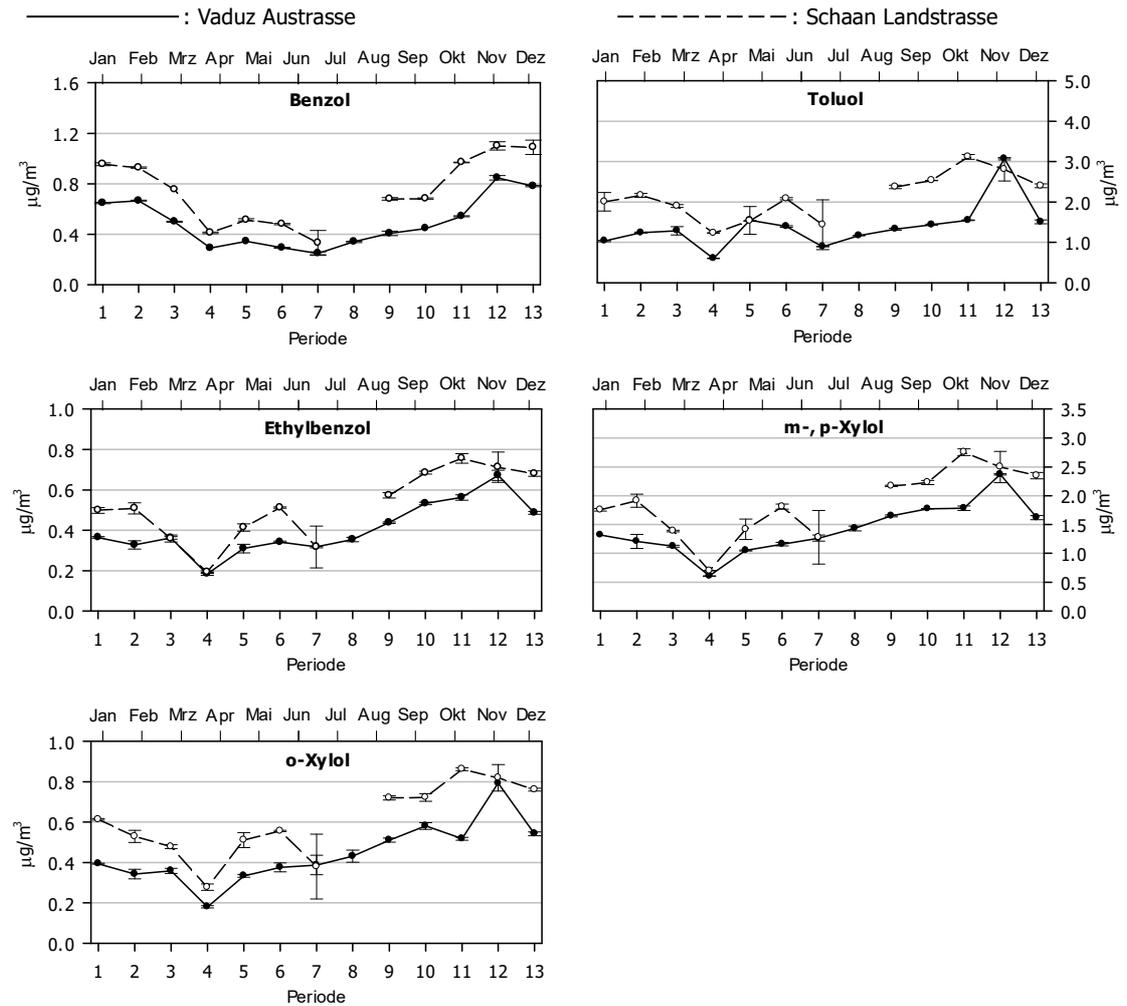
Vaduz Austrasse



Schaan Landstrasse (als Vergleich)



