

Bericht

Immissionsmessungen von Schwebstaub PM10 und Staubbiederschlag mit Inhaltsstoffen in Bremen-Hemelingen

ANECO Berichts-Nr. / Datum:	66010-019 B01 vom 07. November 2018
Auftraggeber:	Freie Hansestadt Bremen Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Abt. 2 - Umweltwirtschaft, Klima- und Ressourcenschutz Referat 22 - Immissionsschutz, Umweltchemikalien Contrescarpe 72 28195 Bremen
Auftragsnummer:	22-6, SMP Hemelingen
Auftragsdatum:	21.4.2017
Art der Messung:	Immissionsmessungen im Rahmen der 39. BImSchV
Messaufgabe:	Die Messungen sollen im städtischen Bereich im Umfeld von industriellen und gewerblichen Staubemittenten zur Beurteilung der Luftqualität gemäß 39. BImSchV dienen.
Messkomponenten:	<ul style="list-style-type: none">- PM10- Inhaltsstoffe PM10: As, Ni, Cd, Pb, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb, Zn, Tl, V, BaP- Staubbiederschlag- Inhaltsstoffe Staubbiederschlag: As, Ni, Cd, Pb, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb, Zn, Tl, V
Messort / Messgebiet:	Bremen Hemelingen
Messzeitraum:	August 2017 bis Juli 2018 (1 Jahr)
Berichterstellung durch:	Dr. K. Berger
Berichtsumfang:	54 Seiten Bericht zzgl. Anhang

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
0	Zusammenfassung	3
1	Beschreibung der Messaufgabe	5
2	Vorwissen	11
3	Ortsbeschreibung	11
4	Messstrategie	12
5	Auswertung	21
6	Beurteilung der Luftqualität und Diskussion	26
7	Literaturverzeichnis	53

ANHANG zum Messbericht

0 Zusammenfassung

Die Abteilung Immissionsmessungen der Eurofins GfA GmbH, die mit dem 01.07.2018 in das ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. eingegliedert worden ist, wurde vom Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien und Hansestadt Bremen mit der Durchführung eines einjährigen Immissionsmessprogrammes in Bremen-Hemelingen beauftragt.

Die Untersuchungen wurden zur Erfassung der Immissionsbelastung im Bereich Bremen-Hemelingen durchgeführt. Im Einflussbereich von Industrie und Gewerbe war die Immissionsituation in den angrenzenden Wohngebieten gemäß 39. BImSchV [1] zu beurteilen.

Die Immissionsmessungen begannen am 1.8.2017 und wurden am 30.7.2018 beendet. Es wurde an zwei Standorten täglich der Schwebstaub PM10 mittels Referenzverfahrens beprobt und nachfolgend gravimetrisch analysiert, wobei die Standorte zeitlich nacheinander betrieben wurden. Aus Quartalsmischproben des Schwebstaubes PM10 wurden die Elemente Antimon, Arsen, Cadmium, Blei, Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Nickel, Thallium, Vanadium und Zink sowie das Benzo(a)pyren quantifiziert.

An insgesamt 13 Messpunkten wurde zusätzlich der Staubbiederschlag sowie die eingebundenen Elemente Antimon, Arsen, Cadmium, Blei, Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Nickel, Thallium, Vanadium und Zink bestimmt.

An allen Messpunkten unterschritten die untersuchten Parameter die zur Beurteilung herangezogenen Bewertungsmaßstäbe (39. BImSchV [1], TA Luft [3], LAI [5], WHO [6] etc.).

Bezüglich Schwebstaub PM10 wurden an den Beurteilungspunkten unterjährige Kenngrößen von 40% (MP 13) und 43% (MP 16) des Beurteilungswertes ermittelt. Die mittlere Schwebstaubkonzentration PM10 liegt im Untersuchungsgebiet auf gleicher Höhe mit den Luftmessstationen Bremen-Mitte und Bremen-Ost [21]. Die im Untersuchungsgebiet bestimmten PM10-Konzentrationen liegen im Bereich städtischer Hintergrundwerte. Auch die Anzahl der Überschreitungstage (einer je Messpunkt) ergibt linear auf einen Jahreszeitraum interpoliert jeweils 2 Überschreitungstage/Jahr und liegt damit deutlich unterhalb der nach der 39. BImSchV [1] zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr.

Die Belastung des Schwebstaubs PM10 mit Arsen, Blei, Cadmium und Nickel sowie Benzo(a)pyren unterschreitet die zugehörigen Beurteilungsmaßstäbe sicher. Die Belastung ist an beiden Messpunkten in gleicher Höhe und bewegt sich auf vergleichbarem Niveau mit der Mehrzahl der Messstationen des Landes Niedersachsen [22].

Auch für die Elemente Antimon, Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Thallium, Vanadium und Zink als Bestandteil des Schwebstaubes PM10 kann die Einhaltung der Beurteilungsmaßstäbe für den jeweiligen Untersuchungszeitraum gezeigt werden.

Für den Staubbiederschlag wird an allen Beurteilungspunkten der Immissionswert der TA Luft [3] sicher unterschritten. Die Messpunkte 2 und 15 sind mit max. 33% bzw. 36% des Immissionswertes allerdings etwas höher belastet als die anderen Beurteilungspunkte.

An allen Messpunkten erreicht die Belastung des Staubbiederschlags mit Arsen, Blei, Cadmium und Nickel die Immissionswerte der TA Luft [3] nur zu maximal 33%. Die Schadstoffdepositionsraten bewegen sich auf einem eher niedrigen (ländlichen) Niveau.

Die Beurteilungswerte nach BBodSchV [8] für Chrom, Kupfer und Zink im Staubbiederschlag werden ebenfalls an allen Messpunkten unterschritten. Die Belastung des Staubbiederschlags mit Kupfer bewegt sich auf einem städtischen Niveau, während Zink im Staubbiederschlag an allen Messpunkten einem eher niedrigen (ländlichen) Niveau zuzuordnen ist [7].

Für die Elemente Antimon, Kobalt, Eisen, Mangan und Vanadium im Staubbiederschlag sind weder in der TA Luft [3] noch in der 39. BImSchV [1] Beurteilungskriterien genannt. Hier werden

Vergleichswerte zur Einschätzung der Belastung angewandt. Auch hier zeigen sich keine Auffälligkeiten, die Belastungen sind Element- und Messpunktabhängig in ländliche bis städtische Belastungsregimes einzuordnen.

Für das Untersuchungsgebiet im Bereich Bremen-Hemelingen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die dort ermittelten Immissionskenngrößen alle sicher unter den Beurteilungsmaßstäben liegen und je nach Parameter in den Bereich „ländlich“ oder „städtischer Hintergrund“ bis im Einzelfall maximal „städtisch“ eingeordnet werden können.

Eine abschließende immissionsschutzrechtliche Bewertung bleibt der zuständigen Behörde vorbehalten.

1 Beschreibung der Messaufgabe

1.1 Anlass der Messungen

Die Eurofins GfA GmbH wurde vom Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen beauftragt, einjährige Immissionsmessungen in Bremen-Hemelingen durchzuführen. Erfasst werden sollten Schwebstaub PM10 und Staubniederschlag, jeweils mit ausgewählten Inhaltsstoffen. Die Messungen sollen im städtischen Bereich im Umfeld von industriellen und gewerblichen Staubemittlern zur Beurteilung der Luftqualität gemäß 39. BImSchV [1] dienen.

Im Rahmen einer Umstrukturierung innerhalb der Eurofins Gruppe wurde zum 01. Juli 2018 der Geschäftsbereich Immission der Eurofins GfA GmbH an die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. übertragen und das Gutachten unter ANECO mit gleichbleibenden Sachbearbeitern weiter bearbeitet.

1.2 Administrative Anforderungen und Bewertungsmaßstäbe

Administrative Anforderungen

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. ist ein u.a. für die Ermittlung der hier beschriebenen Immissionen gemäß §29b BImSchG [2] bekanntgegebenes Messinstitut mit langjähriger Erfahrung in der Durchführung von Immissionsuntersuchungen. Die Eurofins GfA GmbH war bis zum 31.07.2018 ebenfalls ein für Immissionsmessungen gemäß §29b BImSchG [2] bekanntgegebenes Messinstitut.

Das Berichtsformat entspricht dem formalen Vorgaben der VDI-Richtlinie 4220 Bl.2E (2016).

Bewertungsmaßstäbe

Die Ergebnisse für PM10 und Staubniederschlag sowie der Inhaltsstoffe sind anhand von gültigen Grenzwerten nach der 39. BImSchV [1] und der TA Luft [3] zu bewerten.

Für den Parameter Schwebstaub PM10 sind in der 39. BImSchV [1] Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit angegeben. Demnach darf die Gesamtbelastung für Schwebstaub PM10, gemittelt über 1 Jahr, an keinem Beurteilungspunkt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Als weiteres Beurteilungskriterium nennt die 39. BImSchV [1] die Überschreitungshäufigkeit des Immissionswertes für die 24-stündige Immissionsbelastung von PM10. Es dürfen demnach maximal 35 Tageswerte innerhalb eines Jahres einen Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten.

Staubniederschlag als nicht gefährdender Staub findet in der TA Luft [3] unter Nr. 4.3.1 Berücksichtigung. Hier ist ein Immissionswert von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ als Jahresmittelwert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen festgelegt.

Für die Inhaltsstoffe des Schwebstaubes PM10 (Arsen, Cadmium, Blei, Nickel sowie Benzo(a)pyren) kommen die gültigen Grenzwerten nach der 39. BImSchV [1] zur Anwendung.

Für Kupfer und Zink im Schwebstaub PM10 ist sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] kein Immissionswert festgelegt. Zur Beurteilung der Immissionssituation wird ersatzweise das Beurteilungskriterium für die Bewertung von Arbeitsplätzen (Arbeitsplatzgrenzwert, Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen) herangezogen. Der Grenzwertvorschlag der DFG-Senatskommission [4] für Arbeitsplätze liegt für Kupfer bei $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$ und für Zink bei $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$. Diese für die arbeitsmedizinische Gefährdungs-Beurteilung am Arbeitsplatz geltenden Grenzwerte können für die Bewertung der Immissionssituation nur hilfsweise bei gleichzeitiger Division durch 100 zur Bewertung heran gezogen werden (1 %-Kriterium).

Für die Metalle Chrom und Vanadium als Bestandteil des Schwebstaubes PM10 sind sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] keine Immissionswerte festgelegt. Zur Beurteilung der Immissionssituation werden ersatzweise die Beurteilungskriterien der Bund / Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz [5] angewandt. Die Beurteilungswerte betragen für Chrom 17 ng/m³ und für Vanadium 20 ng/m³.

Für das Element Mangan als Bestandteil des Schwebstaub PM10 ist sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] kein Immissionswert festgelegt. Zur Beurteilung der Immissionssituation wird ersatzweise der WHO Leitwert [6] von 150 ng/m³ als Beurteilungskriterium angewandt.

Für das kanzerogene wirkende Benzo(a)pyren (BaP) als Bestandteil des Schwebstaubes PM10 ist in der 39. BImSchV [1] ein Immissionswert von 1 ng/m³, der als Mittelwert für ein gesamtes Jahr gilt, angegeben. BaP ist Leitparameter für die Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK).

Für die Elemente Antimon, Kobalt, Eisen, Thallium liegen keine entsprechenden Beurteilungsmaßstäbe vor. Um eine quantitative Einstufung zu ermöglichen wird auf typische Konzentrationsbereiche zurückgegriffen, die in der VDI 2267 Blatt 3 [7] für den ländlichen und städtischen Raum gelistet sind.

Die zur Anwendung kommenden Bewertungsmaßstäbe sind in Tabelle 1 (Schwebstaub) und Tabelle 2 (Deposition) zusammengefasst.

Tabelle 1: Beurteilungsmaßstäbe für Schwebstaub PM10 und Inhaltsstoffe

Parameter	Beurteilungsmaßstab	Quelle	Bemerkung	Unsicherheit ^{*)}	Mindestverfügbarkeit ^{**)}
PM10	40 µg/m ³	TA Luft [3]	Jahresmittelwert	25%	90%
	50 µg/m ³	TA Luft [3]	Tagesmittelwert mit 35 erlaubten Überschreitungen im Jahr	-	-
Antimon (Sb)	2 – 50 ng/m ³	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum	-	-
Arsen (As)	6 ng/m ³	39. BImSchV [1] TA Luft [3]	Jahresmittelwert	40%	90%
Blei (Pb)	500 ng/m ³	39. BImSchV [1] TA Luft [3]	Jahresmittelwert	25%	90%
Cadmium (Cd)	5 ng/m ³	39. BImSchV [1] TA Luft [3]	Jahresmittelwert	40%	90%
Chrom (Cr)	17 ng/m ³	LAI [5]	Jahresmittelwert	-	-
Kobalt (Co)	0,1 - 0,5 ng/m ³	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum	-	-
Eisen (Fe)	1.000 – 10.000 ng/m ³	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum	-	-
Kupfer (Cu)	100 ng/m ³	1% des "AGW" [4]		-	-
Mangan (Mn)	150 ng/m ³	WHO Leitwert [6]		-	-
Nickel (Ni)	20 ng/m ³	39. BImSchV [1]	Jahresmittelwert	40%	90%
Thallium (Tl)	bis 0,1 ng/m ³	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum	-	-

Parameter	Beurteilungsmaßstab	Quelle	Bemerkung	Unsicherheit ^{*)}	Mindestverfügbarkeit ^{**)}
Vanadium (V)	20 ng/m ³	LAI [5]	Jahresmittelwert	-	-
Zink (Zn)	1.000 ng/m ³	1% des "AGW" [4]		-	-
Benzo(a)pyren (BaP)	1 ng/m ³	39. BImSchV [1]	Jahresmittelwert	50%	90%

^{*)} erweiterte Messunsicherheit für ein Vertrauensniveau von 95 % am Grenzwert (39. BImSchV [1])

^{**)} 39. BImSchV [1]

Für die Inhaltsstoffe des Staubbiederschlages kommen – soweit festgelegt - die Grenzwerte nach der TA Luft [3] zur Anwendung. Staubbiederschlag als nicht gefährdender Staub findet in der TA Luft [3] unter Nr. 4.3.1 Berücksichtigung. Hier ist ein Immissionswert von 0,35 g/(m²*d) als Jahresmittelwert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen festgelegt.

Für die Inhaltsstoffe im Staubbiederschlag sind in der TA Luft [3] unter Nr. 4.5.1 Immissionswerte zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen aufgeführt. Diese betragen für Arsen 4 µg/(m²*d), für Cadmium 2 µg/(m²*d), für Blei 100 µg/(m²*d), für Nickel 15 µg/(m²*d) und für Thallium 2 µg/(m²*d).

Für die Parameter Chrom, Kupfer und Zink im Staubbiederschlag sind in der TA Luft [3] keine Beurteilungskriterien genannt. In Nummer 4.5.1 der TA Luft [3] wird angegeben, dass der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich des Schutzes vor schädlichen Bodenveränderungen, sichergestellt ist, wenn die maßgebenden Prüf- und Maßnahmenwerte des Anhang 2 der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) [8] eingehalten werden. Die in diesem Anhang aufgeführten zulässigen jährlichen Frachten an Schadstoffen beziehen sich dabei prinzipiell auf § 8 des Bundesbodenschutzgesetzes [9]; sie dienen der "Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser" und sind demzufolge nur eingeschränkt als Bewertungsansatz nutzbar. Dies berücksichtigend sind die unter Nummer 5 des Anhangs 2 der BBodSchV [8] angegebenen "zulässigen, zusätzlichen, jährlichen Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade" im Folgenden nochmals dargestellt. Zur Berechnung der Bodenanreicherung über Staubbiedepositionen wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt: Die Dauer der Deposition wird mit einem Jahr (365 Tage) angenommen und es findet kein Entzug der Stoffe durch Auswaschung, Aufnahme durch Vegetation, o.ä. statt. Aus den Berechnungen errechnet sich für den Parameter Zink eine tolerable Jahresfracht von 1200 g/(ha·a), entsprechend ca. 329 µg/(m²*d). Für die Parameter Kupfer und Chrom errechnen sich eine tolerable Jahresfrachten von 360 g Cu/(ha·a) bzw. 300 g Cr/(ha·a), entsprechend ca. 99 µg Cu/(m²*d) bzw. ca. 82 µg Cr/(m²*d) nach Luftüberwachung Sachsen-Anhalt (LÜSA) [10].

Für die Parameter Mangan und Vanadium im Staubbiederschlag sind weder in der TA Luft [3] noch in der 39. BImSchV [1] Beurteilungskriterien aufgeführt. Daher werden hier hilfweise Vergleichswerte zur Einschätzung der Belastung verwendet.

In der VDI 2267 Blatt 3 [7] werden für Mangan im Staubbiederschlag übliche Depositionsraten in ländlichen Gebieten von 10 bis 30 µg/(m²*d) und in städtischen Gebieten von 50 bis 300 µg/(m²*d) genannt.

In der VDI 2267 Blatt 3 [7] wird für Vanadium im Staubbiederschlag in ländlichen Gebieten ein Bereich von 2 bis 10 µg/(m²*d) und in städtischen Gebieten von 10 bis 70 µg/(m²*d) angegeben. Dieser Bereich liegt deutlich über dem von Kühling [11] angegebenen Anhaltswert für Vanadium im Staubbiederschlag von 7 µg/(m²*d).

In der VDI 2267 Blatt 3 [7] wird für Kobalt im Staubbiederschlag in ländlichen Gebieten ein Bereich von 0,1 bis 5 µg/(m²*d) und in städtischen Gebieten ein Wert von 1 µg/(m²*d) angegeben. Dieser Bereich liegt deutlich unter dem von Kühling [11] angegebenen Anhaltswert für Kobalt im Staubbiederschlag von 16 µg/(m²*d).

Für Eisen im Staubbiederschlag wird in der VDI 2267 Blatt 3 [7] für ländliche Gebiete ein Bereich von 300 bis 600 µg/(m²*d) und für städtische Gebieten von 1.000 bis 4.000 µg/(m²*d) angegeben.

Antimon im Staubbiederschlag liegt in ländlichen Gebieten im Jahresmittel in einem Bereich von 0,07 bis 2,3 µg/(m²*d) und in städtischen Gebieten zwischen 2,1 bis 28 µg/(m²*d) (VDI 2267 Blatt 3 [7]). Diese Belastungsregimes überschreiten teilweise den von Kühling [11] angegebenen Anhaltswert für Antimon im Staubbiederschlag von 2 µg/(m²*d).