VERLAUF DER PERIODENMITTEL UND STANDARDABWEICHUNG DER DOPPELPROBEN



JAHRESVERLAUF AGGLOMERATIONSNAHER STANDORTE

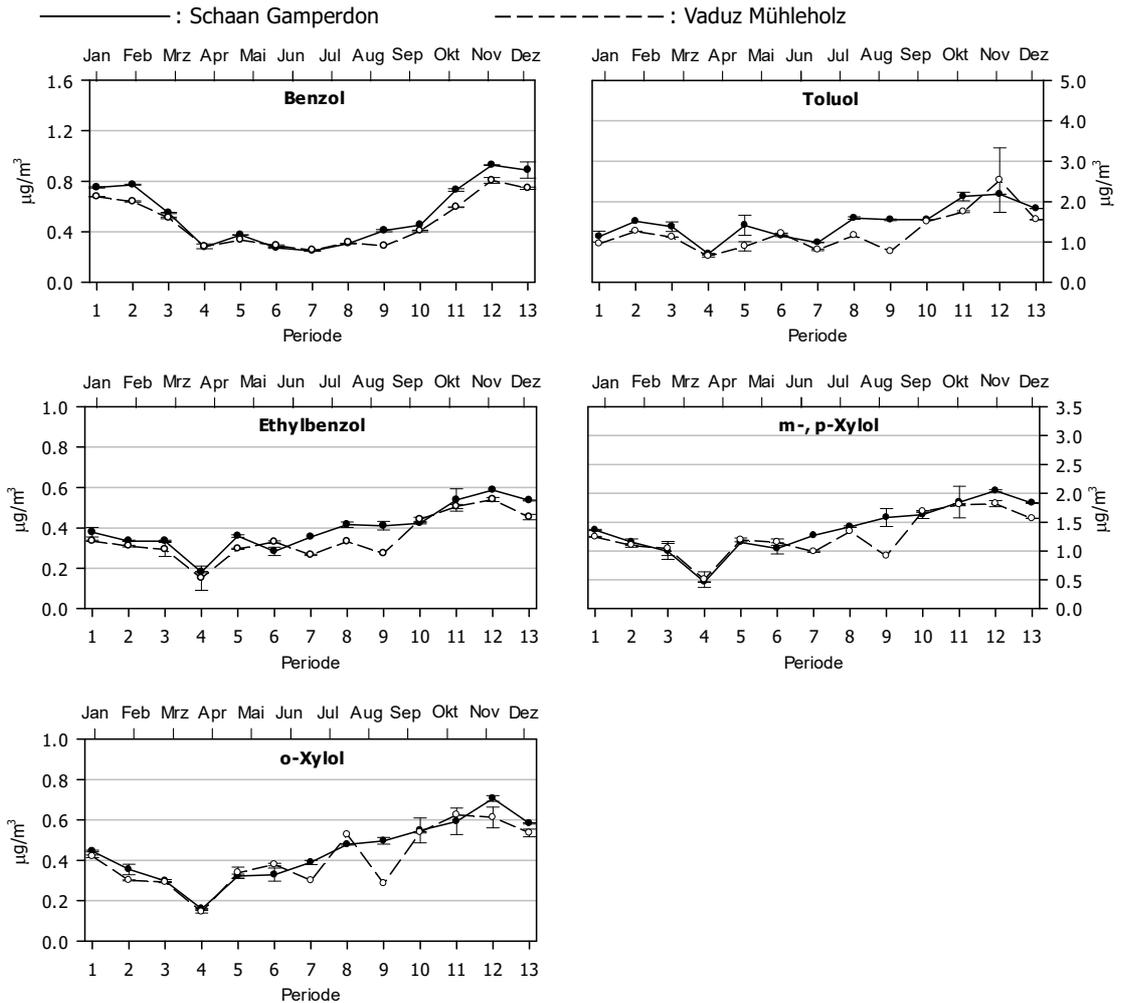
Schaan Gamperdon



Vaduz Mühleholz



VERLAUF DER PERIODENMITTEL UND STANDARDABWEICHUNG DER DOPPELPROBEN



JAHRESVERLAUF LÄNDLICHER HINTERGRUND- STANDORTE

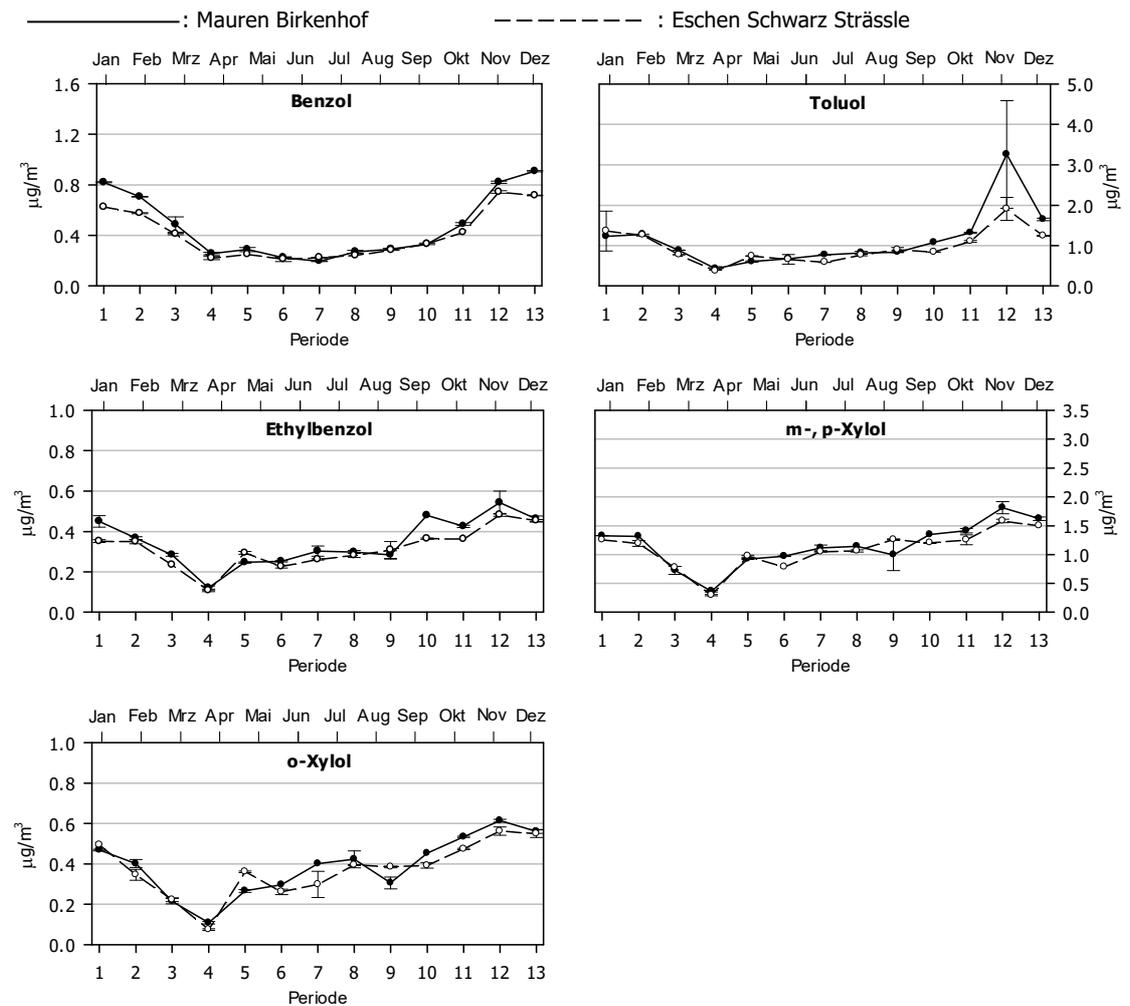
Mauren Birkenhof



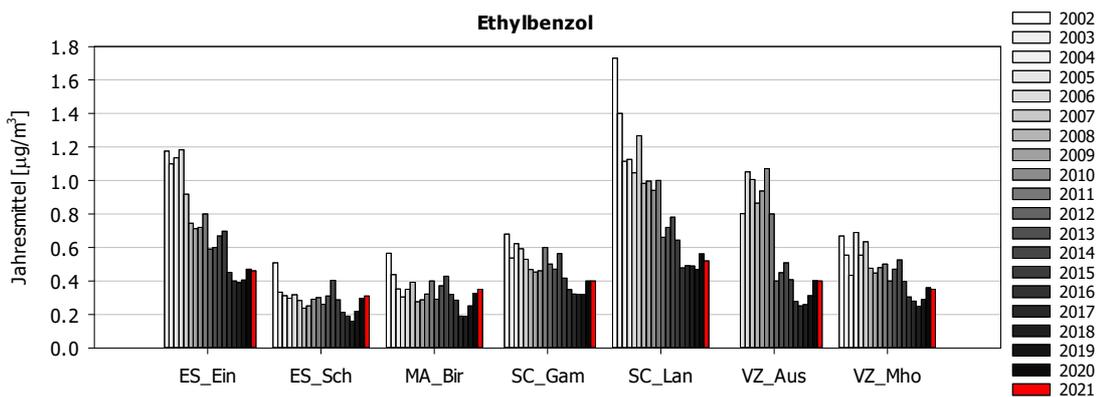
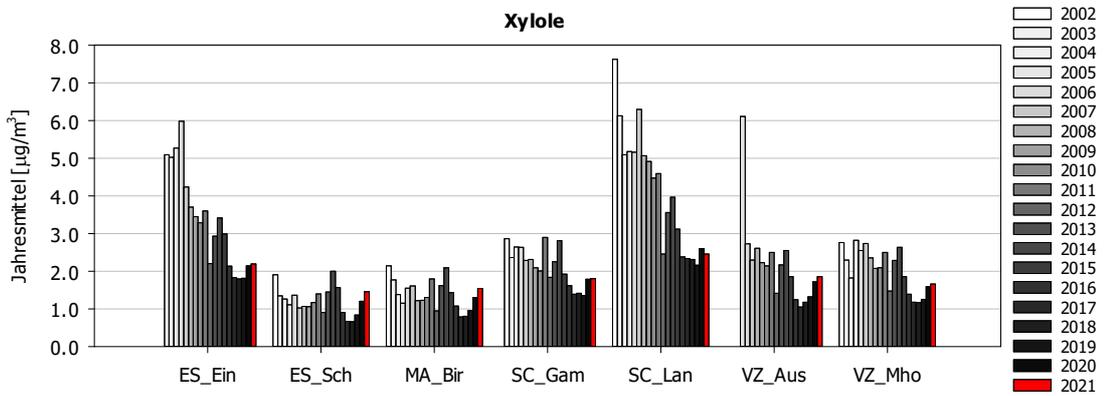
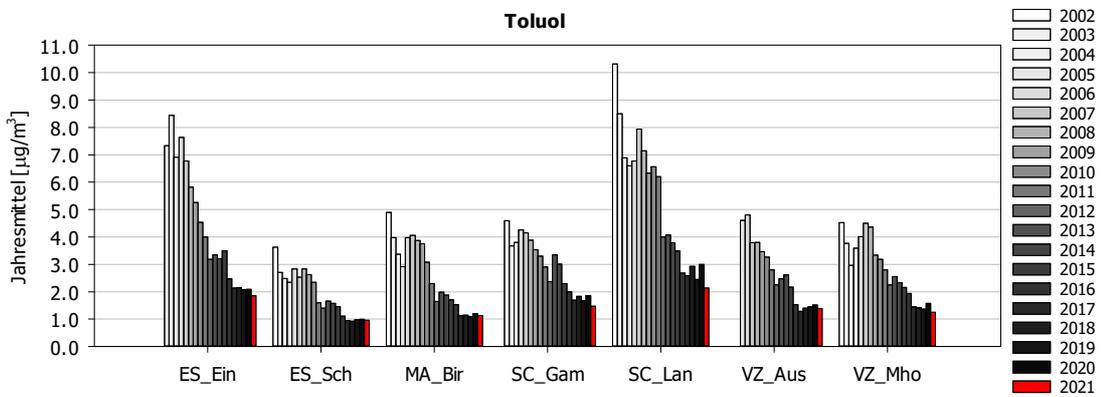
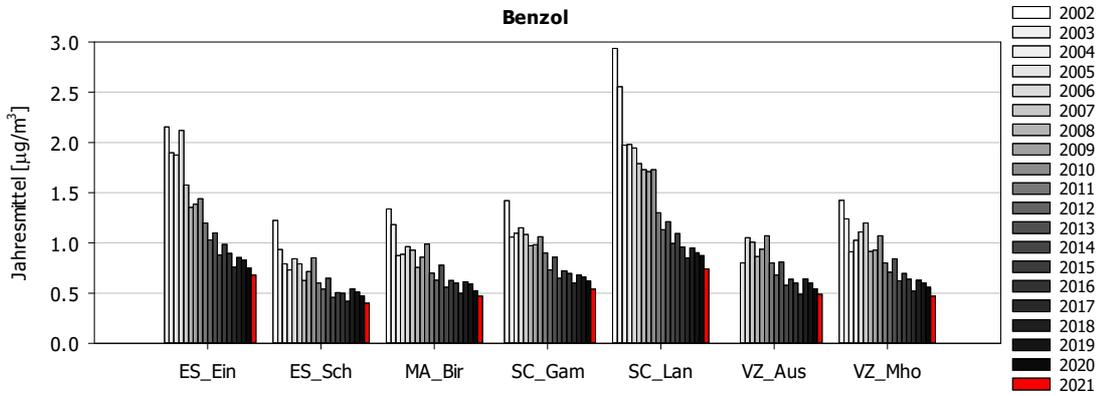
Eschen Schwarz Strässle