Tabelle 2: Beurteilungsmaßstäbe für die Staubdeposition und Inhaltsstoffe

Parameter	Beurteilungsmaßstab	Quelle	Bemerkung
Staubbiederschlag (nicht gefährdend)	0,35 g/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.3.1	Jahresmittelwert
Antimon (Sb)	2 µg/(m ² *d)	Kühling [11]	Anhaltswert
	2,1 bis 28 µg/(m ² *d)	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum
Arsen (As)	4 µg/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.5.1	
Blei (Pb)	100 µg/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.5.1	
Cadmium (Cd)	2 µg/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.5.1	
Chrom (Cr)	82 µg/(m ² *d)	BBodSchV [8]	Siehe Text
Kobalt (Co)	16 µg/(m ² *d)	Kühling [11]	Anhaltswert
	1 µg/(m ² *d)	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Wert im städtischen Raum
Eisen (Fe)	1.000 bis 4.000 µg/(m ² *d)	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum
Kupfer (Cu)	99 µg/(m ² *d)	BBodSchV [8]	Siehe Text
Mangan (Mn)	50 bis 300 µg/(m ² *d)	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum
Nickel (Ni)	15 µg/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.5.1	
Thallium (Tl)	2 µg/(m ² *d)	TA Luft [3] 4.5.1	
Vanadium (V)	7 µg/(m ² *d)	Kühling [11]	Anhaltswert
	10 bis 70 µg/(m ² *d)	VDI 2267 Blatt 3 [7]	typ. Bereich im städtischen Raum
Zink (Zn)	329 µg/(m ² *d)	BBodSchV [8]	Siehe Text

Anforderungen an die Datenqualität

Soweit für die zu untersuchenden Parameter gesetzlich festgelegt kommen die Anforderungen zur Datenqualität der 39. BImSchV [1] sowie der TA Luft [3] zur Anwendung. Letztere definiert im Wesentlichen Anforderungen zur Mindestdatenverfügbarkeit, während in Anhängen (Anlagen 1 und 17) zur 39. BImSchV [1] Messunsicherheiten als Qualitätsziele für die Luftbeurteilung definiert sind.

Nach TA Luft [3] Ziffer 4.6.2.8 „Messhäufigkeit“ ist bei kontinuierlicher Messung (z.B. bei Gasen mittels kontinuierlich messendem Analysator) bezogen auf Stundenmittelwerte eine Mindestverfügbarkeit von 75% zu gewährleisten. Sind weniger als 90% der Stundenmittelwerte verfügbar, ist die Zahl der Überschreitungen des Grenzwertes auf 100% hochzurechnen. Dieses gilt auch für Tagesmittelwerte der Schwebstaubbelastungsmessung.

Die Anforderungen an die Datenqualität nach der 39. BImSchV [1] sind in Tabelle 1 Parameterabhängig zusammengefasst.

Tabelle 2 enthält diese Spalten nicht, da in der 39. BImSchV [1] nur Anforderungen für die Gesamtablagerung („Deposition“) definiert sind. Bei Ortsfesten Messungen werden eine Unsicherheit von 70% und eine Mindestverfügbarkeit von 90% gefordert.

Mit Auftraggeber vereinbarte Anforderungen

Vereinbart wurde die quartalsweise Bestimmung der Inhaltsstoffe aus Mischproben, die aus Teilflächen der beprobten PM10-Filter gebildet wird.

Die Bestimmung ausgewählter Inhaltsstoffe des Staubbiederschlags sollte aus Quartalsmischproben der monatlich erhaltenen Staubbiederschlagsproben erfolgen.

Der Ort der PM10-Messungen sollte nach Vorgabe des Auftraggebers im Messzeitraum einmal verlegt werden.

1.3 Messkomponenten

Luftverunreinigungen

- Schwebstaub PM10
- Inhaltsstoffe des Schwebstaubes PM10:
 - Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Nickel, Thallium, Vanadium, Zink sowie Benzo(a)pyren
- Staubbiederschlag
- Inhaltsstoffe des Staubbiederschlags:
 - Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Nickel, Thallium sowie Vanadium, Zink

Art der Ermittlungen

- Schwebstaub PM10 wird als Massenkonzentration nach filtrierender Probenahme bestimmt.
- Staubbiederschlag durch Depositionsmessungen (Bergerhoffverfahren).
- Die Inhaltsstoffe durch Analyse nach Vollaufschluß (Elemente) bzw. Extraktion (BaP).

Ergänzende Messungen

- keine

1.4 Anforderungen an die Messtechnik

Die PM10 Messungen werden nach DIN EN 12341 [12] durchgeführt. Es werden die nach der DIN gültigen Referenzmessgeräte genutzt. Zur Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit werden vom Messgerät täglich Statussignale versendet, so dass z.B. bei einem Stromausfall schnell reagiert werden kann.

Die Staubbiederschlagsmessungen werden gemäß der VDI 4320 Blatt 2 [13] nach dem so genannten Bergerhoff-Verfahren ermittelt. Die Expositionszeit beträgt bei diesem Verfahren einen Monat.

1.5 Organisatorische Anforderungen

Akkreditierung / QM-System

Die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. ist ein u.a. für die Ermittlung der hier beschriebenen Immissionen gemäß §29b BImSchG [2] bekanntgegebenes Messinstitut mit langjähriger Erfahrung in der Durchführung von Immissionsuntersuchungen und nach DIN EN ISO/IEC 17025 [14] akkreditiert. Die Eurofins GfA GmbH war bis zum 31.07.2018 ebenfalls ein für Immissionsmessungen gemäß §29b BImSchG [2] bekanntgegebenes und nach DIN EN ISO/IEC 17025 [14] akkreditiertes Messinstitut.

Personal

Projektleitung / Fachlich Verantwortlicher:

Dr. Klaus Berger Tel.-Nr.: 040 / 69 70 96 13 Email: Klaus.Berger@aneco.de

Stellvertretende Projektleitung:

Holger Jürgensen Tel.-Nr.: 040 / 69 70 96 15 Email: Juergensen@aneco.de

Die Probenahme wurde durch fachkundiges Personal der Eurofins GfA GmbH durchgeführt. Die Analytik erfolgte im Labor der Eurofins GfA GmbH. Mit dem 01.07.2018 ist die Abteilung Immissionsmessungen der Eurofins GfA GmbH von dem ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. übernommen worden. Die Projektbearbeitung wurde ab dem 01.07.2018 unter neuem Firmennamen durch dasselbe Personal fortgeführt.

1.6 Beteiligung weiterer Institute

Die Untersuchungen wurden vollständig durch die Eurofins GfA GmbH bzw. die ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co. durchgeführt.

2 Vorwissen

Ein für das Untersuchungsgebiet spezifisches Wissen lag bei Auftragserteilung dem Auftragnehmer nicht vor. Der Auftraggeber jedoch verfügt aufgrund seines Tätigkeitsbereiches über Wissen, dass sowohl zur Festlegung des Untersuchungsumfanges und der Messorte führte.

Seitens des Auftragnehmers lagen allgemeine Kenntnisse über die Immissionssituation im Großraum Bremen/Bremerhaven aufgrund langjähriger Messtätigkeit in diesem Gebiet vor.

Auf eine Wiedergabe der im Großraum Bremen durch den Auftraggeber erhobenen Daten wird hier aufgrund der Aufgabenstellung verzichtet, da die Auswahl des Untersuchungsumfanges und der Messorte nicht Gegenstand des Auftrages war.

3 Ortsbeschreibung

Entfällt – Begründung s. Abschnitt 2 Vorwissen.

4 Messstrategie

Ziel der Messungen ist es den aktuellen Zustand in Bezug auf die o.g. Luftschadstoffe zu erfassen. Die Messungen sollen im städtischen Bereich im Umfeld von industriellen und gewerblichen Staubemittlern zur Beurteilung der Luftqualität gemäß 39. BImSchV [1] dienen. Aus diesem Grunde waren – soweit möglich – Jahresmittelwerte der zu untersuchenden Luftschadstoffe an den vorgegebenen Messorten mit Hilfe von standardisierten Messverfahren zu ermitteln.

4.1 Messgebiet

Lage und Ausdehnung

Das Messgebiet umfasst den Stadtteil Hemelingen der Hansestadt Bremen und dort insbesondere die Wohnbereiche, die im Einflussbereich industrieller oder gewerblicher Emittenten liegen.

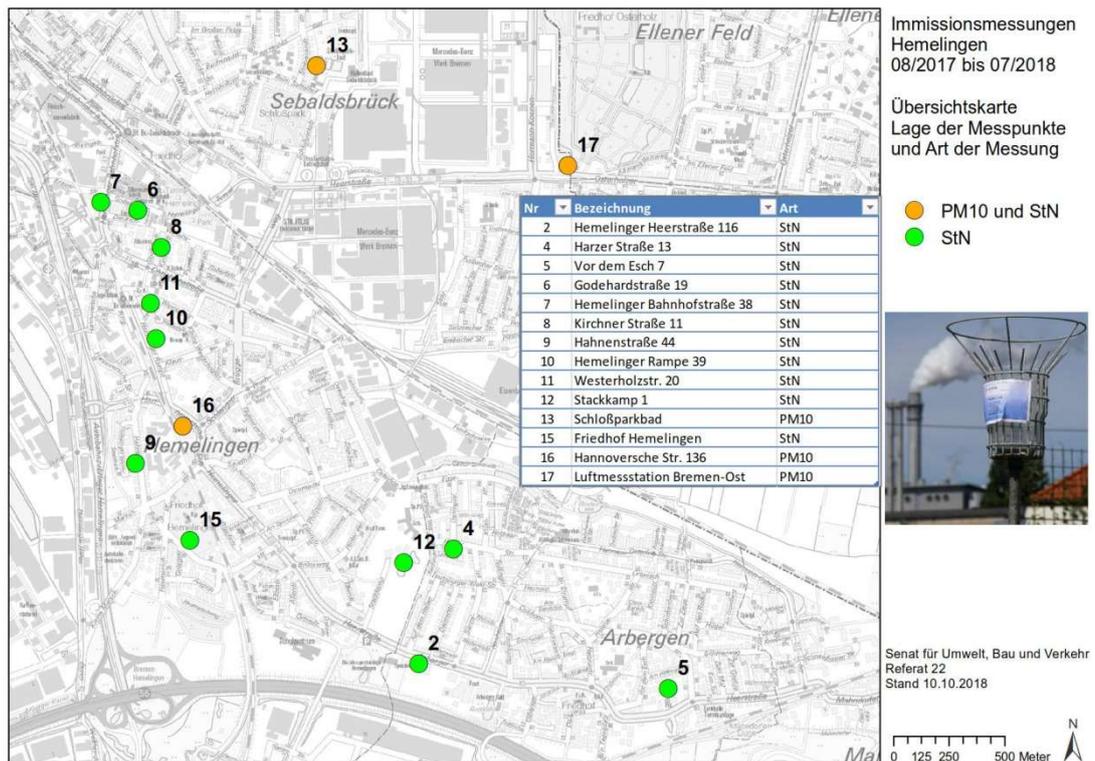


Abbildung 1: Messgebiet Bremen-Hemelingen (Quelle: Auftraggeber)

Begründung:

Auswahl oblag dem Auftraggeber (s.a. Beschreibung der Messaufgabe).

4.2 Messorte

Festlegung der Messorte

Auswahl oblag dem Auftraggeber (s.a. Beschreibung der Messaufgabe).

Anzahl und Lage

Bestandteil des Auftrages waren 12 Messpunkte für Staubbiederschlag, wobei an einem Messpunkt neben Staubbiederschlag auch PM10 bestimmt werden sollte. Nach Vorgabe des Auftraggebers wurden die Messungen am MP 13 zum 28.02.2018 eingestellt und die dort eingesezte Messeinrichtung wechselte an einen vom Auftraggeber neu bestimmten Messpunkt, bezeichnet mit MP 16, innerhalb des Messgebiet.

Tabelle 3: Messorte

MP-Nr.	Parameter	Adresse
2	StN	Hemelinger Heerstraße 116, 28309 Bremen
4	StN	Harzer Straße 13, 28307 Bremen
5	StN	Vor dem Esch 7, 28307 Bremen
6	StN	Godehardstraße 4, 28309 Bremen
7	StN	Hemelinger Bahnhofstraße 38, 28309 HB
8	StN	Kirchner Straße 11, 28309 Bremen
9	StN	Hahnenstraße 44, 28309 Bremen
10	StN	Hemelinger Rampe 39, 28309 Bremen
11	StN	Westerholzstr. 20, 28309 Bremen
12	StN	Stackkamp 1, 28309 Bremen
13	PM10+StN	Schloßparkstraße 52, 28309 Bremen
15	StN	Friedhof Hemelingen
16	PM10+StN	Hannoversche Str. 136, 28309 Bermen

Die Lage der Messorte ist in Abbildung 1 dargestellt. Fotos der Messorte sind im Anhang III zu finden.

Standortbeschreibung

Hemelingen ist ein heterogener Stadtteil mit einerseits ausgedehnten industriellen und gewerblichen Flächen im westlich gelegenen Hafengebiet sowie im Nordosten und schutzbedürftiger Wohn- und Mischnutzung im Zentrum des Stadtteils. Im Süden verläuft die Autobahn A1 mit angrenzenden gewerblich sowie landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Insbesondere staub emittierende Anlagen wie das Kraftwerk Hastedt, die Asphaltmischanlage, Betonmischanlagen, Umschlagsanlagen für staubende Güter und Abfallbehandlungsanlagen führten regelmäßig zu Staubereignissen und somit zu Bürgerbeschwerden.

Abstand zu relevanten Quellen

Aufgrund der Vielzahl auch kleiner Quellen in den umgebenden Hafen- und Gewerbegebieten sowie dem Sachverhalt, dass die Relevanz dieser Quellen für die Messpunkte nicht sicher angegeben werden kann wird hier auf eine detaillierte Auflistung mit Abstandsangaben verzichtet.

Der Autobahnzubringer Hemelingen mit angrenzendem Hafengebiet liegt in einem Abstand von kleiner 500 m (MP 6 bis MP 11) und bis zu 2.600 m (MP 5) westlich von den Messpunkten.

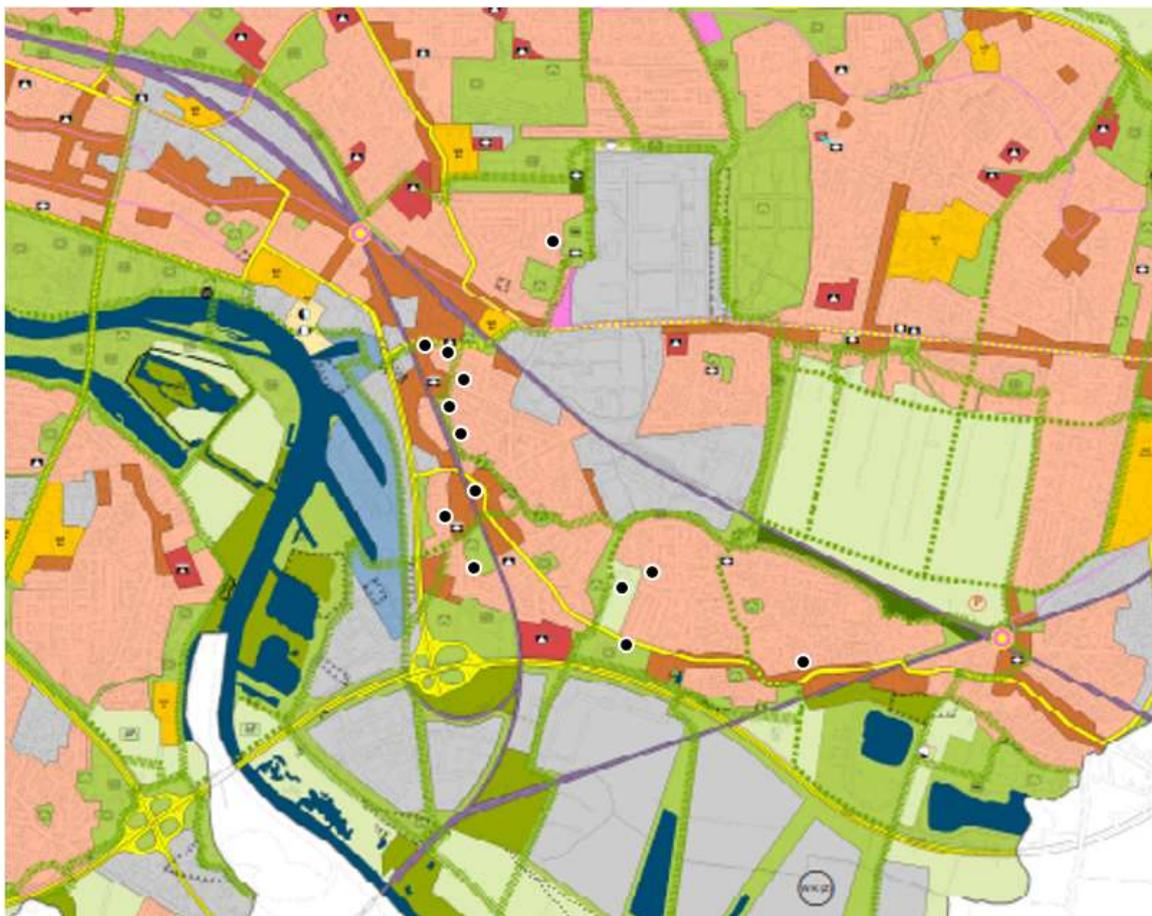
Aufgrund der vorherrschenden westlichen Winde ist zu erwarten, dass die Linienquelle Autobahzubringer sowie das dahinterliegende Hafengebiet eine besondere Relevanz für das Untersuchungsgebiet hat.

Angabe der Nutzungsstrukturen

Die Nutzungsstrukturen sind in der folgenden Tabelle 4 aufgelistet und in Abbildung 2 (Flächennutzungsplan Bremen) grafisch dargestellt.

Tabelle 4: Nutzungsstrukturen

MP-Nr.	Nutzungsstrukturen
2	Grünfläche Sportplatz, im Norden Wohnbaufläche (Wohnungen)
4	Wohnbaufläche (Wohnungen)
5	Wohnbaufläche (Wohnungen)
6	gemischte Baufläche und Wohnbaufläche (Wohnungen, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen)
7	gemischte Baufläche (Wohnungen, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen)
8	Wohnbaufläche (Wohnungen)
9	Wohnbaufläche (Wohnungen)
10	Wohnbaufläche (Wohnungen)
11	Wohnbaufläche (Wohnungen)
12	Fläche für die Landwirtschaft (Acker), im Osten, Norden und Westen angrenzende Wohnbauflächen (Wohnungen)
13	Grünfläche Schloßparkbad, östlich angrenzende Wohnbaufläche (Wohnungen), westlich angrenzende gewerbliche Baufläche
15	Grünfläche Friedhof, östlich angrenzende Wohnbaufläche (Wohnungen)
16	gemischte Baufläche (Wohnungen, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen), auf Gelände des REWE-Einkaufszentrums, im FNP als zentraler Versorgungsbereich ausgeschrieben



● = Messpunkt

Abbildung 2: Ausschnitt des Flächennutzungsplans Bremen (24.10.2018), verändert.

Das Messgebiet ist schwarz umkreist. rosa: Wohnbaufläche, orange: gemischte Baufläche, grau: gewerbliche Baufläche, blau: SO Hafengebiet, gelb: Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen, hellgrün: Flächen für Landwirtschaft, grün: Grünflächen. Die vollständige Legende befindet sich hier: <https://fnp-bremen.de/kartenansicht/>.