VERLAUF DER PERIODENMITTEL UND STANDARDABWEICHUNG DER DOPPELPROBEN

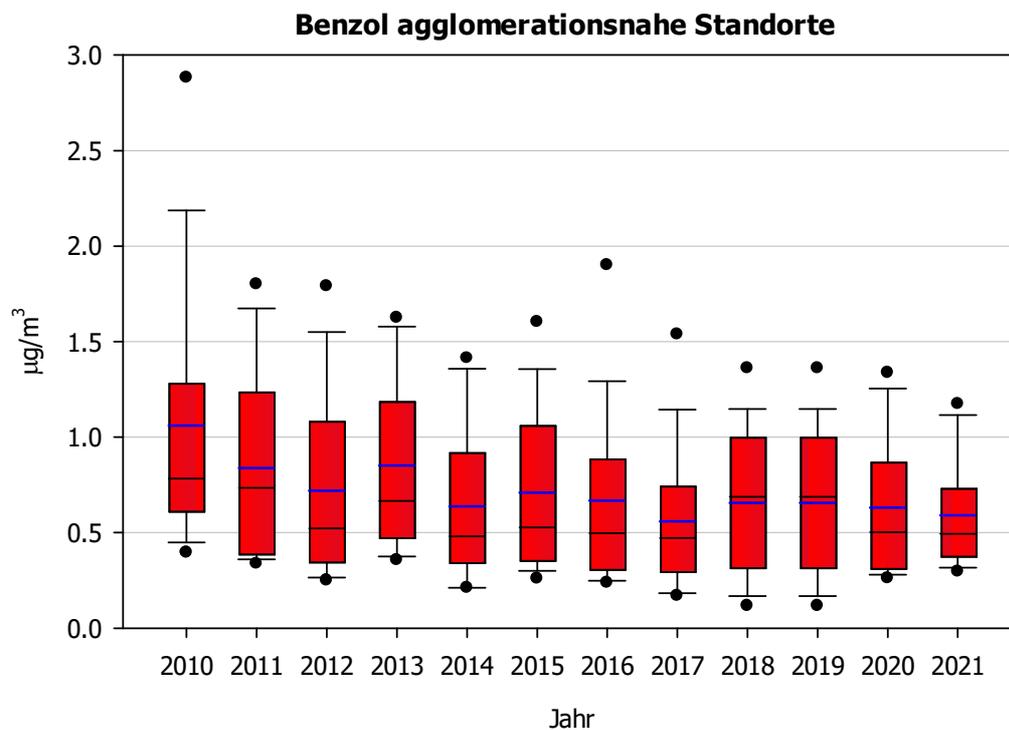
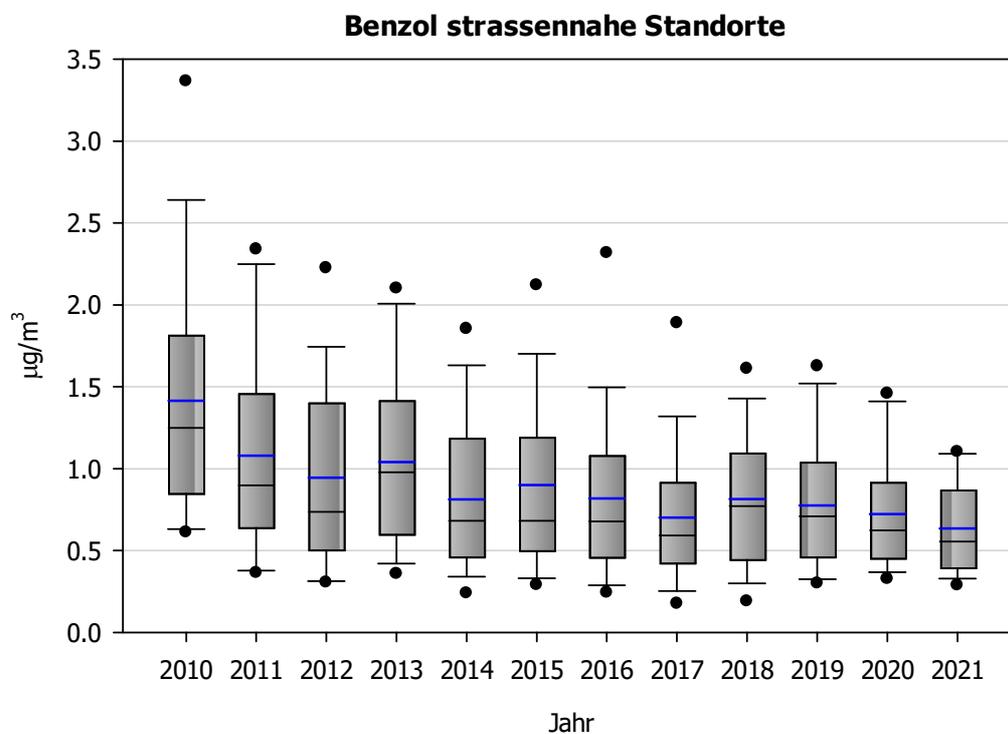


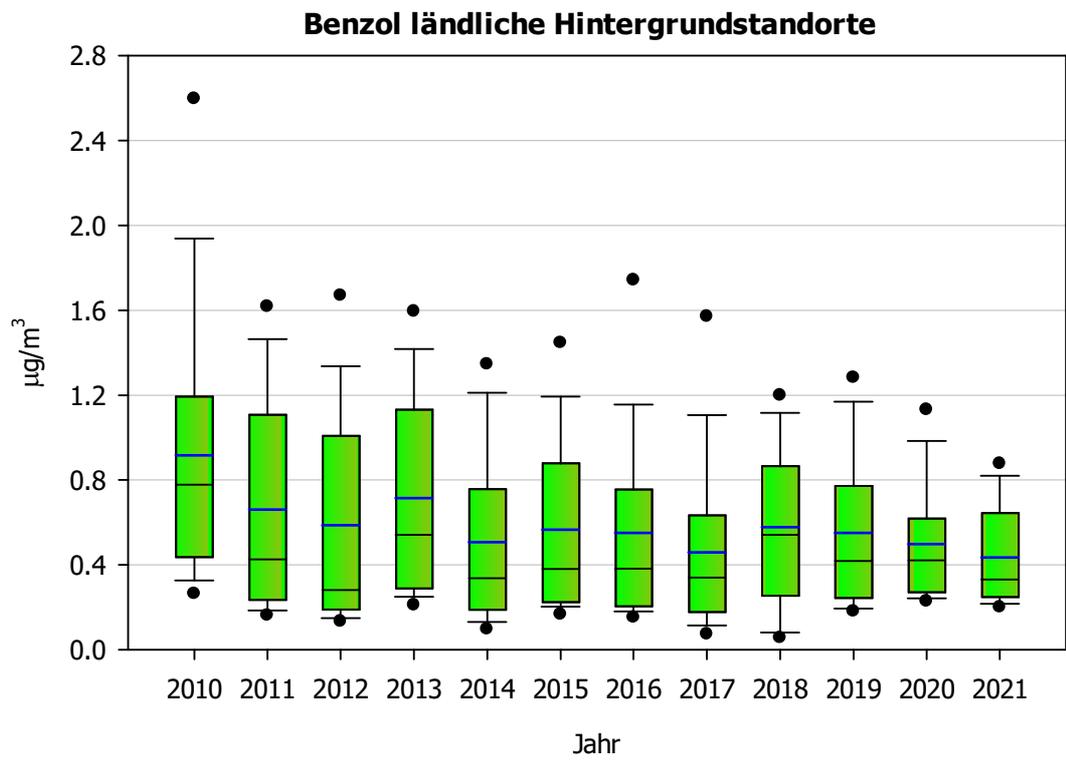
ZEITREIHEN



BOXPLOTS BENZOL NACH STANDORTTYP

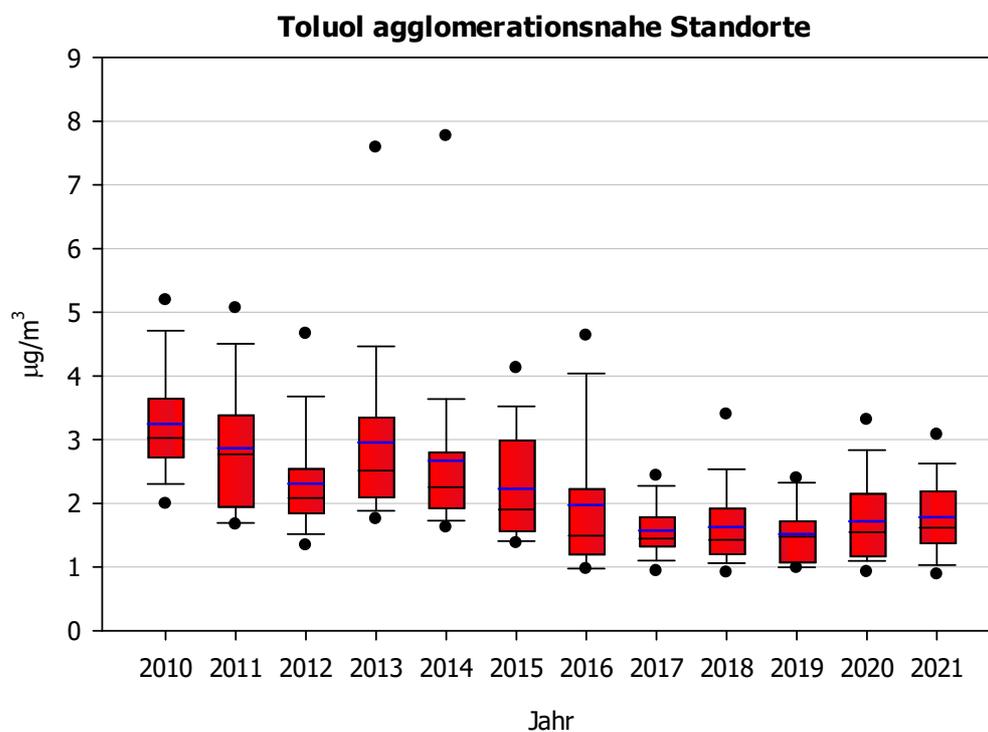
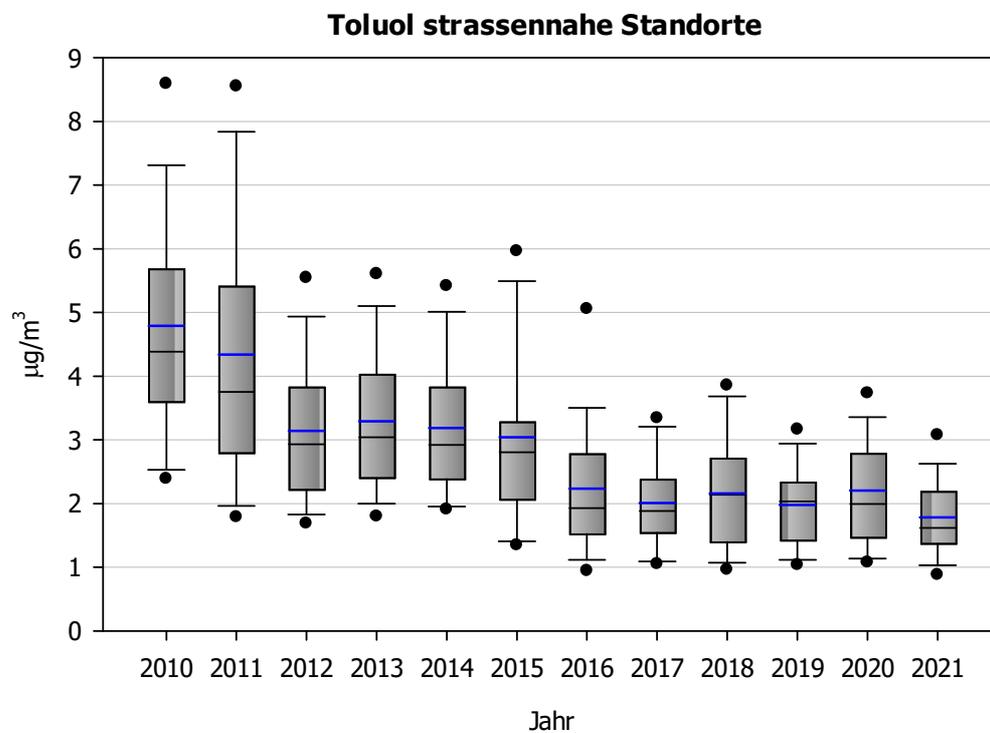
Boxplots der Periodenmittelwerte (Mittelwert blau dargestellt)