4.3 Messzeitraum

1 Jahr:

- PM10 :
 - MP 13: 1.8.2017 bis 28.2.2018 – anschließend Wechsel des Messortes nach MP 16
 - MP 16: 2.3.2018 bis 29.7.2018
- Staubniederschlag :
 - MP 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15: 31.7.2017 bis 30.7.2018
 - MP 13: 31.07.2017 bis 28.02.2018 – anschließend Wechsel des Messortes nach MP 16
 - MP 16: 01.03.2018 bis 30.07.2018

Besondere Vorkommnisse

Schwebstaub und Inhaltsstoffe

MP 13: Keine besonderen Vorkommnisse

MP 16: 3 nicht verwendbare Messtage:

- 19. und 20.04.2018 wegen Störung bei der Datenaufzeichnung
- 07.05.2018 wegen turnusmäßiger Kalibrierung des Messgerätes

Staubniederschlag und Inhaltsstoffe

Tabelle 5: Besondere Vorkommnisse bei der Staubniederschlag-Messung

Messpunkt	Staubniederschlag	Inhaltsstoffe im Staubniederschlag
MP 2	September 2017 - Totalverlust (Fremdkörper)	Im Quartal 1 basieren die Messwerte am MP 2 nur auf den Monaten August und Oktober wg. Ausfalles im September
MP 4	Mai, Juni, Juli 2018 - Unbestimbarer Wassereintrag (Brunnenwasser) durch einen Rasensprenger, diese Werte gehen nicht in die MW-Bildung beim Staubniederschlag mit ein	Am MP4 sind nur die Messwerte der Quartale 1 bis 3 im Mittelwert enthalten. Beim 4. Quartal sind die Messwerte nicht verwendbar. Grund hierfür ist der Betrieb eines mit Brunnenwasser betriebenen Rasensprengers in allen 3 Monaten des 4. Quartals
MP 5	Mai 2018 - Totalverlust (Glasbruch)	Im Quartal 4 basieren die Messwerte am MP 2 nur auf den Monaten Juni und Juli, wegen Ausfalls im Mai 2018
MP 13	Die Messungen an diesem Punkt wurden am 28.02.2018 beendet	Das Quartal 3 beim MP 13 besteht, wegen dem vorgezogenen Messende am 28.02.2018, nur aus dem Monat Februar
MP 16	Messbeginn an diesem Punkt am 01.03.2018	Das Quartal 3 beim MP 16 besteht nur aus den Monaten März und April, aufgrund des Messbeginn am 01.03.2018

4.4 Messzeiten

Es wurde eine zeitlich fortlaufende Messung der Parameter für den oben beschriebenen Messzeitraum durchgeführt. Die chronologische Auflistung der geplanten Messzeiten (Probenwechsel) ist im Anhang III zu finden (siehe Tabelle A-5).

Zeitliche Auflösung der Messungen

Die PM10-Messungen wurden mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag durchgeführt. Dies ist die kleinste zeitliche Auflösung, die benötigt wird um die entsprechenden Grenzwerte (Überschreitungshäufigkeit des Immissionswertes für die 24-stündige Immissionsbelastung sowie Jahresmittelwerte) zu überwachen.

Die Staubniederschlagsmessungen (StN) basieren auf Monatszeiträumen (30 ± 2 Tage).

Die Inhaltsstoffe (PM10 und StN) wurden jeweils für Quartale ermittelt.

4.5 Datenverfügbarkeit

Es wurde eine quasikontinuierliche Messung von allen Parametern durchgehend über den gesamten Untersuchungszeitraum durchgeführt.

Die Datenverfügbarkeit für PM10 beträgt

- am Messpunkt 13: 100% (212 Ergebnisse für 212 Tage)
- am Messpunkt 16: 98% (147 Ergebnisse für 150 Tage)

Die Datenverfügbarkeit für Staubniederschlag beträgt

- an den Messpunkten 2 und 5: 92% (je 1 Monat Ausfall)
- an allen anderen Messpunkten: 100%

Die Mindestdatenerfassung von 90% ist für alle Parameter und den jeweiligen Untersuchungszeitraum sicher erreicht.

4.6 Messtechnik

Eine Übersicht über die zur Anwendung gekommenen Messverfahren und deren zugrundeliegenden Technischen Regeln gibt Tabelle 6.

Tabelle 6: Messtechnik

Nr.	Messkomponente	Messverfahren	Technische Regel	Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 [14] vorhanden	Verfahrenskenngrößen
1	PM10	Aktive Probenahme mittels Kleinfiltergerät	DIN EN 12341 (2014-08) [12]	Ja	s. Tabelle 8
2	Staubniederschlag	Bergerhoffgerät	VDI 4320 Blatt 2 (2012-01) [13]	Ja	s. Tabelle 9
3	Elemente / PM10	ICP-MS nach Vollaufschluss	VDI 2267 Blatt 15 (2005-11) [15]	Ja	s. Tabelle 8
4	BaP / PM10	GC/MS nach Extraktion	DIN EN 15549 (2008-06) [16]	Ja	s. Tabelle 8
5	Elemente / Staubniederschlag	ICP-MS nach Vollaufschluss	VDI 2267 Blatt 15 (2005-11) [15]	Ja	s. Tabelle 9

Messverfahren / Analyseverfahren

Zur Durchführung der gravimetrischen PM10-Messungen wurden Staubmessgeräte der Firma Leckel, Typ SEQ 47/50 eingesetzt, welche mit einem automatischen Filterwechselsystem ausgestattet sind. Die täglichen Probennahmen fanden jeweils von 0:00 bis 24:00 Uhr statt. Die Messeräte wurden ca. zweiwöchentlich mit unbelegten Filtern (wovon einer als Feldblindwert dient) neu bestückt, sowie die belegten Filter zum Labor transportiert. Die Impaktionsplatte zur Abtrennung des Grobstaubes wurde ebenfalls zweiwöchentlich neu gefettet. Für die gravimetrischen Untersuchungen wurden Quarzfaserfilter verwendet. Für die gravimetrischen Untersuchungen stand ein klimatisierter Wägeraum zur Verfügung, der die Temperatur auf $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$,

sowie die Luftfeuchte auf 45-50 % konstant hält. Für die gesamte Vorgehensweise wurde die DIN EN 12341 [12] zu Grunde gelegt.

Typische Verfahrenskennndaten (KleinfILTERGERÄT):

Probenahmedauer:	24 Stunden (0:00 Uhr bis 24:00 Uhr)
Probenahmevermögen:	ca. 55,2 m ³ (bei 2,3 m ³ /h)
Nachweisgrenze:	ca. 2 µg/m ³
Erweiterte Messunsicherheit U 0,95:	4 µg/m ³

Die Beprobung auf Staubbiederschlag erfolgte mit Geräten nach dem Bergerhoff-Verfahren, welche in der VDI 4320 Blatt 2 [13] beschrieben sind. Die Expositionsdauer betrug bei diesem Verfahren einen Monat.

Typische Verfahrenskennndaten (Bergerhoff-Verfahren):

Probenahmedauer:	30 ± 2 Tage
Nachweisgrenze:	ca. 6 mg/(m ² *d)
Erweiterte Messunsicherheit U 0,95:	12 mg/(m ² *d)

Die Messhöhe für alle oben beschriebenen Verfahren betrug ca. 1,5 bis 2 m über der Flur und der seitliche Abstand zu Bauwerken von minimal 1,5 m (TA Luft [3] 4.6.2.3) wurde eingehalten.

Zur Inhaltsstoffanalyse der Elemente im Schwebstaub PM10 wurden quartalsweise Mischproben aus ca. 90 Filterteilen gebildet. Als Rückstellung für eventuelle Einzelanalysen, bzw. weitere Analysen werden die verbleibenden Filterteile verwahrt. Zur Weiterverarbeitung werden die Filterteilflächen zusammen mit Hilfe eines oxidierenden Salpetersäure/Flusssäuregemisches nach VDI 2267 Blatt 15 [15] aufgeschlossen. Die Bestimmung der Metallgehalte geschieht entsprechend der VDI 2267 Blatt 15 [15] mit Hilfe der Inductively Coupled Plasma - Massenspektrometrie (ICP –MS).

Die Bestimmung von BaP aus den Quartalsmischproben erfolgt nach DIN EN 15549 [16], d.h. es werden vier Mischproben pro Jahr und Messpunkt ausgewertet. Die laboranalytische Detektion und Quantifizierung des BaP findet mit einem Gaschromatographen mit nachgeschaltetem massenselektivem Detektor (GC/MS-Kopplung) statt.

Tabelle 7: Typische Nachweisgrenzen und Messunsicherheiten der Inhaltsstoffbestimmung in Schwebstaub PM10

Element	Methode	rel. Nachweisgrenzen*	Erweiterte Messunsicherheit**
Antimon (Sb)	ICP/MS	0,04 ng/m ³	0,06 ng/m ³
Arsen (As)	ICP/MS	0,06 ng/m ³	0,1 ng/m ³
Blei (Pb)	ICP/MS	0,08 ng/m ³	0,4 ng/m ³
Cadmium (Cd)	ICP/MS	0,02 ng/m ³	0,04 ng/m ³
Chrom (Cr)	ICP/MS	0,47 ng/m ³	1,4 ng/m ³
Kobalt (Co)	ICP/MS	0,01 ng/m ³	0,04 ng/m ³
Eisen (Fe)	ICP/MS	4,7 ng/m ³	25 ng/m ³

Element	Methode	rel. Nachweis- grenzen*	Erweiterte Messun- sicherheit**
Kupfer (Cu)	ICP/MS	1,1 ng/m ³	0,5 ng/m ³
Mangan (Mn)	ICP/MS	0,16 ng/m ³	0,7 ng/m ³
Nickel (Ni)	ICP/MS	0,46 ng/m ³	0,4 ng/m ³
Thallium (Tl)	ICP/MS	0,20 ng/m ³	./.
Vanadium (V)	ICP/MS	0,02 ng/m ³	0,05 ng/m ³
Zink (Zn)	ICP/MS	3,7 ng/m ³	1,7 ng/m ³
Benzo(a)pyren	ICP/MS	0,02 ng/m ³	0,2 ng/m ³

* NWG für Monatsmischproben, berechnet aus Filterblindwerten 4/2018 (BaP: instrumentelle NWG)

** erweiterte MU bezogen auf Tagesprobe, weiteres zur Ermittlung der Messunsicherheit siehe Punkt 5.3

Die im Staubniederschlag enthaltenen Inhaltsstoffe („Metalle“) werden entsprechend der VDI 2267 Blatt 15 [15] aufgeschlossen und analysiert.

Zur Analyse auf Staubniederschlag und den darin enthaltenen Metallen werden pro Monat und Messpunkt die Inhalte der Probenahmegefäße eingedampft. Der aus den Staubniederschlagsproben gewonnene Trockenrückstand wird anhand des in der VDI 2267 Blatt 15 [15] beschriebenen Verfahrens des geschlossenen Mikrowellenaufschlusses unter Einsatz von HNO₃ und Flusssäure aufgeschlossen. Die Bestimmung der Metallgehalte geschieht aus den zusammengeführten Aufschlüssen eines Quartales entsprechend der VDI 2267 Blatt 15 [15] mit Hilfe der Inductively Coupled Plasma - Massenspektrometrie (ICP-MS).

Tabelle 8: Typische Nachweisgrenzen und Messunsicherheiten der Inhaltsstoffbestimmung im Staubniederschlag

Parameter	Methode	rel. Nachweis- grenzen*	Erweiterte Messunsicher- heit**
Antimon (Sb)	ICP/MS	0,05 µg/(m ² *d)	23%
Arsen (As)	ICP/MS	0,02 µg/(m ² *d)	24%
Blei (Pb)	ICP/MS	0,2 µg/(m ² *d)	28%
Cadmium (Cd)	ICP/MS	0,01 µg/(m ² *d)	42%
Chrom (Cr)	ICP/MS	0,3 µg/(m ² *d)	28%
Kobalt (Co)	ICP/MS	0,02 µg/(m ² *d)	34%
Eisen (Fe)	ICP/MS	7 µg/(m ² *d)	28%
Kupfer (Cu)	ICP/MS	0,2 µg/(m ² *d)	60%

Parameter	Methode	rel. Nachweisgrenzen*	Erweiterte Messunsicherheit**
Mangan (Mn)	ICP/MS	0,3 µg/(m ² *d)	40%
Nickel (Ni)	ICP/MS	0,2 µg/(m ² *d)	26%
Thallium (Tl)	ICP/MS	0,01 µg/(m ² *d)	22%
Vanadium (V)	ICP/MS	0,04 µg/(m ² *d)	23%
Zink (Zn)	ICP/MS	2 µg/(m ² *d)	31%

* NWG basiert auf Feldblindwerten von Monatsproben (Teilnahme am VDI 2267 Bl.2-RV 2014/2015)

** rel. erweiterte MU bez. auf Monatsprobe am Referenzwert (Variante 6 VDI 2267 Blatt 2 E 2017 [17])

Rahmenbedingungen für den Einsatz der Messverfahren

Die Aufstellgenehmigungen für die Probenahmegeräte an den Messorten wurden im Vorfeld durch den Auftraggeber eingeholt, der damit auch für die Zutrittsgenehmigung sorgte.

Infrastruktur

Die Energieversorgung des PM10-Messgerätes wurde durch den Auftraggeber hergestellt. Ein gesonderter Schutz der Messeinrichtung war bedingt durch die Standortauswahl nicht erforderlich.

Erfassung und Archivierung der Messdaten

Die Messdaten und Analysenergebnisse wurden von der Eurofins GfA GmbH mit Hilfe von Protokollen gemäß der jeweiligen Standardarbeitsanweisungen erfasst. Die Proben wurden nach erfolgter Analytik für einen Zeitraum von drei Monaten zurückgestellt. Sämtliche Ergebnisse wurden elektronisch gespeichert und werden für fünf Jahre aufbewahrt. Die auf Papier dokumentierten Probenahmedaten und die Projektunterlagen werden ebenfalls über einen Zeitraum von fünf Jahren archiviert.

Qualitätssichernde Maßnahmen

Siehe hierzu auch Punkt 1.2 „Administrative Anforderungen“ und Punkt 1.5 „Akkreditierung / QM-System“.

Für Schwebstaub PM10 wird das europäische Referenzverfahren angewendet. Dies gilt für Staubbiederschlag (StN) und die Inhaltsstoffe (PM10, StN) analog mit Bezug auf die nationalen VDI-Richtlinien.

Die PM10-Messgeräte werden jährlich gemäß der Anforderungen der DIN EN 12341 [12] geprüft und kalibriert. Eine Volumenstrom-, Temperatur- und Luftdruckprüfung findet entsprechend der Arbeitsanweisung vierteljährlich bzw. halbjährlich statt.

Für den Parameter Staubbiederschlag (Deposition) hat die Eurofins GfA GmbH an einem VDI internen Ringversuch teilgenommen.

Weitere qualitätssichernde Maßnahmen, u. a. Blindwerte, sind in den jeweiligen Standardarbeitsanweisungen beschrieben.

5 Auswertung

5.1 Messwertverarbeitung

Behandlung von Messausfällen

Die wenigen Messausfälle wurden als Datenlücken gewertet. Sie wurden nicht mit Schätzwerten ersetzt.

Behandlung von Ausreißern

Sofern Ausreißer festgestellt wurden, wurden diese kenntlich gemacht und beschrieben, ob und wie diese in die Kenngrößenbildung Eingang finden. Im Regelfall werden Ausreißer nicht in die Kenngrößenbildung einbezogen.

Im Messzeitraum wurden keine Ausreißer beobachtet, die nicht erklärbar sind (z.B. durch Feuerwerk an Silvester/ Neujahr). Ermittelte Ausreißer siehe 4.3 Messzeitraum Unterpunkt „Besondere Vorkommnisse“. Alle validen Daten wurden in die Kenngrößenermittlung mit einbezogen.

Behandlung von Messwerten unterhalb der Nachweisgrenze

Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) wurden mit dem halben Betrag der Nachweisgrenze in die Kenngrößenberechnung mit einbezogen.

Bildung der Kenngrößen

Die Bildung der Kenngrößen zur Immissionsbelastung erfolgt unter Berücksichtigung der Vorgaben der TA Luft [3] sowie der 39. BImSchV [1] und basiert auf den Rechenvorschriften der VDI 4280 Blatt 1 Anhang D [18].

Im Rahmen der Aufgabenstellung wird für diesen Bericht zur Kenngrößenbildung nur die Rechenvorschrift für den arithmetischen Mittelwert benötigt (Formel D2 der VDI 4280 Blatt 1 [18]):

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C(i)$$

Legende:

\bar{A} = arithmetischer Mittelwert

n = Anzahl der Werte

$C(i)$ = Messwerte, alle Messwerte weisen eine gemeinsame Integrationszeit auf

5.2 Messergebnisse

Eine vollständige Darstellung aller Messweltergebnisse ist im Anhang II (Tabelle A-1 bis A-4) des Messberichtes zu finden. Im Folgenden sind die Messergebnisse je Stoff bzw. Stoffgruppe in Form von Kenngrößen für den Untersuchungszeitraum und jeden Messpunkt dargestellt.

Schwebstaub PM10

Tabelle 9: Ergebnisse der PM10 Messungen für MP 13 (1.8.2017 bis 28.2.2018) und MP 16 (2.3.2018 bis 29.7.2018)

PM10	MP 13	MP 16
Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15,9	17,4
Niedrigster 24h-Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,2	4,4
Höchster 24h-Mittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60,0	64,6
Anzahl der 24h-Mittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	1
Anzahl der Tage im Messzeitraum	212	150
Anzahl gültiger Messwerte	212	147
Verfügbarkeit in %	100	98

Eine grafische Darstellung der PM10-Messwerte für jeden Messtag an den Messpunkten MP 13 und MP 16 ist im Anhang IV dargestellt.

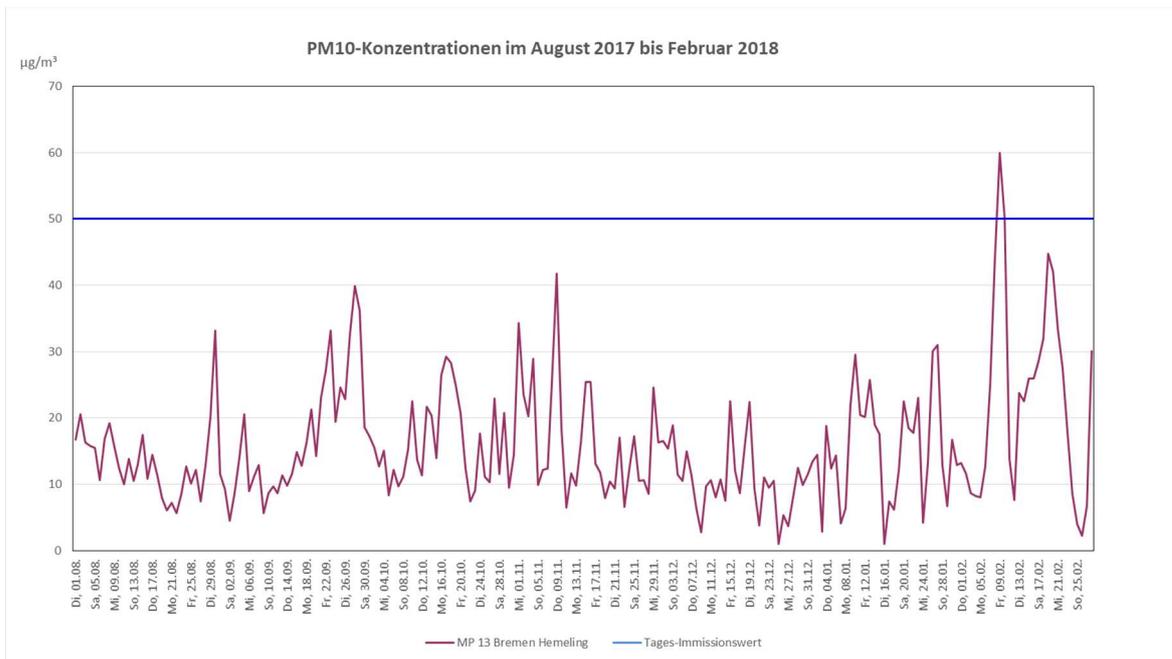


Abbildung 3: PM10-Konzentrationsverlauf MP 13

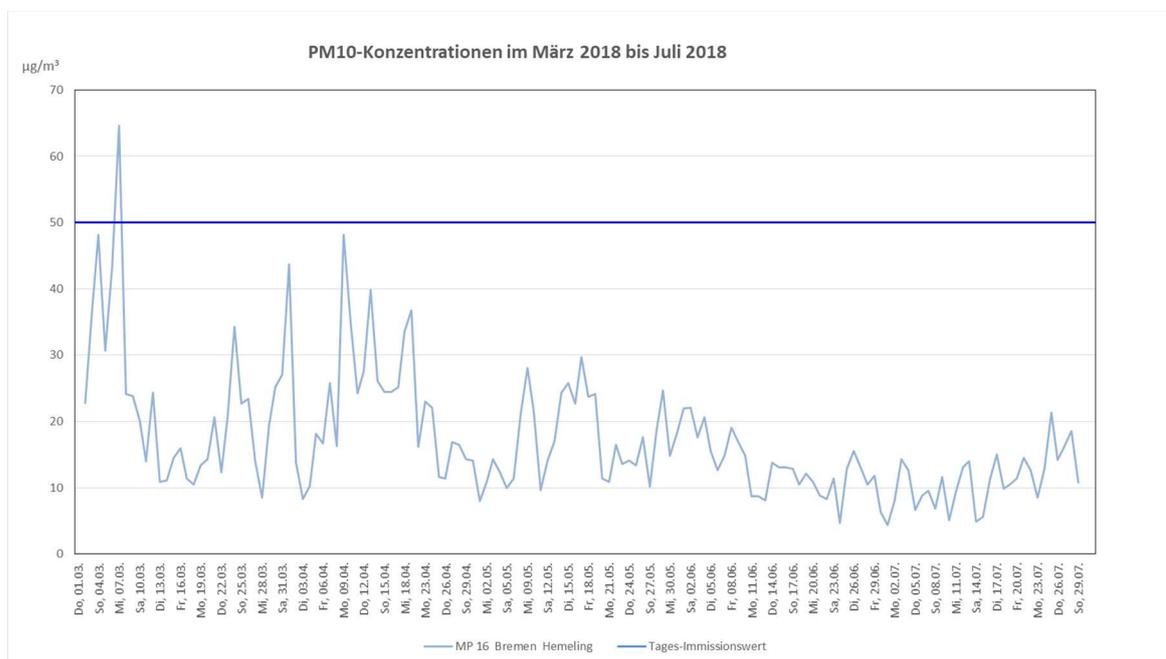


Abbildung 4: PM10-Konzentrationsverlauf MP 16

Inhaltsstoffe PM10

Tabelle 10: Mittelwerte der PM10-Inhaltsstoffe für MP 13 (1.8.2017 bis 28.2.2018) und MP 16 (2.3.2018 bis 29.7.2018)

PM10-Inhaltsstoff in ng/m ³	MP 13	MP 16
Antimon (Sb)	1,46	1,99
Arsen (As)	0,59	0,61
Blei (Pb)	4,43	4,35
Cadmium (Cd)	0,13	0,14
Chrom (Cr)	5,75	6,34
Kobalt (Co)	0,09	0,16
Eisen (Fe)	285	594
Kupfer (Cu)	8,45	11,3
Mangan (Mn)	8,45	9,59
Nickel (Ni)	7,24	7,83
Thallium (Tl)	0,03	0,05
Vanadium (V)	0,52	1,02
Zink (Zn)	60,2	27,9
Benzo(a)pyren (BaP)	0,12	0,08

Staubniederschlag

Tabelle 11: Mittelwerte Staubniederschlag für alle Messpunkte

Messpunkt	Staubniederschlag in mg/(m ² *d)
MP 2, Hemelinger Heerstraße 116, 28309 Bremen	114
MP 4, Harzer Straße 13, 28307 Bremen	72
MP 5, Vor dem Esch 7, 28307 Bremen	49
MP 6, Godehardstraße 4, 28309 Bremen	60
MP 7, Hemelinger Bahnhofstraße 38, 28309 HB	79
MP 8, Kirchner Straße 11, 28309 Bremen	72
MP 9, Hahnenstraße 44, 28309 Bremen	72
MP 10, Hemelinger Rampe 39, 28309 Bremen	62
MP 11, Westerholzstr. 20, 28309 Bremen	76
MP 12, Stackkamp 1, 28309 Bremen	82
MP 13, Schloßparkstraße 52, 28309 Bremen	53
MP 15, Friedhof Hemelingen	126
MP 16, Hannoversche Str. 136, 28309 Bermen	88

Inhaltsstoffe Staubniederschlag

Tabelle 12: Mittelwerte der StN-Inhaltsstoffe für alle Messpunkte

Inhaltsstoff des Staubniederschlages in µg/(m ² *d)	MP 2	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8
Antimon (Sb)	0,81	0,40	1,62	0,65	1,32	0,76
Arsen (As)	0,31	0,20	0,20	0,28	0,42	0,40
Blei (Pb)	5,70	2,55	2,89	4,75	7,02	13,2
Cadmium (Cd)	0,07	0,09	0,29	0,09	0,11	0,16
Chrom (Cr)	4,34	1,95	3,84	4,08	6,89	5,97
Kobalt (Co)	0,32	0,23	0,33	0,38	0,56	0,60
Eisen (Fe)	1341	415	672	1076	2323	1857
Kupfer (Cu)	14,6	5,32	4,63	10,1	25,1	11,3
Mangan (Mn)	45,2	119	19,6	25,8	48,4	44,0
Nickel (Ni)	4,97	1,06	2,21	2,32	3,25	3,60
Thallium (Tl)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Vanadium (V)	3,28	1,12	1,59	2,04	3,55	2,93
Zink (Zn)	132	28,8	31,1	47,2	73,2	134

Inhaltsstoff des Staubniederschlages in µg/(m ² *d)	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13	MP 15	MP 16
Antimon (Sb)	0,78	0,57	0,75	0,46	0,31	0,62	1,29
Arsen (As)	0,38	0,29	0,33	0,38	0,13	0,27	0,59
Blei (Pb)	9,70	6,68	8,45	3,79	2,01	3,68	10,2
Cadmium (Cd)	0,23	0,11	0,15	0,21	0,06	0,10	0,15
Chrom (Cr)	7,17	4,36	4,93	3,61	2,16	3,25	9,03
Kobalt (Co)	0,58	0,39	0,50	0,37	0,18	0,28	0,76
Eisen (Fe)	1942	1249	1513	1170	365	960	2741
Kupfer (Cu)	10,0	8,13	11,8	5,68	4,37	8,31	19,5
Mangan (Mn)	63,2	30,2	34,9	45,3	11,8	51,2	61,6
Nickel (Ni)	3,04	3,11	3,33	2,02	1,49	2,00	3,93
Thallium (Tl)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,08	< 0,02
Vanadium (V)	3,04	1,90	2,27	2,83	0,95	1,73	4,77
Zink (Zn)	200	76,9	93,6	53,3	28,2	40,4	123

5.3 Ermittlung der Messunsicherheit

Neben dem ermittelten Wert der Messgröße ist es erforderlich eine Aussage über die Qualität des Ergebnisses zu machen. Hier gilt es zu beachten, dass der Wert der betrachteten Messgröße grundsätzlich nicht genau bestimmt werden kann. Das Ergebnis der Messung ist stets eine Schätzung für den wahren Wert, welcher grundsätzlich unbestimmbar bleibt. Aus diesem Grund ist eine Aussage über die Messunsicherheit zu machen, d.h. eine Angabe über die Wahrscheinlichkeit, dass das Ergebnis der Messung mit dem "wahren" Wert übereinstimmt.

Die Eurofins GfA GmbH, die Firma unter der alle Messungen durchgeführt wurden, hat für alle zur Verwendung gekommenen Messverfahren entsprechende Messunsicherheitsbeiträge ermittelt. Diese wurden auf Grundlage der DIN V ENV 13005 [19] "Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen" und mit Hilfe der DIN EN ISO 20988 [20] "Luftbeschaffenheit – Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit" bestimmt.

Konkrete Angaben zu den Messunsicherheiten der hier angewendeten Messverfahren finden sich im Abschnitt 4.6 dieses Berichtes.

6 Beurteilung der Luftqualität und Diskussion

Nachfolgend erfolgt eine Diskussion und Bewertung der ermittelten Daten. Die Auswertungen wurden nach den Kriterien der 39. BImSchV [1] und TA Luft [3] durchgeführt.

Die Auswahl der Bewertungsmaßstäbe ist im Kapitel 1.2 dargestellt, hier werden diese der Übersichtlichkeit halber nochmal kurz angeben.

Alle Einzelmesswerte sind im Anhang detailliert tabellarisch aufgeführt. Im Anhang finden sich die PM10-Konzentrationsverläufe über den Untersuchungszeitraum auch graphisch dargestellt.

6.1 **PM10-Ergebnisse und deren Beurteilung**

In der folgenden Tabelle 13 sind die nach TA Luft [3] Nr. 4.6.3 ermittelten Immissions-Kenngrößen für den Parameter Schwebstaub PM10 an den Beurteilungspunkten dargestellt. Der Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der 39. BImSchV [1] bezüglich Schwebstaub PM10 wird an beiden Beurteilungspunkten im unterjährigen Untersuchungszeitraum sicher unterschritten. Es werden für die Messpunkte Kenngrößen von 40% (MP 13) und 43% (MP 16) des Beurteilungswertes erreicht. Die mittlere Schwebstaubkonzentration PM10 liegt damit im Untersuchungsgebiet auf vergleichbarer Höhe mit den Luftmessstationen Bremen-Mitte (2017: $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Bremen-Ost (2017: $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Station Bremen-Mitte wurde als erste Station zentral in der Innenstadt Bremens aufgestellt und gilt seitdem als Referenzstation für den allgemeinen städtischen Hintergrund in Bremen. Die Station Bremen-Ost liegt in einem eher industriell beeinflussten Stadtgebiet östlich an das Untersuchungsgebiet angrenzend [21].

Die hier bestimmten PM10 Konzentrationen liegen im Bereich städtischer Hintergrundwerte (Osnabrück 2017: $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Elbmündung 2017: $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bis Industrienah (Südoldenburg 2017: $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [22].

Auch die Anzahl der Überschreitungstage liegt mit einem Tag je Beurteilungszeitraum deutlich unterhalb der nach 39. BImSchV [1] zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr. Rechnet man diese unterjährig erhaltenen Ergebnisse linear auf ein Jahr hoch, ergibt sich mit jeweils 2 Überschreitungstagen eine sichere Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben.

Der zeitliche Verlauf (siehe Grafik in Abschnitt 5.2) der Einzelwerte zeigt an beiden Stationen ein überwiegend niedriges Niveau im Bereich unterhalb $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Überschreitungen des Jahres-Immissionswertes traten jeweils einmal im Februar 2018 (MP 13) und März 2018 (MP 16) auf. Dieser Anstieg der Schwebstaubkonzentrationen ist in der Regel großflächig zu beobachten und wurde auch an anderen Messstationen gemessen.

An der Station Bremen-Mitte des Landes Bremen, welche den städtischen Hintergrund im Bereich der Umweltzone repräsentiert, wurden 2017 insgesamt neun Überschreitungen festgestellt, an der Station Bremen-Ost insgesamt fünf Überschreitungen, allerdings ganz überwiegend nur in der ersten Jahreshälfte 2017. Nur an der Station Bremen-Mitte wurde eine Überschreitung in der 2. Jahreshälfte 2017 gemessen (30.8.2017) [21].

Tabelle 13: Messergebnisse der PM10-Schwebstaubkonzentrationen
Messzeitraum MP 13: 1.08.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)
Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen bzw. Anzahl Überschreitungen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	40 µg/m³ Jahresmittelwert	MP 13	15,9 µg/m³	40%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	17,4 µg/m³	43%	
	50 µg/m³ 24-h-Mittelwert (max. 35 Überschreitungen im Jahr)	MP 13	1	Die zulässigen 35 Überschreitungen im Jahr werden im Beurteilungszeitraum unterschritten	
		MP 16	1		

6.2 Ergebnisse Inhaltsstoffe PM10 und deren Beurteilung

Arsen, Cadmium, Blei, Nickel in Schwebstaub PM10

In der 39. BImSchV [1] werden Immissionswerte zum Schutz vor schädlichen Einwirkungen auf den Mensch aufgeführt. Diese betragen für Arsen 6 ng/m³ für Cadmium 5 ng/m³, für Blei 500 ng/m³ und für Nickel 20 ng/m³. Demnach ist der Schutz vor schädlichen Einwirkungen durch die die vorgenannten Stoffe in PM10 sichergestellt, sofern die Gesamtbelastung am Beurteilungspunkt diese Werte unterschreitet. Die vorgenannten Immissionswerte gelten als Mittelwert des jeweiligen Parameters über ein Jahr.

Die Belastung des Schwebstaubs PM10 mit Arsen, Blei, Cadmium und Nickel ist in den nachfolgenden Tabellen 15-18 dargestellt. Es zeigt sich, dass die zugehörigen Beurteilungswerte sicher unterschritten werden und die Belastung an beiden Messpunkten in gleicher Höhe liegt. Die Schadstoffkonzentrationen dieser Elemente im Schwebstaub PM10 bewegen sich mit Ausnahme von Nickel auf einem niedrigen (ländlichen) Niveau [7] (As: 0,1-1 ng/m³; Pb: 0,1-10 ng/m³; Cd: 0,01-0,3 ng/m³; Ni: 0,1-5 ng/m³).

Das Land Niedersachsen [22] gibt für 8 von 9 Messstationen Jahresmittelwerte 2017 von 0,08 ng/m³ bis 0,27 ng/m³ für Cadmium an, die Messwerte der MP 13 und MP 16 liegen mit 0,13 ng/m³ bzw. 0,14 ng/m³ im unteren Bereich dieser Spanne.

Für Arsen liegt dieser Bereich über alle Messstationen in Niedersachsen [22] 2017 bei 0,36 ng/m³ (Jadebusen) bis 0,90 ng/m³ (Nordenham), während im Untersuchungszeitraum in Hemelingen 0,59 bzw. 0,61 ng/m³ Arsen gemessen wurden.

Die Belastung durch Blei lag im Untersuchungszeitraum im Gebiet Hemelingen bei 4,4 ng/m³. Das Land Niedersachsen [22] gibt für 8 Messstationen Jahresmittelwerte 2017 von 3,0 ng/m³ bis 5,8 ng/m³ für Blei an, im Vergleich liegt die Belastung an den Messpunkten 13 und 16 wieder im Mittelfeld dieser Spanne.

Tabelle 14: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Arsen**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	6 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	0,59 ng/m ³	10%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterscritten .
		MP 16	0,61 ng/m ³	10%	

Tabelle 15: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Blei**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	500 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	4,4 ng/m ³	0,9%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterscritten .
		MP 16	4,4 ng/m ³	0,9%	

Tabelle 16: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Cadmium**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	5 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	0,13 ng/m ³	2,5%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterscritten .
		MP 16	0,14 ng/m ³	2,7%	

Tabelle 17: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Nickel

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	20 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	7,3 ng/m ³	36%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	7,8 ng/m ³	39%	

Kupfer und Zink in Schwebstaub PM10

Für Kupfer und Zink im Schwebstaub PM10 ist sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] kein Immissionswert festgelegt. Zur Beurteilung der Immissionssituation wird ersatzweise das Beurteilungskriterium für die Bewertung von Arbeitsplätzen [4] (Arbeitsplatzgrenzwert, Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen) herangezogen.

Der Grenzwertvorschlag der DFG-Senatskommission für Arbeitsplätze liegt für Kupfer bei 0,01 mg/m³ und für Zink bei 0,1 mg/m³. Diese für die arbeitsmedizinische Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz geltenden Grenzwerte können für die Bewertung der Immissionssituation nur hilfsweise bei gleichzeitiger Division durch 100 zur Bewertung heran gezogen werden (1 %-Kriterium).

In den folgenden Tabellen 19 und 20 sind die im ganzjährigen Beurteilungszeitraum analog der Nummer 4.6.3 der TA Luft [3] ermittelten Immissions-Jahres-Kenngrößen für die Parameter Kupfer und Zink im Schwebstaub PM10 dargestellt. Die analog der Nr. 4.6.3 der TA Luft [3] durchgeführte Auswertung zeigt, dass der genannte Beurteilungsmaßstab im Beurteilungszeitraum eingehalten wird, d.h. dass alle Mittelwerte das Beurteilungskriterium für den Untersuchungszeitraum sicher unterschreiten. Die Kupfer- und Zinkkonzentrationen im Schwebstaub an den beiden Messpunkten (Ausnahme: Zink am MP 13) bewegen sich auf einem niedrigen (ländlichen) Niveau (Cu: 2-10 ng/m³, Zn: 5-50 ng/m³) [7].

Tabelle 18: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Kupfer

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Empf. Arbeitsplatzgrenzwert AGW hier: AGW/100	100 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	8,45 ng/m ³	8,4%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	11,3 ng/m ³	11%	

Tabelle 19: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Zink

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Empf. Arbeitsplatzgrenzwert AGW hier: AGW/100	1.000 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	60 ng/m ³	6,0%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	28 ng/m ³	2,8%	

Chrom und Vanadium in Schwebstaub PM10

Für die Metalle Chrom und Vanadium als Bestandteil des Schwebstaub PM10 sind sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] keine Immissionswerte festgelegt. Zur Beurteilung der Immissionssituation wird ersatzweise das Beurteilungskriterium der Bund / Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [5] angewandt. Die Beurteilungswerte betragen für Chrom 17 ng/m³ und für Vanadium 20 ng/m³.

In den folgenden Tabellen 20 und 21 sind die im ganzjährigen Beurteilungszeitraum analog der Nummer 4.6.3 der TA Luft [3] ermittelten Immissions-Jahres-Kenngrößen für die Parameter Chrom und Vanadium im Schwebstaub PM10 dargestellt. Die Auswertung zeigt, dass der genannte Beurteilungsmaßstab im Beurteilungszeitraum eingehalten wird, d.h. dass alle Mittelwerte das Beurteilungskriterium für den Untersuchungszeitraum sicher unterschreiten. Die Chrom- und Vanadium-Konzentrationen im Schwebstaub an den beiden Messpunkten bewegen sich auf einem städtischen Niveau (Cr: 1-10 ng/m³, V: 1-5 ng/m³) [7].

Tabelle 20: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Chrom

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
LAI [5]	17 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	5,8 ng/m ³	34%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	6,3 ng/m ³	37%	

Tabelle 21: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Vanadium

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
LAI [5]	20 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	0,52 ng/m ³	2,6%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	1,02 ng/m ³	5,1%	

Mangan in Schwebstaub PM10

Für das Element Mangan als Bestandteil des Schwebstaub PM10 sind sowohl in der TA Luft [3] als auch in der 39. BImSchV [1] keine Immissionswerte festgelegt. Zur Beurteilung der Immissions-situation wird ersatzweise der WHO Leitwert [6] von 150 ng/m³ als Beurteilungskriterium angewandt.

In der folgenden Tabelle 22 sind die im ganzjährigen Beurteilungszeitraum analog der Nummer 4.6.3 der TA Luft [3] ermittelten Immissions-Jahres-Kenngrößen für den Parameter Mangan im Schwebstaub PM10 dargestellt. Die Auswertung zeigt, dass der genannte Beurteilungsmaßstab im Beurteilungszeitraum eingehalten wird, d.h. dass alle Mittelwerte das Beurteilungskriterium für den Untersuchungszeitraum sicher unterschreiten. Die Mangankonzentrationen im Schwebstaub an den beiden Messpunkten bewegen sich auf einem niedrigen (ländlichen) Niveau (Mn: 5-10 ng/m³) [7].