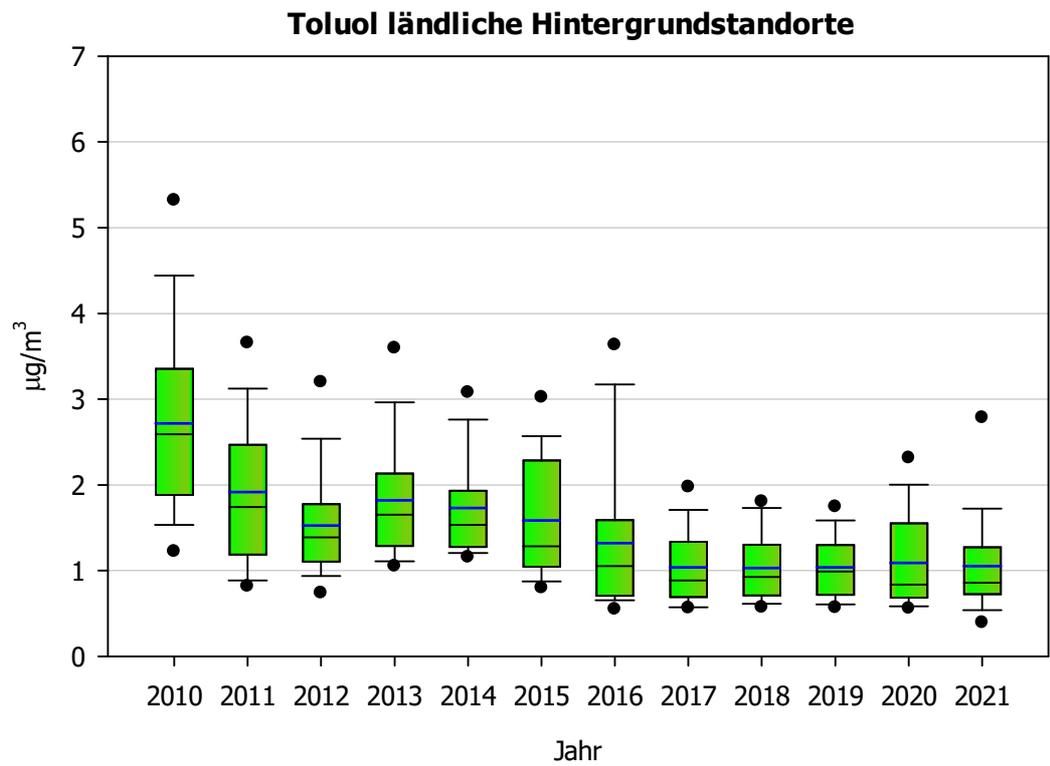




BOXPLOTS TOLUOL NACH STANDORTTYP

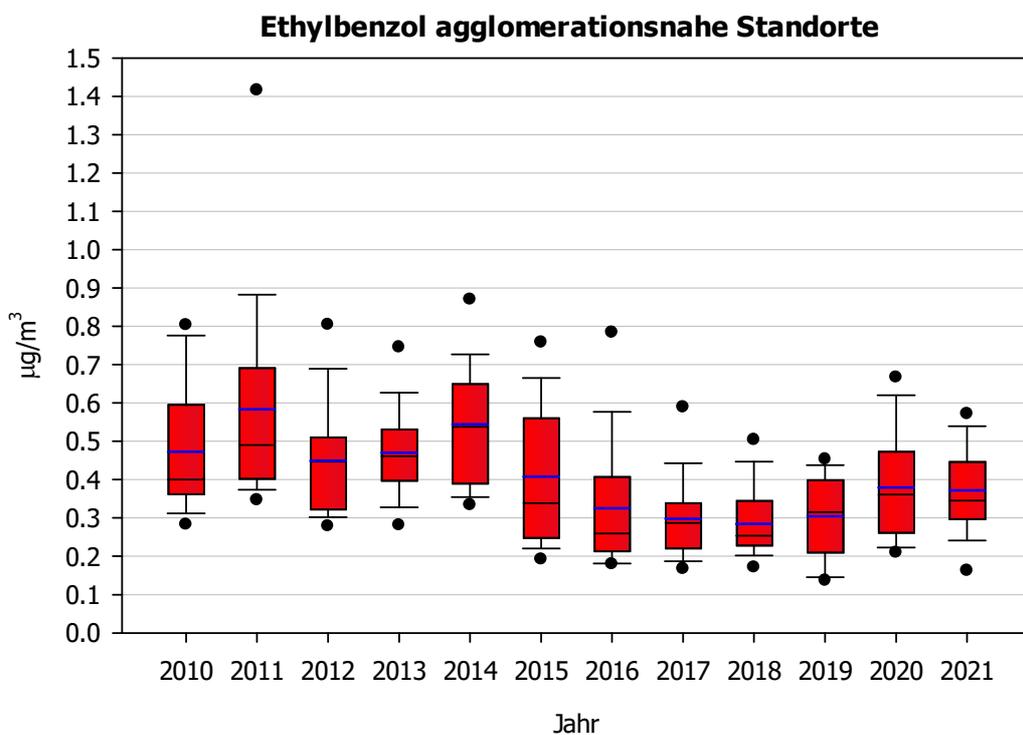
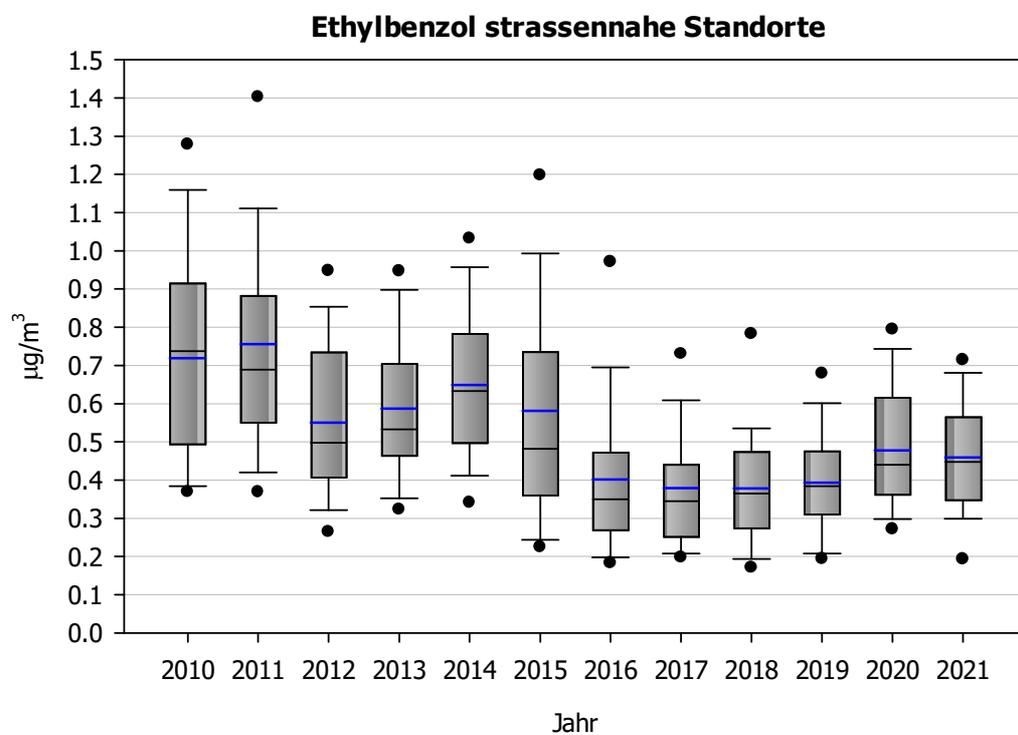
Boxplots der Periodenmittelwerte (Mittelwert blau dargestellt)