Tabelle 22: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Mangan**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
WHO Leitwert [6]	150 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	8,5 ng/m ³	5,6%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum unterschritten .
		MP 16	9,6 ng/m ³	6,4%	

Antimon, Cobalt, Eisen und Thallium in Schwebstaub PM10

Für die Elemente Antimon, Cobalt, Eisen und Thallium liegen keine entsprechenden Beurteilungsmaßstäbe vor. Um eine quantitative Einstufung zu ermöglichen wird auf typische Konzentrationsbereiche zurückgegriffen, die in der VDI 2267 Blatt 3 [7] für den ländlichen und städtischen Raum gelistet sind.

In den folgenden Tabellen sind die im ganzjährigen Beurteilungszeitraum analog der Nummer 4.6.3 der TA Luft [3] ermittelten Immissions-Jahres-Kenngrößen für diese Parameter dargestellt. Die Auswertung zeigt, dass diese Parameter am Messpunkt MP 13 entsprechend der typischen Konzentrationsbereiche gemäß VDI 2267 Blatt 3 [7] in einen eher ländlichen Bereich einzuordnen sind. Für den Messpunkt MP 16 ergibt sich ein heterogenes Bild. Während die Kenngröße für Eisen in einen ländlichen Bereich fällt, liegen Antimon, Cobalt in einem unteren, städtischen Konzentrationsbereich.

Tabelle 23: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Antimon**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	0,01 bis 1,5 ng/m ³ ländlich	MP 13	1,5 ng/m ³	noch ländlich	./.
	2 bis 50 ng/m ³ städtisch	MP 16	2,0 ng/m ³	eher städtisch	

Tabelle 24: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Cobalt

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	0,08 bis 0,14 ng/m ³ ländlich	MP 13	0,09 ng/m ³	ländlich	./.
	0,1 bis 0,5 ng/m ³ städtisch	MP 16	0,16 ng/m ³	städtisch	

Tabelle 25: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Eisen

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	10 bis 500 ng/m ³ ländlich	MP 13	285 ng/m ³	ländlich	./.
	1.000 bis 10.000 ng/m ³ städtisch	MP 16	594 ng/m ³	ländlich	

Tabelle 26: Messergebnisse Schwebstaub PM10: Thallium

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	bis 0,1 ng/m ³ ländlich	MP 13	0,03 ng/m ³	ländlich/städtisch	./.
	bis 0,1 ng/m ³ städtisch	MP 16	0,05 ng/m ³	ländlich/städtisch	

Benzo(a)pyren im Schwebstaub PM10

Für den Parameter Benzo(a)pyren im Schwebstaub PM10 ist in der 39. BImSchV [1] ein Immissionswert von 1 ng/m³ genannt. Dieses Kriterium wird für den Messzeitraum an beiden Messpunkten sicher unterschritten.

Das Land Niedersachsen [22] gibt für seine Messstation Jadebusen (repräsentativ für ländliche Gebiete) einen Jahresmittelwert 2017 für Benzo(a)pyren von 0,12 ng/m³ an. Die hier bestimmten Werte für Benzo(a)pyren liegen in dieser Größenordnung.

Tabelle 27: Messergebnisse Schwebstaub PM10: **Benzo(a)pyren**

Messzeitraum MP 13: 1.8.2017 bis 28.02.2018 (Tagesproben)

Messzeitraum MP 16: 2.03.2018 bis 29.07.2018 (Tagesproben)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
39. BImSchV [1]	1 ng/m ³ Jahresmittelwert	MP 13	0,12 ng/m ³	12%	Das Beurteilungskriterium wird im Beurteilungszeitraum <u>unterschritten</u> .
		MP 16	0,08 ng/m ³	7,7%	

6.3 Staubbiederschlag Ergebnisse und deren Beurteilung

Staubbiederschlag als nicht gefährdender Staub findet in der TA Luft [3] unter Nr. 4.3.1 Berücksichtigung. Hier ist ein Immissionswert von 0,35 g/(m²*d) als Jahresmittelwert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen festgelegt.

Die Auswertung nach Nr. 4.6.3 der TA Luft [3] ist in der nachfolgenden Tabelle 28 dargestellt. In der Tabelle und in Abbildung 5 sind die Monatswerte der Staubbiederschlagsmessung (Deposition) an den untersuchten Messstellen im Vergleich dargestellt.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Ausfällen für die Messpunkte MP 2 und MP 5 nur je 11 Monatsproben zur Verfügung standen. Wegen des Messpunkt-Wechsel liegen für MP 13 insgesamt 7 und für MP 16 nur 5 Monatsproben vor. Für den MP 4 sind nur die Messwerte der Quartale 1 bis 3 im Mittelwert enthalten. Beim 4. Quartal sind die Messwerte nicht verwendbar. Grund hierfür ist der Betrieb eines mit Brunnenwasser betriebenen Rasensprengers in allen 3 Monaten des 4. Quartals.

Es zeigt sich, dass an allen Beurteilungspunkten das geforderte Kriterium sicher unterschritten wird. Die Belastung liegt überwiegend um 20% des Immissionsgrenzwertes, nur die Messpunkte 2 und 15 liegen im Bereich von 30 bis 40%.

Das Land Niedersachsen [22] gibt für seine Messstationen im ländlichen, vorstädtischen oder städtischen Hintergrund Jahresmittelwerte für 2017 für Staubbiederschlag von 0,030 g/(m²*d) bis 0,072 g/(m²*d) an. Die Kenngrößen der Messpunkte im Untersuchungsgebiet Bremen-Hemelingen liegen mit Ausnahme von MP 2 und MP 15 bei Jahresmittelwerten zwischen 0,049 g/(m²*d) und 0,088 g/(m²*d) und damit im oberen Bereich bzw. etwas oberhalb des Bereiches, welcher für den ländlichen, vorstädtischen oder städtischen Hintergrund von Niedersachsen ermittelt wurde [22]. Die beiden Messpunkte MP 2 und MP 15 sind mit 0,114 g/(m²*d) bzw. 0,126 g/(m²*d) im Vergleich erhöht belastet.

Tabelle 28: Messergebnisse Deposition

Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.3.1 [3]	0,35 g/(m²*d) Jahresmittelwert	MP 2	0,114 g/(m ² *d)	33%	Das Beurteilungskriterium wird untersritten .
		MP 4	0,072 g/(m ² *d)	21%	
		MP 5	0,049 g/(m ² *d)	14%	
		MP 6	0,060 g/(m ² *d)	17%	
		MP 7	0,079 g/(m ² *d)	23%	
		MP 8	0,072 g/(m ² *d)	21%	
		MP 9	0,072 g/(m ² *d)	21%	
		MP 10	0,062 g/(m ² *d)	18%	
		MP 11	0,076 g/(m ² *d)	22%	
		MP 12	0,082 g/(m ² *d)	23%	
		MP 13	0,053 g/(m ² *d)	15%	
		MP 15	0,126 g/(m ² *d)	36%	
MP 16	0,088 g/(m ² *d)	25%			

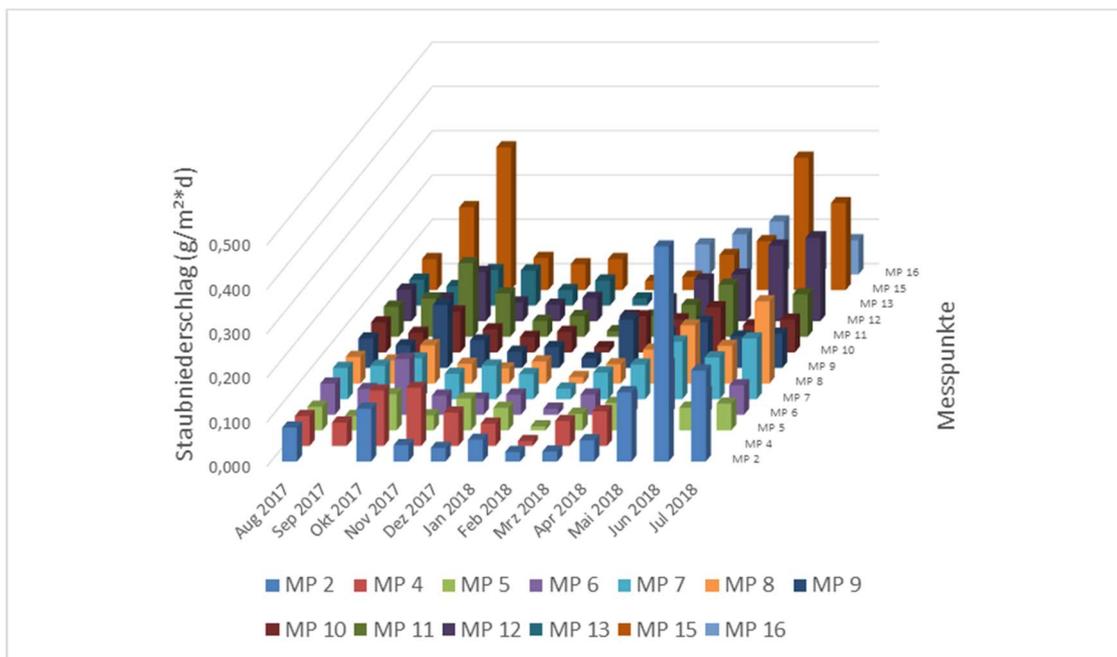


Abbildung 5: Monatsgang Staubniederschlag über alle Messpunkte

Bei der vorgehenden Einstufung ist zu berücksichtigen, dass Messnetz-Werte aus 2017 mit Jahresmittelwerten 2017/2018 verglichen werden. Aktuelle Ergebnisse aus den Landesmessnetzen für 2018 liegen noch nicht vor.

6.4 Ergebnisse Inhaltsstoffe des Staubniederschlages und deren Beurteilung

Arsen, Cadmium, Blei, Nickel im Staubniederschlag

In der TA Luft [3] werden unter Nr. 4.5.1 Immissionswerte zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen aufgeführt. Diese betragen für Arsen $4 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, für Cadmium $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, für Blei $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, für Nickel $15 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ und für Thallium $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$. Die vorgenannten Immissionswerte gelten als Mittelwert der Deposition des jeweiligen Parameters über ein Jahr. Nach der TA Luft [3] ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition der vorgenannten Stoffe, einschließlich dem Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen, sichergestellt, sofern die Gesamtbelastung am Beurteilungspunkt diese Werte unterschreitet.

Die Belastung des Staubniederschlags mit Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Thallium ist in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Bei der Bewertung sind die zuvor beschriebenen Ausfallzeiten zu berücksichtigen.

Es zeigt sich, dass für alle Messpunkte die Beurteilungswerte der hier diskutierten Metalle im Staubniederschlag unterschritten werden; die Immissionswerte werden zu maximal 33% ausgeschöpft. Wie die nachfolgende Übersicht zeigt, bewegen sich die Schadstoffwerte im Staubniederschlag an allen Messpunkten überwiegend auf einem niedrigen (ländlichen) Niveau [7].

Tabelle 29: As, Cd, Ni, Pb und Thallium im Staubniederschlag in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ im Vergleich

$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Bremen Hemelingen MP 2 – MP 16	Niedersachsen 2017 [22]	Ländliches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Städtisches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Immissions- wert nach TA Luft [3] Nr. 4.5.1
Arsen	0,13 – 0,59	0,16 – 0,33	0,1 – 1,4	0,7 – 2,2	4
Blei	2,0 – 13	1,6 – 4,3	10 – 20	20 - 35	100
Cadmium	0,06 – 0,29	0,05 – 0,18	0,2 – 0,6	0,3 – 1,0	2
Nickel	1,1 – 5	0,48 – 1,38	1 - 3	5 - 20	15
Thallium	< 0,02 – 0,08	keine Werte	bis 0,1	bis 0,1	2

Das Land Niedersachsen [22] gibt für seine Messstationen im ländlichen, vorstädtischen oder städtischen Hintergrund (ohne die Messstation in Oker/Harlingerode) Jahresmittelwerte 2017 für einige Metalle im Staubniederschlag an (siehe Tabelle 29). Die im Untersuchungsgebiet Hemelingen bestimmten mittleren Depositionen von Arsen, Blei, Cadmium und Nickel liegen zum Teil oberhalb dieser für 2017 in Niedersachsen bestimmten Werte.

Tabelle 30: Messergebnisse der Deposition: **Arsen**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.5.1	4 µg/(m ² *d) Jahresmittelwert	MP 2	0,31 µg/(m ² *d)	7,7%	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten .
		MP 4	0,20 µg/(m ² *d)	5,0%	
		MP 5	0,20 µg/(m ² *d)	4,9%	
		MP 6	0,28 µg/(m ² *d)	7,1%	
		MP 7	0,42 µg/(m ² *d)	11%	
		MP 8	0,40 µg/(m ² *d)	10%	
		MP 9	0,38 µg/(m ² *d)	9,6%	
		MP 10	0,29 µg/(m ² *d)	7,2%	
		MP 11	0,33 µg/(m ² *d)	8,2%	
		MP 12	0,38 µg/(m ² *d)	9,4%	
		MP 13	0,13 µg/(m ² *d)	3,3%	
		MP 15	0,27 µg/(m ² *d)	6,6%	
		MP 16	0,59 µg/(m ² *d)	15%	

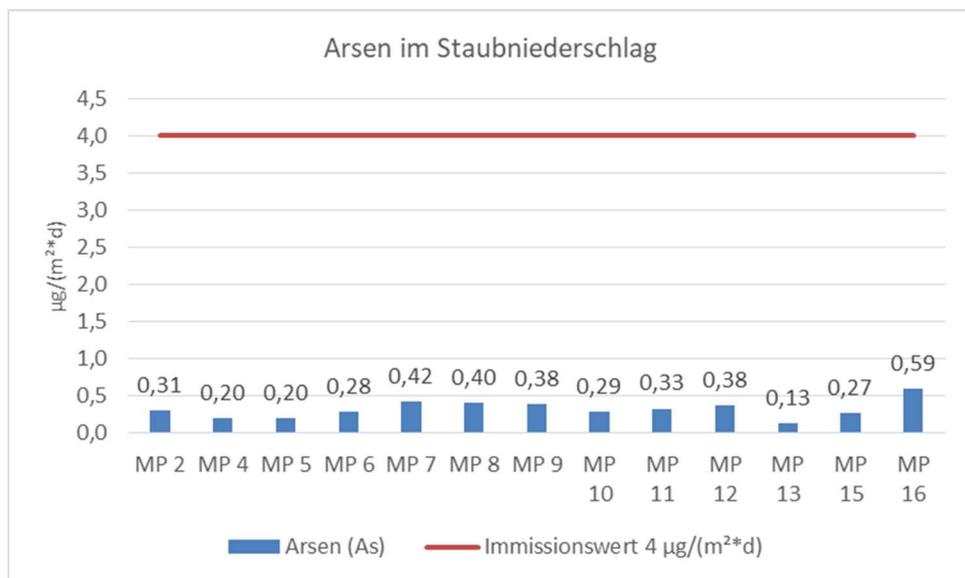


Abbildung 6: Messergebnisse der Arsen-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 31: Messergebnisse der Deposition: **Blei**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.5.1	100 µg/(m ² *d) Jahresmittelwert	MP 2	5,7 µg/(m ² *d)	5,7%	Das Beurteilungskriterium wird unter-schritten .
		MP 4	2,6 µg/(m ² *d)	2,6%	
		MP 5	2,9 µg/(m ² *d)	2,9%	
		MP 6	4,8 µg/(m ² *d)	4,8%	
		MP 7	7,0 µg/(m ² *d)	7,0%	
		MP 8	13 µg/(m ² *d)	13%	
		MP 9	9,7 µg/(m ² *d)	9,7%	
		MP 10	6,7 µg/(m ² *d)	6,7%	
		MP 11	8,4 µg/(m ² *d)	8,4%	
		MP 12	3,8 µg/(m ² *d)	3,8%	
		MP 13	2,0 µg/(m ² *d)	2,0%	
		MP 15	3,7 µg/(m ² *d)	3,7%	
		MP 16	10 µg/(m ² *d)	10%	

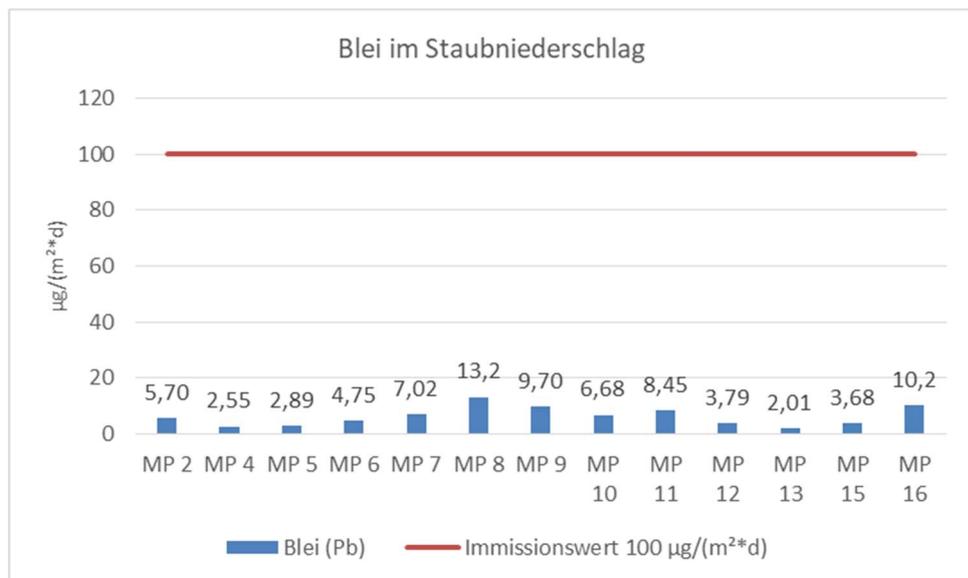


Abbildung 7: Messergebnisse der Blei-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 32: Messergebnisse der Deposition: **Cadmium**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.5.1	2 µg/(m ² *d) Jahresmittelwert	MP 2	0,07 µg/(m ² *d)	3,4%	Das Beurteilungskriterium wird unter-schritten .
		MP 4	0,09 µg/(m ² *d)	4,5%	
		MP 5	0,29 µg/(m ² *d)	14%	
		MP 6	0,09 µg/(m ² *d)	4,4%	
		MP 7	0,11 µg/(m ² *d)	5,5%	
		MP 8	0,16 µg/(m ² *d)	8,2%	
		MP 9	0,23 µg/(m ² *d)	12%	
		MP 10	0,11 µg/(m ² *d)	5,7%	
		MP 11	0,15 µg/(m ² *d)	7,4%	
		MP 12	0,21 µg/(m ² *d)	10%	
		MP 13	0,06 µg/(m ² *d)	3,0%	
		MP 15	0,10 µg/(m ² *d)	4,8%	
MP 16	0,15 µg/(m ² *d)	7,4%			

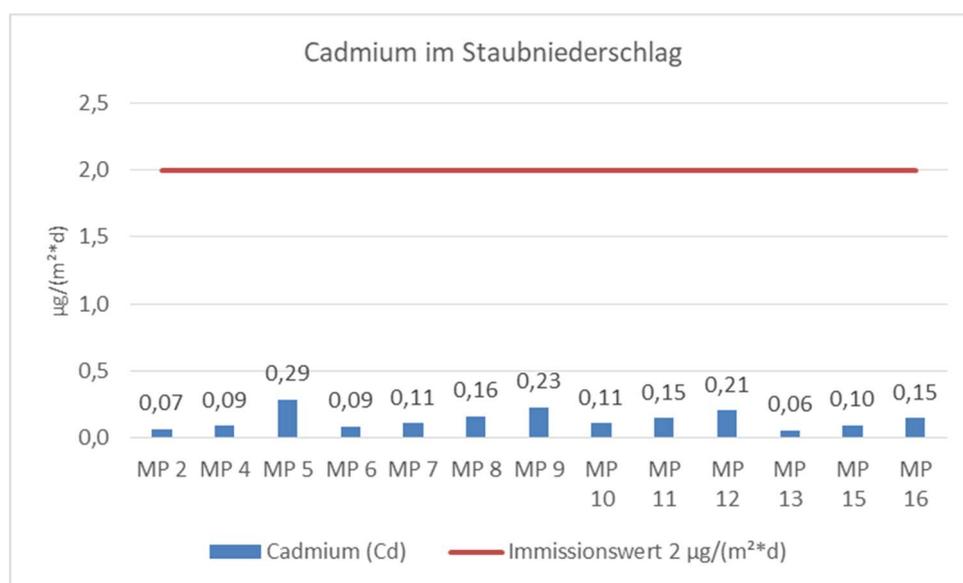


Abbildung 8: Messergebnisse der Cadmium-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 33: Messergebnisse der Deposition: **Nickel**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.5.1	15 µg/(m²*d) Jahresmittelwert	MP 2	4,97 µg/(m ² *d)	33%	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten .
		MP 4	1,06 µg/(m ² *d)	7,0%	
		MP 5	2,21 µg/(m ² *d)	15%	
		MP 6	2,32 µg/(m ² *d)	15%	
		MP 7	3,25 µg/(m ² *d)	22%	
		MP 8	3,60 µg/(m ² *d)	24%	
		MP 9	3,04 µg/(m ² *d)	20%	
		MP 10	3,11 µg/(m ² *d)	21%	
		MP 11	3,33 µg/(m ² *d)	22%	
		MP 12	2,02 µg/(m ² *d)	13%	
		MP 13	1,49 µg/(m ² *d)	9,9%	
		MP 15	2,00 µg/(m ² *d)	13%	
MP 16	3,93 µg/(m ² *d)	26%			

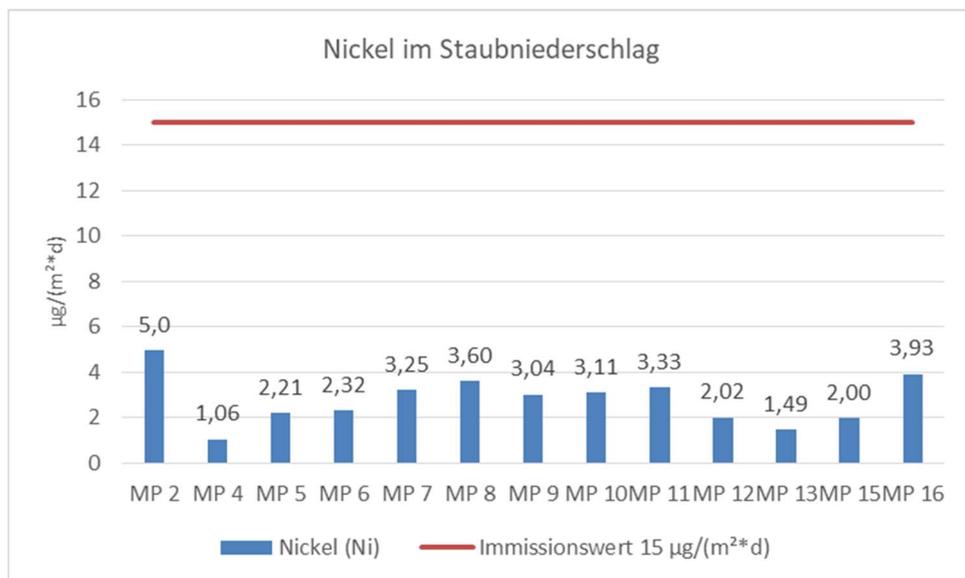


Abbildung 9: Messergebnisse der Nickel-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 34: Messergebnisse der Deposition: **Thallium**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
TA Luft 4.5.1	2 µg/(m ² *d) Jahresmittelwert	MP 2	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten
		MP 4	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 5	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 6	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 7	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 8	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 9	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 10	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 11	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 12	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 13	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.	
		MP 15	0,08 µg/(m ² *d)	3,8%	
MP 16	< 0,02 µg/(m ² *d)	./.			

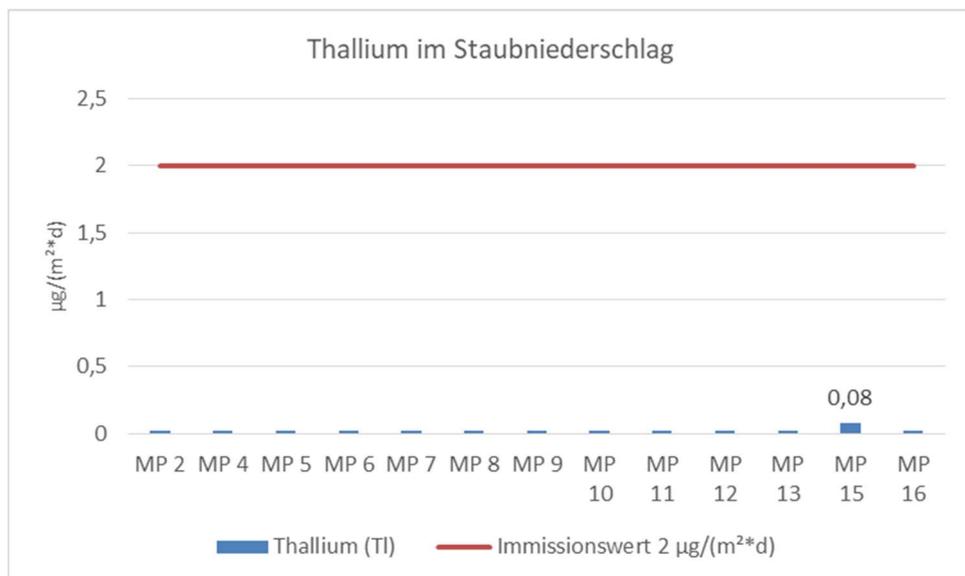


Abbildung 10: Messergebnisse der Thallium-Deposition über alle Messpunkte

Chrom, Kupfer und Zink im Staubbiederschlag

Für die Parameter Chrom, Kupfer und Zink im Staubbiederschlag sind in der TA Luft [3] keine Beurteilungskriterien genannt. In Nummer 4.5.1 der TA Luft [3] wird angegeben, dass der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich des Schutzes vor schädlichen Bodenveränderungen, sichergestellt ist, wenn die maßgebenden Prüf- und Maßnahmenwerte des Anhang 2 der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) [8] eingehalten werden. Aus den Berechnungen (siehe Abschnitt 1.2) errechnet sich für den Parameter Zink eine tolerable Jahresfracht von ca. 329 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$. Für den Parameter Kupfer und Chrom errechnet sich eine tolerable Jahresfracht von ca. 99 $\mu\text{g Cu}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ bzw. 82 $\mu\text{g Cr}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$.

In den folgenden Tabellen sind die im ausgewerteten Beurteilungszeitraum analog der Nummer 4.6.3 der TA Luft [3] ermittelten Immissions-Jahres-Kenngrößen für die Parameter Chrom, Zink und Kupfer im Staubbiederschlag an den Beurteilungspunkten aufgelistet und den nach der Nr. 5 des Anhanges 2 der BBodSchV [8] berechneten Werten gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass für alle Messpunkte die Beurteilungswerte der hier diskutierten Metalle im Staubbiederschlag unterschritten werden; die Immissionswerte werden zu maximal 25% ausgeschöpft. Wie die nachfolgende Übersicht zeigt, bewegen sich die Schadstoffwerte im Staubbiederschlag an allen Messpunkten teils auf einem ländlichen, teils auf einem städtischen Niveau [7].

Tabelle 35: Cr, Cu und Zn im Staubbiederschlag im Vergleich

$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Bremen Hemeling MP 2 – MP 16	Ländliches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Städtisches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Nr. 5 Anhang 2 der BBodSchV [8]
Chrom	2 - 9	1 - 5	5 - 10	82
Kupfer	4 - 25	5 - 10	10 - 50	99
Zink	28 - 200	10 - 60	100 - 1000	329

Die Beurteilungswerte für Chrom, Kupfer und Zink im Staubbiederschlag werden an allen Messpunkten deutlich unterschritten.

Tabelle 36: Messergebnisse der Deposition: **Chrom**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Nr. 5 Anhang 2 der BBodSchV [8]	82 µg/(m²*d) Jahresmittelwert der Deposition bei einer tolerablen Jahresfracht nach BBodSchV [8]	MP 2	4,3 µg/(m ² *d)	5,3%	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten .
		MP 4	2,0 µg/(m ² *d)	2,4%	
		MP 5	3,8 µg/(m ² *d)	4,7%	
		MP 6	4,1 µg/(m ² *d)	5,0%	
		MP 7	6,9 µg/(m ² *d)	8,4%	
		MP 8	6,0 µg/(m ² *d)	7,3%	
		MP 9	7,2 µg/(m ² *d)	8,7%	
		MP 10	4,4 µg/(m ² *d)	5,3%	
		MP 11	4,9 µg/(m ² *d)	6,0%	
		MP 12	3,6 µg/(m ² *d)	4,4%	
		MP 13	2,2 µg/(m ² *d)	2,6%	
		MP 15	3,3 µg/(m ² *d)	4,0%	
		MP 16	9,0 µg/(m ² *d)	11%	

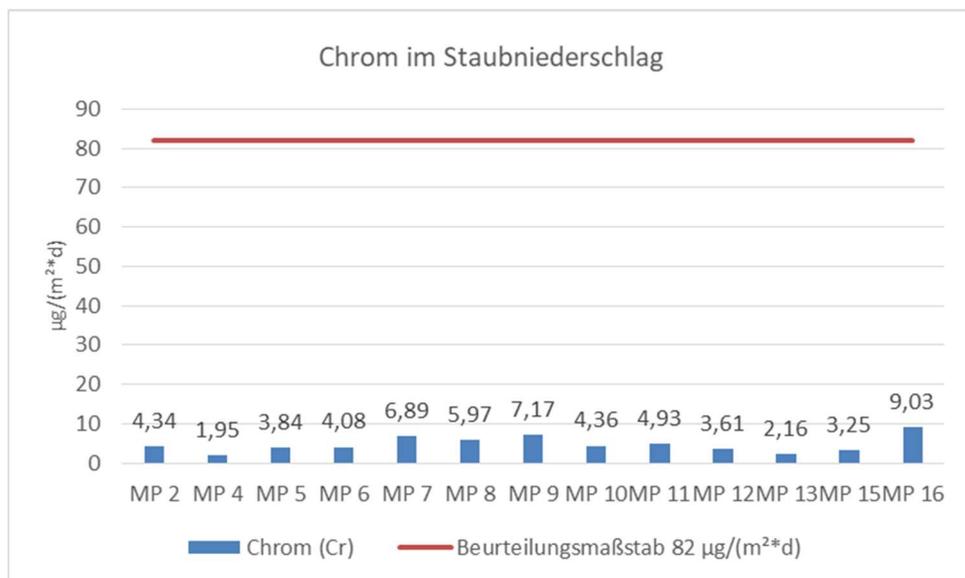


Abbildung 11: Messergebnisse der Chrom-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 37: Messergebnisse der Deposition: **Kupfer**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Nr. 5 Anhang 2 der BBodSchV [8]	99 µg/(m ² *d) Jahresmittelwert der Deposition bei einer tolerablen Jahresfracht nach BBodSchV [8]	MP 2	15 µg/(m ² *d)	15%	Das Beurteilungskriterium wird unter-schritten .
		MP 4	5,3 µg/(m ² *d)	5,4%	
		MP 5	4,6 µg/(m ² *d)	4,6%	
		MP 6	10 µg/(m ² *d)	10%	
		MP 7	25 µg/(m ² *d)	25%	
		MP 8	11 µg/(m ² *d)	11%	
		MP 9	10 µg/(m ² *d)	10%	
		MP 10	8,1 µg/(m ² *d)	8,2%	
		MP 11	12 µg/(m ² *d)	12%	
		MP 12	5,7 µg/(m ² *d)	5,8%	
		MP 13	4,4 µg/(m ² *d)	4,4%	
		MP 15	8,3 µg/(m ² *d)	8,4%	
MP 16	20 µg/(m ² *d)	20%			

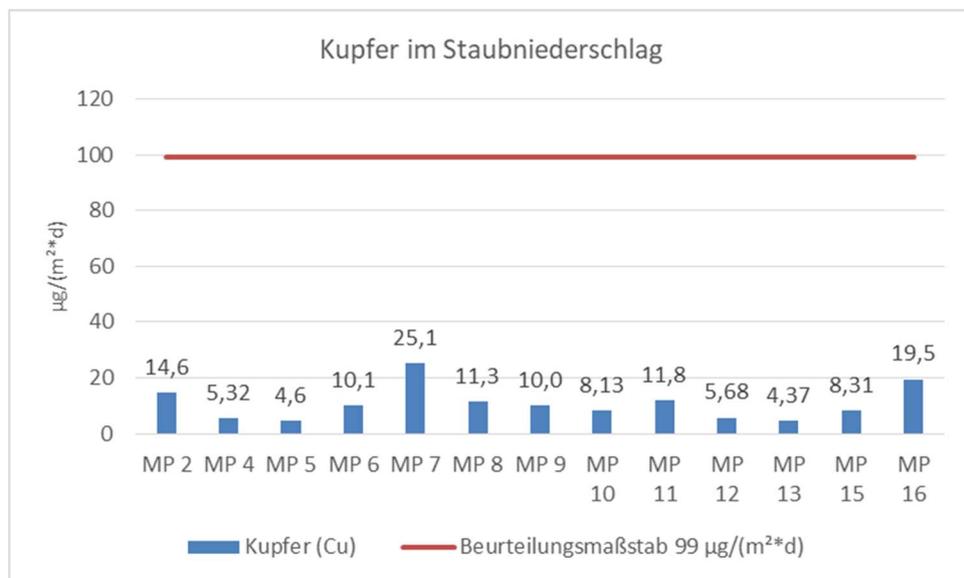


Abbildung 12: Messergebnisse der Kupfer-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 38: Messergebnisse der Deposition: **Zink**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Nr. 5 Anhang 2 der BBodSchV [8]	329 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ Jahresmittelwert der Deposition bei einer tolerablen Jahresfracht nach BBodSchV [8]	MP 2	132 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	40%	Das Beurteilungskriterium wird unter-schritten .
		MP 4	28,8 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	8,7%	
		MP 5	31,1 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	9,5%	
		MP 6	47,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	14%	
		MP 7	73,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	22%	
		MP 8	134 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	41%	
		MP 9	200 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	61%	
		MP 10	76,9 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	23%	
		MP 11	93,6 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	28%	
		MP 12	53,3 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	16%	
		MP 13	28,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	8,6%	
		MP 15	40,4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	12%	
		MP 16	123 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	37%	

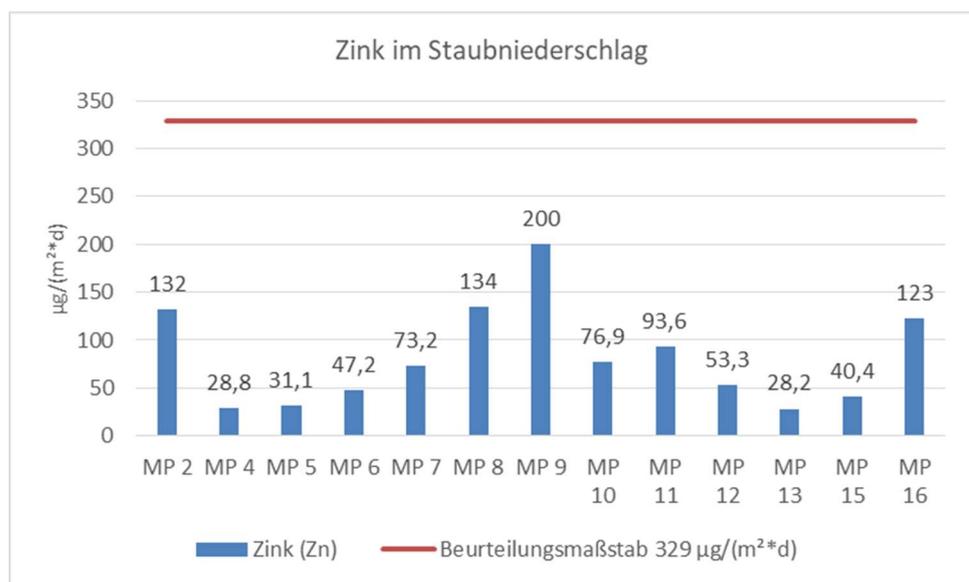


Abbildung 13: Messergebnisse der Zink-Deposition über alle Messpunkte

Antimon, Kobalt, Eisen, Mangan und Vanadium im Staubbiederschlag

Für die Parameter Antimon, Kobalt, Eisen, Mangan und Vanadium im Staubbiederschlag sind weder in der TA Luft [3] noch in der 39. BImSchV [1] Beurteilungskriterien genannt. Hier werden Vergleichswerte zur Einschätzung der Belastung (s.a. Abschnitt 1.2) herangezogen. Siehe Tabellen 39-44.