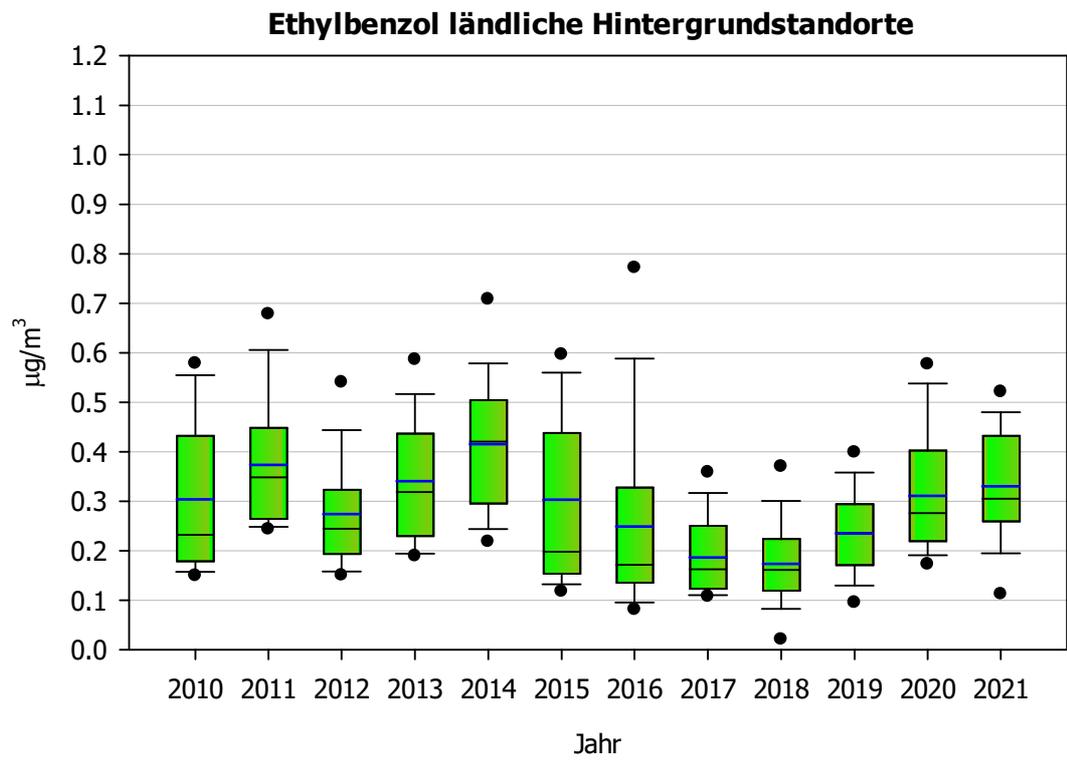




BOXPLOTS ETHYLBENZOL NACH STANDORTTYP

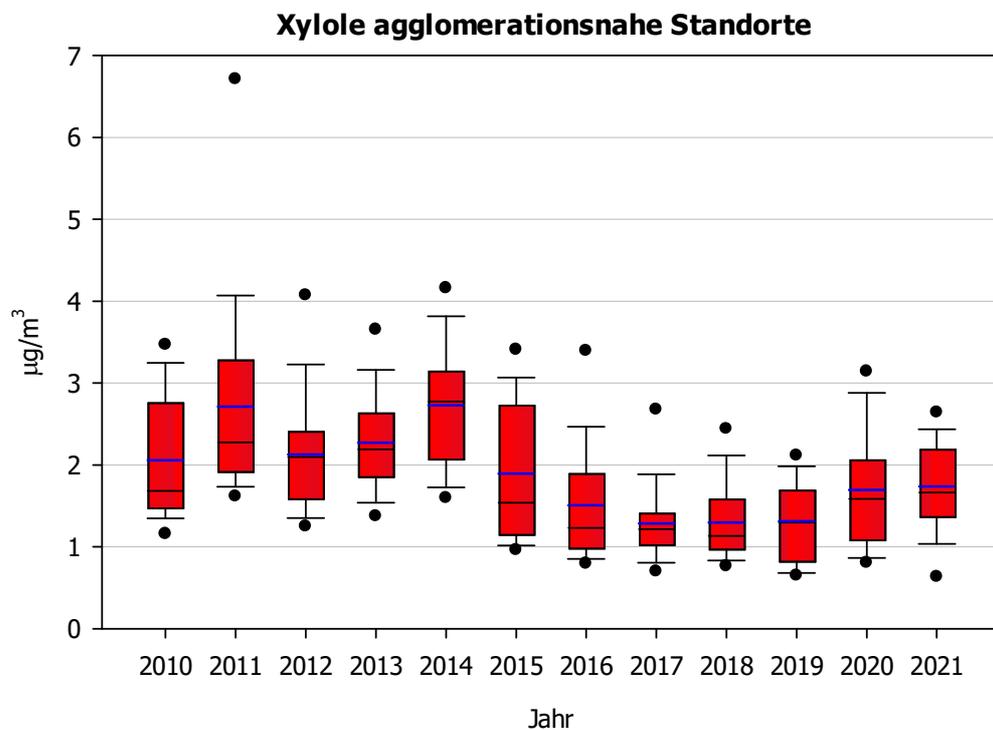
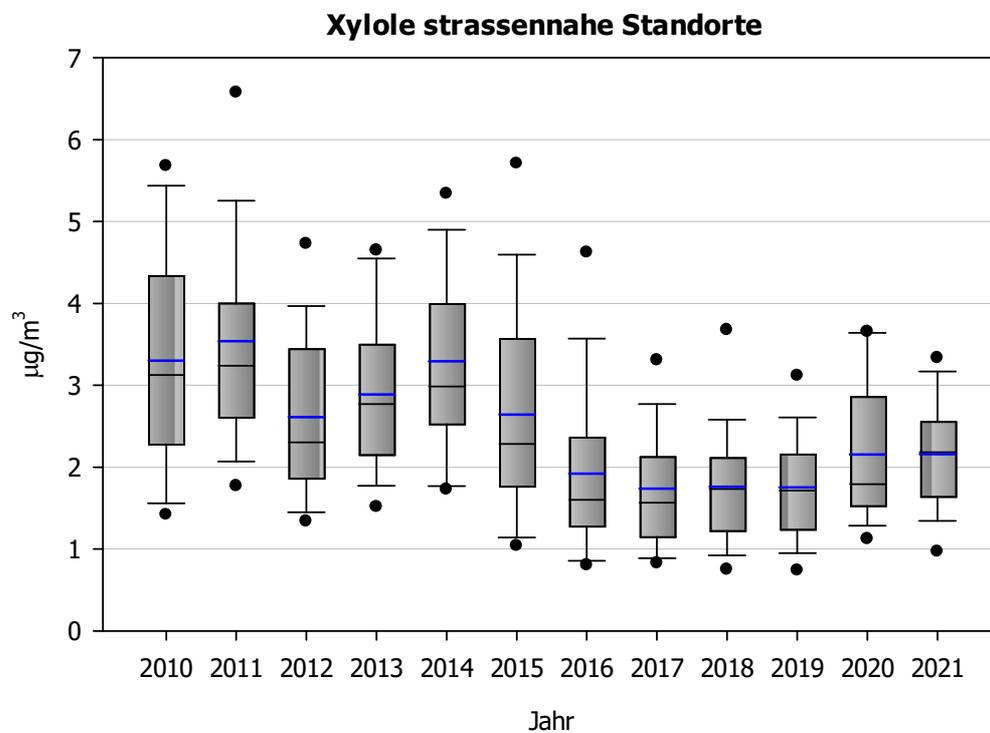
Boxplots der Periodenmittelwerte (Mittelwert blau dargestellt)