Tabelle 39: Übersicht Sb, Co, Fe, Mn und V im Staubbiederschlag in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ im Vergleich

$\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Bremen Hemeling MP 2 – MP 16	Ländliches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Städtisches Niveau nach VDI 2267 Blatt 3 [7]	Anhalts- wert nach Kühling [11]
Antimon	0,31 - 1,62	0,07 - 2,3	2,1 - 28	2
Cobalt	0,18 - 0,76	0,1 - 5	1	16
Eisen	365 - 2741	300 - 600	1.000 - 4.000	-
Mangan	11,8 - 119	10 - 30	50 - 300	-
Vanadium	0,95 - 4,77	2 - 10	10 - 70	7

Tabelle 40: Messergebnisse der Deposition: **Antimon**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Kühling [11]	2 µg/(m ² *d) Anhaltswert	MP 2	0,81 µg/(m ² *d)	40%	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten
		MP 4	0,40 µg/(m ² *d)	20%	
		MP 5	1,62 µg/(m ² *d)	81%	
		MP 6	0,65 µg/(m ² *d)	32%	
		MP 7	1,32 µg/(m ² *d)	66%	
		MP 8	0,76 µg/(m ² *d)	38%	
		MP 9	0,78 µg/(m ² *d)	39%	
		MP 10	0,57 µg/(m ² *d)	28%	
		MP 11	0,75 µg/(m ² *d)	37%	
		MP 12	0,46 µg/(m ² *d)	23%	
		MP 13	0,31 µg/(m ² *d)	15%	
		MP 15	0,62 µg/(m ² *d)	31%	
		MP 16	1,29 µg/(m ² *d)	65%	

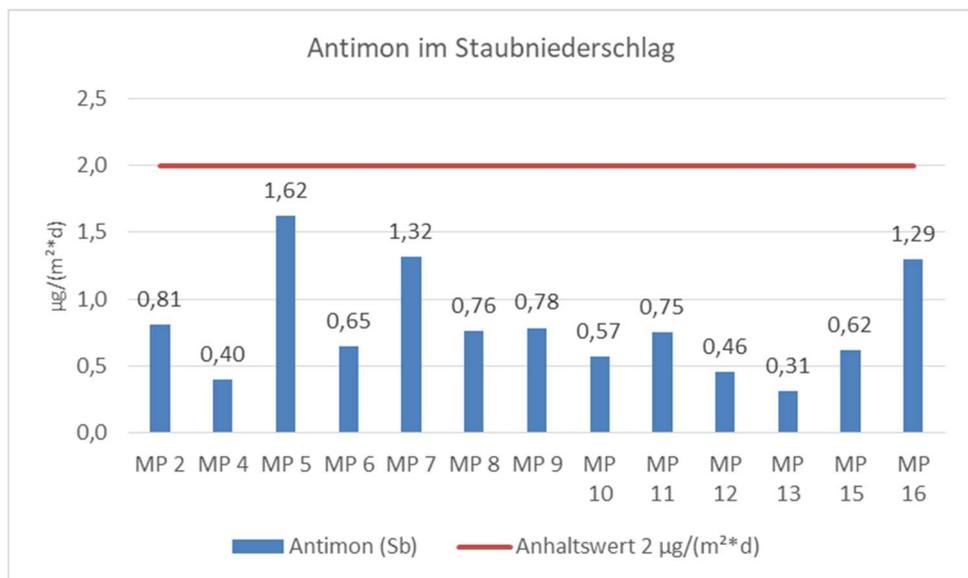


Abbildung 14: Messergebnisse der Antimon-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 41: Messergebnisse der Deposition: **Kobalt**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Kühling [11]	16 µg/(m ² *d) Anhaltswert	MP 2	0,32 µg/(m ² *d)	2,0%	Das Beurteilungskriterium wird unterschritten
		MP 4	0,23 µg/(m ² *d)	1,5%	
		MP 5	0,33 µg/(m ² *d)	2,1%	
		MP 6	0,38 µg/(m ² *d)	2,4%	
		MP 7	0,56 µg/(m ² *d)	3,5%	
		MP 8	0,60 µg/(m ² *d)	3,8%	
		MP 9	0,58 µg/(m ² *d)	3,6%	
		MP 10	0,39 µg/(m ² *d)	2,4%	
		MP 11	0,50 µg/(m ² *d)	3,2%	
		MP 12	0,37 µg/(m ² *d)	2,3%	
		MP 13	0,18 µg/(m ² *d)	1,1%	
		MP 15	0,28 µg/(m ² *d)	1,7%	
		MP 16	0,76 µg/(m ² *d)	4,8%	

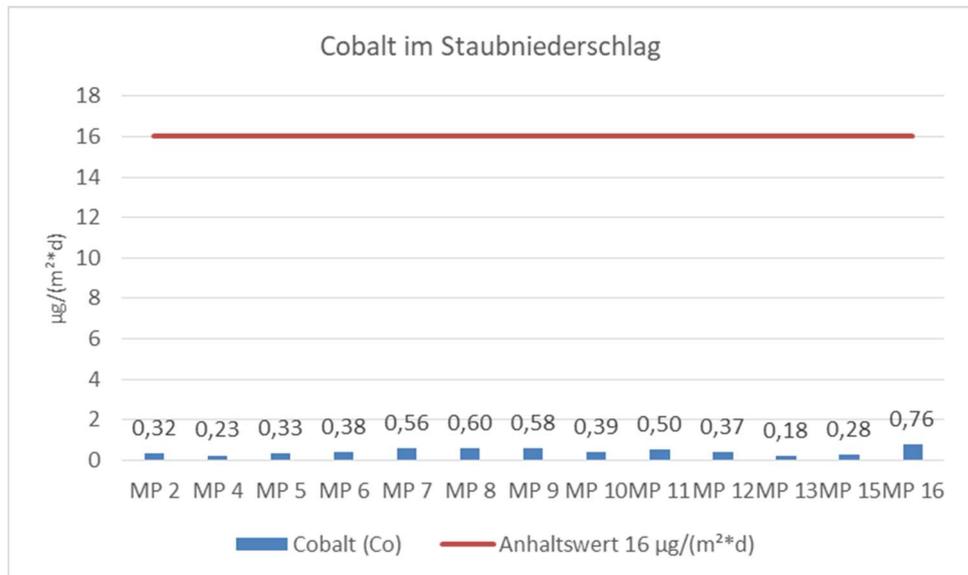


Abbildung 15: Messergebnisse der Kobalt-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 42: Messergebnisse der Deposition: **Eisen**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	300 - 600 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ländlich 1.000 - 4.000 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ städtisch	MP 2	1341 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	./.
		MP 4	415 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 5	672 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
		MP 6	1076 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 7	2323 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 8	1857 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 9	1942 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 10	1249 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 11	1513 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 12	1170 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 13	365 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 15	960 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
MP 16	2741 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch			

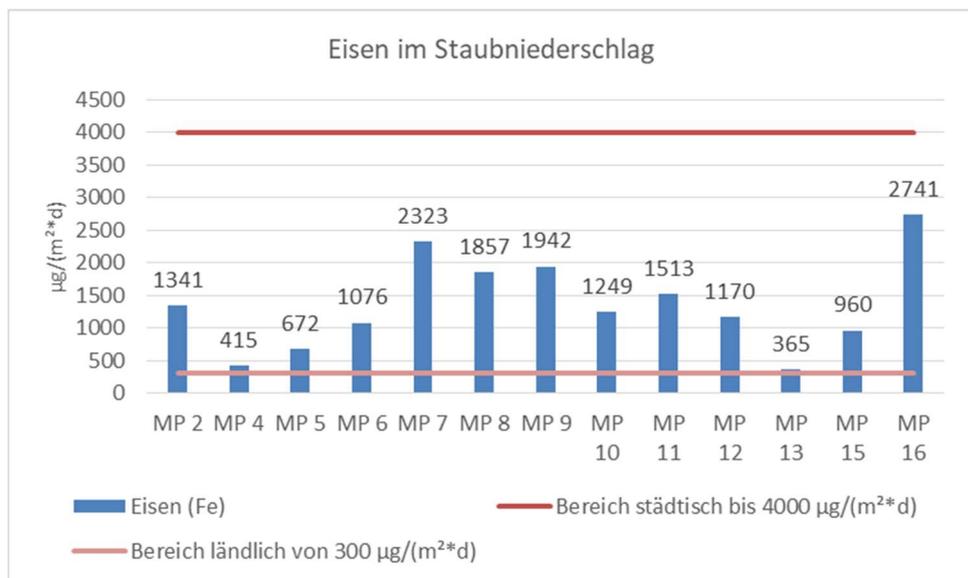


Abbildung 16: Messergebnisse der Eisen-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 43: Messergebnisse der Deposition: **Mangan**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
VDI 2267 Blatt 3 [7] typ. Konz. Bereiche	10 – 30 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ländlich	MP 2	45,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	./.
		MP 4	119 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 5	19,6 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 6	25,8 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 7	48,4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
		MP 8	44,0 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
	50 – 300 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ städtisch	MP 9	63,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 10	30,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 11	34,9 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
		MP 12	45,3 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich - städtisch	
		MP 13	11,8 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	ländlich	
		MP 15	51,2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	
		MP 16	61,6 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	städtisch	

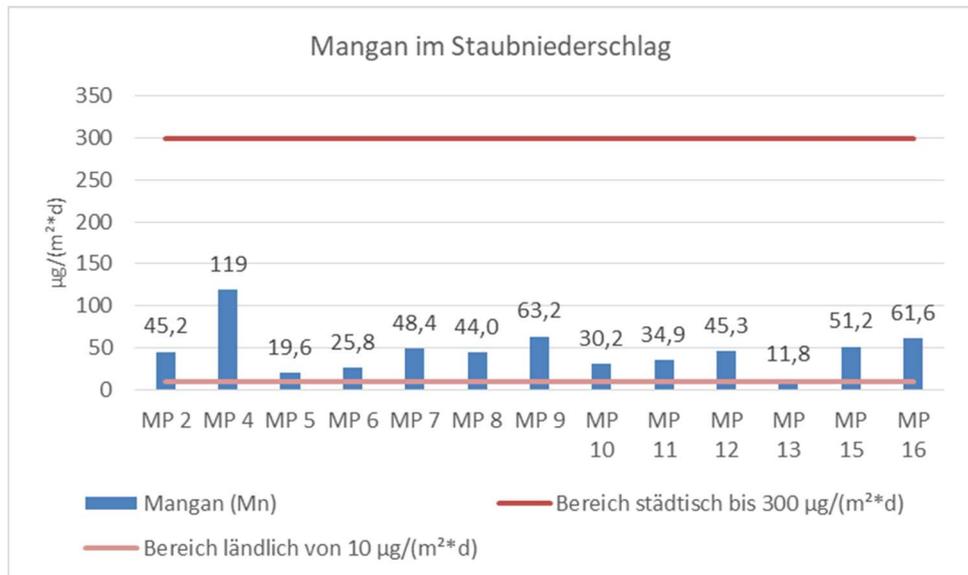


Abbildung 17: Messergebnisse der Mangan-Deposition über alle Messpunkte

Tabelle 45: Messergebnisse der Deposition: **Vanadium**
Messzeitraum: 11.7.2017 bis 30.07.2018 (12 Monatsproben)
(Hinsichtlich teils reduzierter Probenumfängen siehe Text)

Bewertung gemäß	Immissionswert / Mittelungszeitraum	Beurteilungspunkt	Ermittelte Kenngrößen im Messzeitraum	Verhältnis der Kenngrößen zum Beurteilungswert	Ergebnis
Kühling [11]	7 µg/(m ² *d) Anhaltswert	MP 2	3,28 µg/(m ² *d)	47%	Das Beurteilungskriterium wird unter-schritten
		MP 4	1,12 µg/(m ² *d)	16%	
		MP 5	1,59 µg/(m ² *d)	23%	
		MP 6	2,04 µg/(m ² *d)	29%	
		MP 7	3,55 µg/(m ² *d)	51%	
		MP 8	2,93 µg/(m ² *d)	42%	
		MP 9	3,04 µg/(m ² *d)	43%	
		MP 10	1,90 µg/(m ² *d)	27%	
		MP 11	2,27 µg/(m ² *d)	32%	
		MP 12	2,83 µg/(m ² *d)	40%	
		MP 13	0,95 µg/(m ² *d)	14%	
		MP 15	1,73 µg/(m ² *d)	25%	
		MP 16	4,77 µg/(m ² *d)	68%	

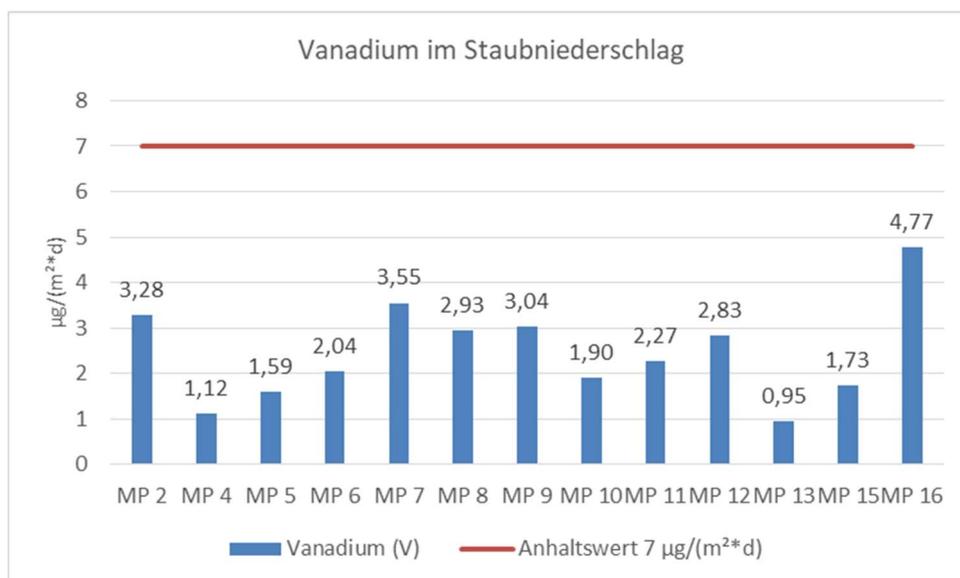


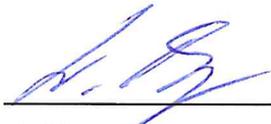
Abbildung 18: Messergebnisse der Vanadium-Deposition über alle Messpunkte

6.5 Plausibilitätsprüfung

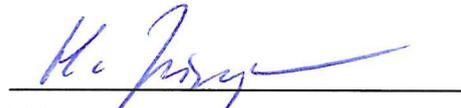
Die Messergebnisse entsprechen in ihrer Höhe und dem zeitlichen Verlauf dem erwarteten Bild für ein Messgebiet dieser Prägung (städtisches Niveau mit industriellen und gewerblichen Einfluss im Norddeutschen Raum. Der Vergleich mit Untersuchungsergebnissen aus Niedersachsen [22] für das Jahr 2017 bestätigt dieses. Die Befunde im Raum Hemelingen sind hiernach gut vergleichbar mit den Messergebnissen einer Vielzahl von Stationen des Landes Niedersachsen [22]. Auffälligkeiten in Form von stark erhöhten Schadstoffbelastungen (z.B. Grenzwert-Überschreitungen) konnten nicht beobachtet werden.

Unplausible Ergebnisse konnten im Laufe des Messprogrammes aufgeklärt werden. Hier sei nochmals der Eintrag von verunreinigtem Wasser aufgrund von Beregnungsaktivitäten (MP 4) erwähnt.

Hamburg, den 07.11.2018



Dr. Klaus Berger
(Projektleiter / Fachlich Verantwortlicher)



Holger Jürgensen
(stellvertretender Projektleiter)

7 Literaturverzeichnis

- [1] 39. *BimSchV*, Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes; Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (2010-08) Stand 2016-10.
- [2] *BImSchG*, Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist.
- [3] *TA Luft (2002)*, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA-Luft).
- [4] *MAK- und BAT-Werte-Liste 2018*, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 54 vom 01. Juli 2018.
- [5] *LAI (2004)*, Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind.
- [6] *WHO (2005)*, Air quality guidelines; WHO Global Update 2005, No. 91.
- [7] *VDI 2267 Blatt 3:2015-03*, Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft - Aufschlussvarianten für Staubproben zur anschließenden Bestimmung der Massenkonzentration von Al, Sb, As, Pb, Cd, Ca, Cr, Co, Fe, K, Cu, Mg, Mn, Na, Ni, Se, V und Zn.
- [8] *BBodSchV*, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
- [9] *BBoSchG*, Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
- [10] *Luftüberwachung Sachsen-Anhalt (LÜSA) - Internetseite*, Link: <http://www.luesa.sachsen-anhalt.de/luesa-web/> - Startseite/Veröffentlichungen/Schadstoffe/Bewertungsmaßstäbe, letzter Aufruf 24.10.2018, 13:41.
- [11] *Kühling (1994)*, W. Kühling, J. Peters: Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge; Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund, 1995.
- [12] *DIN EN 12341:2014-08*, Außenluft - Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM₁₀- oder PM_{2,5}-Massenkonzentration des Schwebstaubes.
- [13] *VDI 4320 Blatt 2:2012-01*, Messung atmosphärischer Depositionen - Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode.
- [14] *DIN EN ISO/IEC 17025:2005*, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- [15] *VDI 2267 Blatt 15:2005-11*, Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft - Messen der Massenkonzentration von Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, K, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn als Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Massenspektrometrie ICP-MS.
- [16] *DIN EN 15549:2008-06*, Luftbeschaffenheit - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft.
- [17] *VDI 2267 Blatt 2:2017-10 Entwurf*, Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft - Messen von Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V und Zn als Bestandteil der atmosphärischen Deposition nach Probenahme mit Bulk- und Wet-only-Sammlern mittels ICP.
- [18] *VDI 4280 Blatt 1:2014-10*, Planung von Immissionsmessungen - Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit.
- [19] *DIN V ENV 13005:1999-06*, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen.
- [20] *DIN EN ISO 20988:2007-09*, Luftbeschaffenheit - Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit.

[21] *Luftqualität Bremen - Jahresbericht 2017*, Das Bremer Luftüberwachungssystem - Luftqualität - Jahresbericht 2017; Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, 2018.

[22] *Luftqualitätsüberwachung Niedersachsen – Jahresbericht 2017*, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim. Bericht Nr. 42-18-009. Stand 8.8.2018.