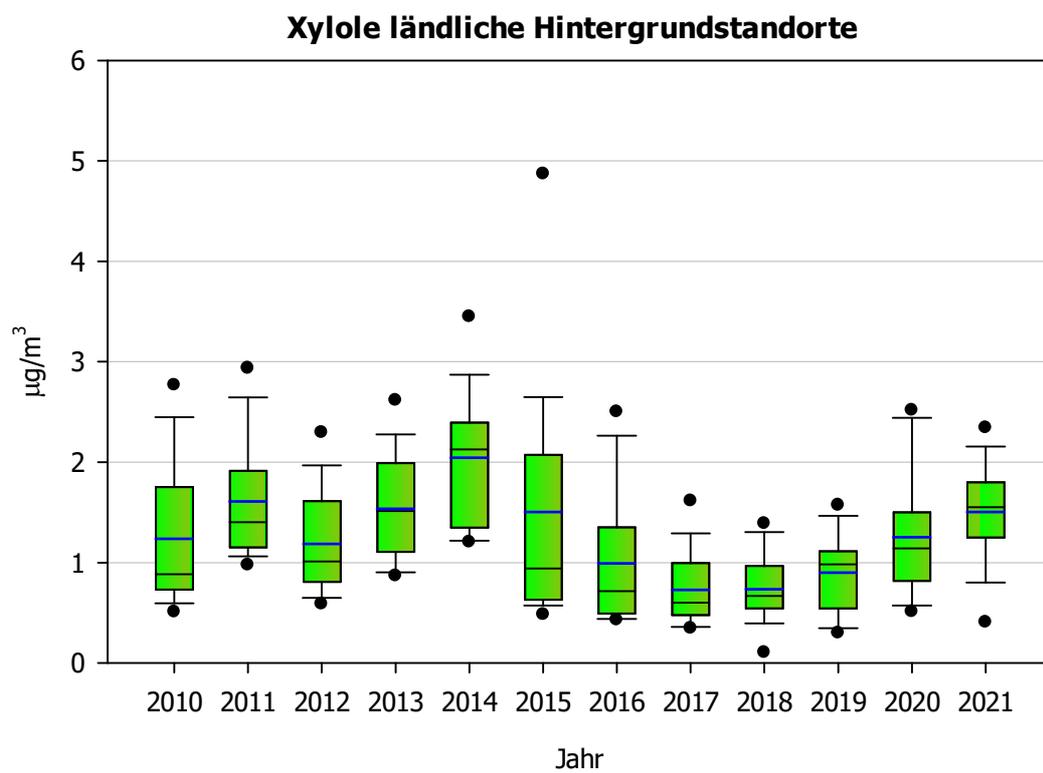




BOXPLOTS XYLOLE NACH STANDORTTYP

Boxplots der Periodenmittelwerte (Summe m-, p-Xylol und o-Xylol; Mittelwert blau dargestellt)





MESSWERTE

Messwerte 2021							
Bez.	Zyklus	Exposition	Benzol	Toluol	Ethyl- benzol	m/p-Xylol	o-Xylol
ES_Ein	01	05.01.2021-02.02.2021	1.1	1.8	0.5	1.7	0.6
ES_Ein	02	02.02.2021-02.03.2021	1.0	2.0	0.4	1.7	0.5
ES_Ein	03	02.03.2021-30.03.2021	0.8	1.6	0.3	1.2	0.4
ES_Ein	04	30.03.2021-28.04.2021	0.4	1.0	0.2	0.8	0.2
ES_Ein	05	28.04.2021-25.05.2021	0.4	1.9	0.3	1.1	0.4
ES_Ein	06	25.05.2021-23.06.2021	0.4	1.5	0.4	1.5	0.4
ES_Ein	07	23.06.2021-20.07.2021	0.3	1.4	0.4	1.5	0.5
ES_Ein	08	20.07.2021-17.08.2021	0.4	1.7	0.5	1.8	0.6
ES_Ein	09	17.08.2021-14.09.2021	0.5	2.0	0.5	1.7	0.6
ES_Ein	10	14.09.2021-12.10.2021	0.6	1.9	0.6	1.9	0.6
ES_Ein	11	12.10.2021-09.11.2021	0.8	2.5	0.6	2.4	0.8
ES_Ein	12	09.11.2021-06.12.2021	1.1	2.6	0.6	2.2	0.7
ES_Ein	13	06.12.2021-04.01.2022	1.1	2.2	0.6	2.1	0.7
ES_Sch	01	05.01.2021-02.02.2021	0.6	1.4	0.4	1.3	0.5
ES_Sch	02	02.02.2021-02.03.2021	0.6	1.3	0.3	1.2	0.3
ES_Sch	03	02.03.2021-30.03.2021	0.4	0.8	0.2	0.8	0.2
ES_Sch	04	30.03.2021-28.04.2021	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1
ES_Sch	05	28.04.2021-25.05.2021	0.3	0.7	0.3	1.0	0.4
ES_Sch	06	25.05.2021-23.06.2021	0.2	0.7	0.2	0.8	0.3
ES_Sch	07	23.06.2021-20.07.2021	0.2	0.6	0.3	1.0	0.3
ES_Sch	08	20.07.2021-17.08.2021	0.2	0.8	0.3	1.1	0.4
ES_Sch	09	17.08.2021-14.09.2021	0.3	0.9	0.3	1.3	0.4
ES_Sch	10	14.09.2021-12.10.2021	0.3	0.8	0.4	1.2	0.4
ES_Sch	11	12.10.2021-09.11.2021	0.4	1.1	0.4	1.3	0.5
ES_Sch	12	09.11.2021-06.12.2021	0.7	1.9	0.5	1.6	0.6
ES_Sch	13	06.12.2021-04.01.2022	0.7	1.2	0.5	1.5	0.5
MA_Bir	01	05.01.2021-02.02.2021	0.8	1.2	0.5	1.3	0.5
MA_Bir	02	02.02.2021-02.03.2021	0.7	1.3	0.4	1.3	0.4
MA_Bir	03	02.03.2021-30.03.2021	0.5	0.9	0.3	0.7	0.2
MA_Bir	04	30.03.2021-28.04.2021	0.3	0.4	0.1	0.4	0.1
MA_Bir	05	28.04.2021-25.05.2021	0.3	0.6	0.2	0.9	0.3
MA_Bir	06	25.05.2021-23.06.2021	0.2	0.7	0.3	1.0	0.3
MA_Bir	07	23.06.2021-20.07.2021	0.2	0.8	0.3	1.1	0.4
MA_Bir	08	20.07.2021-17.08.2021	0.3	0.8	0.3	1.1	0.4

Messwerte 2021							
Bez.	Zyklus	Exposition	Benzol	Toluol	Ethyl- benzol	m/p-Xylol	o-Xylol
MA_Bir	09	17.08.2021-14.09.2021	0.3	0.8	0.3	1.0	0.3
MA_Bir	10	14.09.2021-12.10.2021	0.3	1.1	0.5	1.3	0.5
MA_Bir	11	12.10.2021-09.11.2021	0.5	1.3	0.4	1.4	0.5
MA_Bir	12	09.11.2021-06.12.2021	0.8	3.3	0.5	1.8	0.6
MA_Bir	13	06.12.2021-04.01.2022	0.9	1.6	0.5	1.6	0.6
SC_Gam	01	05.01.2021-02.02.2021	0.8	1.1	0.4	1.4	0.4
SC_Gam	02	02.02.2021-02.03.2021	0.8	1.5	0.3	1.2	0.4
SC_Gam	03	02.03.2021-30.03.2021	0.5	1.4	0.3	1.0	0.3
SC_Gam	04	30.03.2021-28.04.2021	0.3	0.7	0.2	0.5	0.2
SC_Gam	05	28.04.2021-25.05.2021	0.4	1.4	0.4	1.1	0.3
SC_Gam	06	25.05.2021-23.06.2021	0.3	1.2	0.3	1.0	0.3
SC_Gam	07	23.06.2021-20.07.2021	0.2	1.0	0.4	1.3	0.4
SC_Gam	08	20.07.2021-17.08.2021	0.3	1.6	0.4	1.4	0.5
SC_Gam	09	17.08.2021-14.09.2021	0.4	1.6	0.4	1.6	0.5
SC_Gam	10	14.09.2021-12.10.2021	0.5	1.6	0.4	1.6	0.5
SC_Gam	11	12.10.2021-09.11.2021	0.7	2.1	0.5	1.8	0.6
SC_Gam	12	09.11.2021-06.12.2021	0.9	2.2	0.6	2.0	0.7
SC_Gam	13	06.12.2021-04.01.2022	0.9	1.8	0.5	1.8	0.6
SC_Lan	01	05.01.2021-02.02.2021	1.0	2.0	0.5	1.8	0.6
SC_Lan	02	02.02.2021-02.03.2021	0.9	2.2	0.5	1.9	0.5
SC_Lan	03	02.03.2021-30.03.2021	0.8	1.9	0.4	1.4	0.5
SC_Lan	04	30.03.2021-28.04.2021	0.4	1.2	0.2	0.7	0.3
SC_Lan	05	28.04.2021-25.05.2021	0.5	1.5	0.4	1.4	0.5
SC_Lan	06	25.05.2021-23.06.2021	0.5	2.1	0.5	1.8	0.6
SC_Lan	07	23.06.2021-20.07.2021	0.3	1.4	0.3	1.3	0.4
SC_Lan	08	20.07.2021-17.08.2021	---	---	---	---	---
SC_Lan	09	17.08.2021-14.09.2021	0.7	2.4	0.6	2.2	0.7
SC_Lan	10	14.09.2021-12.10.2021	0.7	2.5	0.7	2.2	0.7
SC_Lan	11	12.10.2021-09.11.2021	1.0	3.1	0.8	2.8	0.9
SC_Lan	12	09.11.2021-06.12.2021	1.1	2.8	0.7	2.5	0.8
SC_Lan	13	06.12.2021-04.01.2022	1.1	2.4	0.7	2.3	0.8
VZ_Aus	01	05.01.2021-02.02.2021	0.6	1.0	0.4	1.3	0.4
VZ_Aus	02	02.02.2021-02.03.2021	0.7	1.2	0.3	1.2	0.3
VZ_Aus	03	02.03.2021-30.03.2021	0.5	1.3	0.4	1.1	0.4
VZ_Aus	04	30.03.2021-28.04.2021	0.3	0.6	0.2	0.6	0.2
VZ_Aus	05	28.04.2021-25.05.2021	0.3	1.5	0.3	1.0	0.3

Messwerte 2021							
Bez.	Zyklus	Exposition	Benzol	Toluol	Ethyl- benzol	m/p-Xylol	o-Xylol
VZ_Aus	06	25.05.2021-23.06.2021	0.3	1.4	0.3	1.2	0.4
VZ_Aus	07	23.06.2021-20.07.2021	0.3	0.9	0.3	1.3	0.4
VZ_Aus	08	20.07.2021-17.08.2021	0.3	1.2	0.4	1.4	0.4
VZ_Aus	09	17.08.2021-14.09.2021	0.4	1.3	0.4	1.7	0.5
VZ_Aus	10	14.09.2021-12.10.2021	0.4	1.4	0.5	1.8	0.6
VZ_Aus	11	12.10.2021-09.11.2021	0.5	1.5	0.6	1.8	0.5
VZ_Aus	12	09.11.2021-06.12.2021	0.8	3.1	0.7	2.4	0.8
VZ_Aus	13	06.12.2021-04.01.2022	0.8	1.5	0.5	1.6	0.5
VZ_Mho	01	05.01.2021-02.02.2021	0.7	1.0	0.3	1.2	0.4
VZ_Mho	02	02.02.2021-02.03.2021	0.6	1.3	0.3	1.1	0.3
VZ_Mho	03	02.03.2021-30.03.2021	0.5	1.1	0.3	1.0	0.3
VZ_Mho	04	30.03.2021-28.04.2021	0.3	0.7	0.2	0.5	0.1
VZ_Mho	05	28.04.2021-25.05.2021	0.3	0.9	0.3	1.2	0.3
VZ_Mho	06	25.05.2021-23.06.2021	0.3	1.2	0.3	1.2	0.4
VZ_Mho	07	23.06.2021-20.07.2021	0.3	0.8	0.3	1.0	0.3
VZ_Mho	08	20.07.2021-17.08.2021	0.3	1.2	0.3	1.3	0.5
VZ_Mho	09	17.08.2021-14.09.2021	0.3	0.8	0.3	0.9	0.3
VZ_Mho	10	14.09.2021-12.10.2021	0.4	1.5	0.4	1.7	0.5
VZ_Mho	11	12.10.2021-09.11.2021	0.6	1.8	0.5	1.8	0.6
VZ_Mho	12	09.11.2021-06.12.2021	0.8	2.5	0.5	1.8	0.6
VZ_Mho	13	06.12.2021-04.01.2022	0.7	1.6	0.5	1.6	0.5

Alle Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Konzentrationen beziehen sich auf 1013 mbar und 20°C.

---: Keine Messwerte vorhanden