ANHANG zum Messbericht 66010-019 | B01

Inhaltsverzeichnis Anhang

Anhang I: Messwerte	2
Tabelle A-1 Messwerte PM10 am MP 13 und MP 16	2
Tabelle A 2: Inhaltsstoffe PM10, Metalle und Benzo(a)pyren für MP 13 und MP 16	8
Tabelle A 3: Messwerte Staubbiederschlag für alle Messpunkte	9
Tabelle A 4: Messwerte Inhaltsstoffe Staubbiederschlag, Metalle für alle Messpunkte	10
Anhang II: Messplan	12
Tabelle A 5: Probenwechselplan	12
Anhang III: Fotos der Messpunkte	13
Anhang IV: Monatsgrafiken zur PM10 Konzentration	26

Anhang I: Messwerte

Tabelle A-1 Messwerte PM10 am MP 13 und MP 16

Datum	MP 13	Datum	MP 16
Mo, 31.07.17	Geräteaufbau	Do, 01.03.18	Geräteaufbau
Di, 01.08.17	16,7	Fr, 02.03.18	22,8
Mi, 02.08.17	20,6	Sa, 03.03.18	36,8
Do, 03.08.17	16,3	So, 04.03.18	48,1
Fr, 04.08.17	15,8	Mo, 05.03.18	30,7
Sa, 05.08.17	15,5	Di, 06.03.18	43,3
So, 06.08.17	10,6	Mi, 07.03.18	64,6
Mo, 07.08.17	16,9	Do, 08.03.18	24,1
Di, 08.08.17	19,2	Fr, 09.03.18	23,8
Mi, 09.08.17	15,7	Sa, 10.03.18	20,1
Do, 10.08.17	12,4	So, 11.03.18	14,0
Fr, 11.08.17	10,0	Mo, 12.03.18	24,3
Sa, 12.08.17	13,8	Di, 13.03.18	10,9
So, 13.08.17	10,5	Mi, 14.03.18	11,1
Mo, 14.08.17	13,0	Do, 15.03.18	14,5
Di, 15.08.17	17,5	Fr, 16.03.18	16,0
Mi, 16.08.17	10,8	Sa, 17.03.18	11,4
Do, 17.08.17	14,5	So, 18.03.18	10,5
Fr, 18.08.17	11,5	Mo, 19.03.18	13,4
Sa, 19.08.17	8,0	Di, 20.03.18	14,3
So, 20.08.17	6,1	Mi, 21.03.18	20,7
Mo, 21.08.17	7,2	Do, 22.03.18	12,3
Di, 22.08.17	5,7	Fr, 23.03.18	20,7
Mi, 23.08.17	8,6	Sa, 24.03.18	34,3
Do, 24.08.17	12,7	So, 25.03.18	22,7
Fr, 25.08.17	10,1	Mo, 26.03.18	23,4
Sa, 26.08.17	12,2	Di, 27.03.18	14,0
So, 27.08.17	7,4	Mi, 28.03.18	8,5
Mo, 28.08.17	12,9	Do, 29.03.18	19,4
Di, 29.08.17	20,1	Fr, 30.03.18	25,2
Mi, 30.08.17	33,2	Sa, 31.03.18	27,0
Do, 31.08.17	11,5	So, 01.04.18	43,7
Fr, 01.09.17	9,3	Mo, 02.04.18	13,8

Datum	MP 13
Sa, 02.09.17	4,5
So, 03.09.17	8,6
Mo, 04.09.17	14,0
Di, 05.09.17	20,5
Mi, 06.09.17	8,9
Do, 07.09.17	11,2
Fr, 08.09.17	12,9
Sa, 09.09.17	5,7
So, 10.09.17	8,7
Mo, 11.09.17	9,7
Di, 12.09.17	8,7
Mi, 13.09.17	11,3
Do, 14.09.17	9,8
Fr, 15.09.17	11,5
Sa, 16.09.17	14,9
So, 17.09.17	12,8
Mo, 18.09.17	16,2
Di, 19.09.17	21,3
Mi, 20.09.17	14,2
Do, 21.09.17	23,0
Fr, 22.09.17	27,1
Sa, 23.09.17	33,2
So, 24.09.17	19,4
Mo, 25.09.17	24,6
Di, 26.09.17	22,8
Mi, 27.09.17	32,7
Do, 28.09.17	39,9
Fr, 29.09.17	36,2
Sa, 30.09.17	18,6
So, 01.10.17	17,3
Mo, 02.10.17	15,6
Di, 03.10.17	12,7
Mi, 04.10.17	15,1
Do, 05.10.17	8,4
Fr, 06.10.17	12,2
Sa, 07.10.17	9,7
So, 08.10.17	11,1
Mo, 09.10.17	15,3
Di, 10.10.17	22,5
Mi, 11.10.17	13,8
Do, 12.10.17	11,4

Datum	MP 16
Di, 03.04.18	8,3
Mi, 04.04.18	10,3
Do, 05.04.18	18,1
Fr, 06.04.18	16,7
Sa, 07.04.18	25,8
So, 08.04.18	16,3
Mo, 09.04.18	48,1
Di, 10.04.18	35,0
Mi, 11.04.18	24,3
Do, 12.04.18	27,6
Fr, 13.04.18	39,9
Sa, 14.04.18	26,1
So, 15.04.18	24,5
Mo, 16.04.18	24,5
Di, 17.04.18	25,2
Mi, 18.04.18	33,6
Do, 19.04.18	Messausfall
Fr, 20.04.18	Messausfall
Sa, 21.04.18	36,8
So, 22.04.18	16,1
Mo, 23.04.18	23,0
Di, 24.04.18	22,1
Mi, 25.04.18	11,6
Do, 26.04.18	11,4
Fr, 27.04.18	16,9
Sa, 28.04.18	16,5
So, 29.04.18	14,3
Mo, 30.04.18	14,1
Di, 01.05.18	8,0
Mi, 02.05.18	10,9
Do, 03.05.18	14,3
Fr, 04.05.18	12,3
Sa, 05.05.18	10,0
So, 06.05.18	11,4
Mo, 07.05.18	Messausfall
Di, 08.05.18	21,0
Mi, 09.05.18	28,1
Do, 10.05.18	21,6
Fr, 11.05.18	9,6
Sa, 12.05.18	14,1
So, 13.05.18	17,0

Datum	MP 13
Fr, 13.10.17	21,7
Sa, 14.10.17	20,4
So, 15.10.17	14,0
Mo, 16.10.17	26,5
Di, 17.10.17	29,2
Mi, 18.10.17	28,3
Do, 19.10.17	24,9
Fr, 20.10.17	20,7
Sa, 21.10.17	12,5
So, 22.10.17	7,4
Mo, 23.10.17	9,0
Di, 24.10.17	17,6
Mi, 25.10.17	11,1
Do, 26.10.17	10,3
Fr, 27.10.17	22,9
Sa, 28.10.17	11,5
So, 29.10.17	20,7
Mo, 30.10.17	9,4
Di, 31.10.17	14,4
Mi, 01.11.17	34,3
Do, 02.11.17	23,5
Fr, 03.11.17	20,2
Sa, 04.11.17	29,0
So, 05.11.17	9,9
Mo, 06.11.17	12,2
Di, 07.11.17	12,3
Mi, 08.11.17	25,2
Do, 09.11.17	41,7
Fr, 10.11.17	18,1
Sa, 11.11.17	6,5
So, 12.11.17	11,6
Mo, 13.11.17	9,8
Di, 14.11.17	16,3
Mi, 15.11.17	25,4
Do, 16.11.17	25,4
Fr, 17.11.17	13,1
Sa, 18.11.17	11,8
So, 19.11.17	8,0
Mo, 20.11.17	10,4
Di, 21.11.17	9,3
Mi, 22.11.17	17,1

Datum	MP 16
Mo, 14.05.18	24,3
Di, 15.05.18	25,8
Mi, 16.05.18	22,7
Do, 17.05.18	29,7
Fr, 18.05.18	23,8
Sa, 19.05.18	24,1
So, 20.05.18	11,4
Mo, 21.05.18	10,9
Di, 22.05.18	16,5
Mi, 23.05.18	13,6
Do, 24.05.18	14,1
Fr, 25.05.18	13,4
Sa, 26.05.18	17,6
So, 27.05.18	10,2
Mo, 28.05.18	18,9
Di, 29.05.18	24,7
Mi, 30.05.18	14,9
Do, 31.05.18	18,1
Fr, 01.06.18	21,9
Sa, 02.06.18	22,1
So, 03.06.18	17,6
Mo, 04.06.18	20,7
Di, 05.06.18	15,6
Mi, 06.06.18	12,7
Do, 07.06.18	14,9
Fr, 08.06.18	19,0
Sa, 09.06.18	16,9
So, 10.06.18	14,9
Mo, 11.06.18	8,7
Di, 12.06.18	8,7
Mi, 13.06.18	8,2
Do, 14.06.18	13,8
Fr, 15.06.18	13,1
Sa, 16.06.18	13,1
So, 17.06.18	12,9
Mo, 18.06.18	10,5
Di, 19.06.18	12,2
Mi, 20.06.18	10,9
Do, 21.06.18	8,9
Fr, 22.06.18	8,3
Sa, 23.06.18	11,4

Datum	MP 13
Do, 23.11.17	6,6
Fr, 24.11.17	12,3
Sa, 25.11.17	17,3
So, 26.11.17	10,5
Mo, 27.11.17	10,6
Di, 28.11.17	8,6
Mi, 29.11.17	24,6
Do, 30.11.17	16,3
Fr, 01.12.17	16,5
Sa, 02.12.17	15,4
So, 03.12.17	18,8
Mo, 04.12.17	11,5
Di, 05.12.17	10,5
Mi, 06.12.17	14,9
Do, 07.12.17	11,4
Fr, 08.12.17	6,4
Sa, 09.12.17	2,7
So, 10.12.17	9,7
Mo, 11.12.17	10,6
Di, 12.12.17	8,1
Mi, 13.12.17	10,7
Do, 14.12.17	7,5
Fr, 15.12.17	22,5
Sa, 16.12.17	12,1
So, 17.12.17	8,7
Mo, 18.12.17	15,6
Di, 19.12.17	22,4
Mi, 20.12.17	9,4
Do, 21.12.17	3,8
Fr, 22.12.17	11,0
Sa, 23.12.17	9,5
So, 24.12.17	10,5
Mo, 25.12.17	< NWG
Di, 26.12.17	5,3
Mi, 27.12.17	3,6
Do, 28.12.17	8,0
Fr, 29.12.17	12,5
Sa, 30.12.17	9,9
So, 31.12.17	11,4
Mo, 01.01.18	13,4
Di, 02.01.18	14,4

Datum	MP 16
So, 24.06.18	4,7
Mo, 25.06.18	12,9
Di, 26.06.18	15,6
Mi, 27.06.18	13,1
Do, 28.06.18	10,5
Fr, 29.06.18	11,8
Sa, 30.06.18	6,3
So, 01.07.18	4,4
Mo, 02.07.18	8,0
Di, 03.07.18	14,3
Mi, 04.07.18	12,7
Do, 05.07.18	6,7
Fr, 06.07.18	8,9
Sa, 07.07.18	9,6
So, 08.07.18	6,9
Mo, 09.07.18	11,6
Di, 10.07.18	5,1
Mi, 11.07.18	9,4
Do, 12.07.18	13,1
Fr, 13.07.18	14,0
Sa, 14.07.18	4,9
So, 15.07.18	5,6
Mo, 16.07.18	11,2
Di, 17.07.18	15,1
Mi, 18.07.18	9,9
Do, 19.07.18	10,5
Fr, 20.07.18	11,4
Sa, 21.07.18	14,5
So, 22.07.18	12,6
Mo, 23.07.18	8,5
Di, 24.07.18	12,8
Mi, 25.07.18	21,4
Do, 26.07.18	14,2
Fr, 27.07.18	16,3
Sa, 28.07.18	18,6
So, 29.07.18	10,8
Mo, 30.07.18	Geräteabbau

Tabelle A 2: Inhaltsstoffe PM10, Metalle und Benzo(a)pyren für MP 13 und MP 16

Parameter	Messpunkt 13			Messpunkt 16	
	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal *1	3. Quartal *2	4. Quartal
Antimon (Sb)	1,64	1,28	1,46	2,26	1,73
Arsen (As)	0,61	0,36	0,79	0,55	0,66
Blei (Pb)	3,83	3,92	5,55	4,91	3,80
Cadmium (Cd)	0,09	0,10	0,18	0,15	0,12
Chrom (Cr)	6,05	5,30	5,89	6,57	6,11
Cobalt (Co)	0,10	0,08	0,09	0,13	< 0,38
Eisen (Fe)	343	154	358	691	497
Kupfer (Cu)	9,48	6,46	9,40	11,5	11,0
Mangan (Mn)	8,72	6,54	10,1	9,56	9,62
Nickel (Ni)	7,42	6,46	7,84	7,26	8,41
Thallium (Tl)	< 0,04	< 0,03	< 0,10	0,05	0,05
Vanadium (V)	0,59	0,41	0,55	0,83	1,22
Zink (Zn)	58,4	34,1	88,2	29,4	26,4
Benzo(a)pyren	< 0,01	0,15	0,21	0,14	0,01

Legende:

Werte unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) bzw. Bestimmungsgrenze (BG) gehen mit dem Betrag der NWG bzw. BG in die Mittelwertberechnung ein

< = unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG)

<< = unterhalb der Nachweisgrenze (NWG)

*1 Das Quartal 3 am MP 13 besteht, wegen dem vorgezogenen Messende am 28.02.2018, nur aus dem Monat Februar

*2 Das Quartal 3 am MP 16 besteht nur aus den Monaten März und April, Messbeginn MP 16 am 02.03.2018

Tabelle A 3: Messwerte Staubniederschlag für alle Messpunkte

Messpunkt:	Staubniederschlag in [g/(m ² ·d)]												Mittelwert g/(m ² ·d)
	Aug 2017	Sep 2017	Okt 2017	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Feb 2018	Mrz 2018	Apr 2018	Mai 2018	Jun 2018	Juli 2018	
MP 2	0,077	1)	0,119	0,037	0,031	0,049	0,022	0,023	0,048	0,156	0,485	0,205	0,114
MP 4	0,068	0,053	0,125	0,131	0,075	0,050	0,011	0,056	0,078	5)	(0,814) 5)	(0,917) 5)	0,072
MP 5	0,053	0,032	0,082	0,034	0,072	0,051	0,009	0,037	0,062	4)	0,051	0,060	0,049
MP 6	0,071	0,058	0,126	0,043	0,037	0,046	0,014	0,046	0,043	0,114	0,051	0,066	0,060
MP 7	0,071	0,075	0,092	0,057	0,076	0,057	0,024	0,060	0,078	0,130	0,094	0,137	0,079
MP 8	0,060	0,052	0,086	0,045	0,034	0,050	0,015	0,044	0,077	0,131	0,085	0,186	0,072
MP 9	0,067	0,051	0,142	0,062	0,037	0,047	0,022	0,109	0,080	0,103	0,071	0,077	0,072
MP 10	0,068	0,044	0,092	0,052	0,035	0,046	0,012	0,081	0,074	0,102	0,061	0,074	0,062
MP 11	0,068	0,086	0,166	0,098	0,036	0,047	0,013	0,048	0,072	0,118	0,062	0,096	0,076
MP 12	0,071	0,051	0,111	0,042	0,037	0,053	0,012	0,049	0,094	0,105	0,171	0,188	0,082
MP 13	0,059	0,044	0,080	0,079	0,035	0,057	0,016	2)	0,030	0,110	0,299	0,196	0,126
MP 15	0,070	0,187	0,322	0,073	0,058	0,070	0,021	3)	0,068	0,120	0,084	0,077	0,088
MP 16													
Monatsmittelwerte	0,067	0,067	0,129	0,063	0,047	0,052	0,016	0,054	0,073	0,119	0,138	0,124	0,077

Werte unterhalb der Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze gehen mit dem Betrag der Nachweisgrenze bzw. Bestimmungsgrenze in die Mittelwertberechnung ein

Legende:

- 1) Totalverlust (Fremdkörper)
- 2) Die Messungen an diesem Punkt wurden am 28.02.2018 beendet
- 3) Messbeginn an diesem Punkt am 01.03.2018
- 4) Totalverlust (Glasbruch)
- 5) Unbestimmbarer Wassereintrag (Brunnenwasser) durch einen Rasensprenger, diese Werte gehen nicht in die MW-Bildung mit ein

Tabelle A 4: Messwerte Inhaltsstoffe Staubniederschlag, Metalle für alle Messpunkte

1. Quartal und 2. Quartal

Zeitraum:	1. Quartal (3-Monatsmischprobe, Aug/Sep/Okt)															31.07.2017		bis		30.10.2018					
	MP 2 *1	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13	MP 15	MP 16												
Parameter:	Ergebnisse in µg/(m³*d)																								
Antimon (Sb)	0,70	0,36	5,26	0,63	1,21	0,78	0,45	0,56	0,88	0,42	0,40	0,57	-./-												
Arsen (As)	0,24	0,19	0,19	0,26	0,34	0,32	0,21	0,24	0,32	0,25	0,19	0,28	-./-												
Blei (Pb)	12,3	1,83	2,57	5,37	6,28	7,78	3,03	5,47	8,65	2,09	2,54	2,36	-./-												
Cadmium (Cd)	0,06	0,07	0,98	0,08	0,08	0,16	0,09	0,10	0,18	0,12	0,05	0,06	-./-												
Chrom (Cr)	2,24	1,37	2,68	3,29	4,34	3,83	10,00	2,57	3,71	1,92	2,01	1,86	-./-												
Cobalt (Co)	0,21	0,23	0,66	0,41	0,41	0,49	0,29	0,33	0,50	0,21	0,18	0,18	-./-												
Eisen (Fe)	623	368	484	842	1300	1073	758	730	1084	564	455	422	-./-												
Kupfer (Cu)	6,10	3,63	4,35	8,38	29,7	9,36	6,06	7,05	10,4	4,25	4,15	6,48	-./-												
Mangan (Mn)	64	104	16,1	34,9	26,0	32,0	83,9	40,1	27,5	41,6	15,5	90,3	-./-												
Nickel (Ni)	1,02	0,78	1,35	1,88	2,74	2,29	1,72	3,15	3,73	1,12	1,06	2,23	-./-												
Thallium (Tl)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	-./-												
Vanadium (V)	1,55	0,99	1,37	1,54	2,11	1,84	1,48	1,25	1,62	1,39	1,14	0,99	-./-												
Zink (Zn)	14,0	10,9	7,76	16,8	19,8	88,7	55,2	59,3	113	72,0	29,7	35,0	-./-												

*1 Im Quartal 1 basieren die Messwerte am MP 2 nur auf den Monaten August und Oktober wg. Ausfalles im September

Zeitraum:	2. Quartal (3-Monatsmischprobe, Nov/Dez/Jan)															30.10.2018		bis		29.01.2018						
	MP 2	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13	MP 15	MP 16													
Parameter:	Ergebnisse in µg/(m³*d)																									
Antimon (Sb)	0,73	0,39	0,38	0,49	1,10	0,51	0,45	0,36	0,53	0,44	0,31	0,52	-./-													
Arsen (As)	0,11	0,12	0,09	0,15	0,28	0,19	0,10	0,13	0,17	0,11	0,13	0,14	-./-													
Blei (Pb)	2,01	1,95	1,82	3,31	5,42	5,15	1,87	4,19	4,24	2,07	1,99	2,55	-./-													
Cadmium (Cd)	0,06	0,13	0,05	0,08	0,10	0,14	0,08	0,14	0,18	0,29	0,10	0,17	-./-													
Chrom (Cr)	2,17	1,52	1,55	2,29	5,05	3,25	1,57	2,38	3,00	2,09	2,10	2,30	-./-													
Cobalt (Co)	0,17	0,23	0,12	0,21	0,42	0,35	0,19	0,23	0,32	0,19	0,23	0,22	-./-													
Eisen (Fe)	356	233	269	543	1402	714	273	419	525	324	283	408	-./-													
Kupfer (Cu)	34,2	6,05	5,01	11,3	26,2	11,3	5,71	7,34	13,6	4,63	5,43	7,83	-./-													
Mangan (Mn)	8,60	206	21,0	11,0	23,1	13,5	40,3	14,0	12,2	13,3	11,6	18,3	-./-													
Nickel (Ni)	13,8	0,92	1,10	1,37	2,55	2,35	1,02	2,02	1,74	1,63	2,1	1,20	-./-													
Thallium (Tl)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-./-													
Vanadium (V)	0,77	0,54	0,61	0,91	1,76	1,03	0,59	0,47	0,82	0,68	0,56	0,84	-./-													
Zink (Zn)	20,0	37,9	15,4	35,3	54,5	55,2	43,0	48,1	47,2	25,5	21,9	19,5	-./-													

3. Quartal und 4. Quartal

Zeitraum:	3. Quartal (3-Monatsmischprobe, Feb/Mär/Apr)										29.01.2018			bis		27.04.2018	
	MP 2	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13 *2	MP 15	MP 16 *3				
Parameter:	Ergebnisse in µg/(m³*d)																
Antimon (Sb)	0,76	0,45	0,53	0,59	1,25	0,71	0,90	0,57	0,73	0,41	<BG	0,59	1,32				
Arsen (As)	0,19	0,29	0,29	0,30	0,47	0,30	0,56	0,33	0,31	0,28	<NWG	0,22	0,56				
Blei (Pb)	2,49	3,87	4,37	3,14	6,41	6,36	14,7	6,23	9,15	2,69	1,52	2,77	10,0				
Cadmium (Cd)	0,04	0,07	0,08	0,07	0,07	0,12	0,49	0,08	0,09	0,13	<BG	0,06	0,14				
Chrom (Cr)	3,42	2,97	2,84	3,12	7,14	4,55	5,71	3,60	4,65	2,18	2,38	2,79	8,77				
Cobalt (Co)	0,22	0,24	0,26	0,26	0,49	0,41	0,73	0,35	0,45	0,23	0,13	0,21	0,66				
Eisen (Fe)	759	644	571	759	2024	1076	2288	975	1194	639	356	684	1881				
Kupfer (Cu)	6,23	6,29	5,20	9,53	21,2	8,75	10,9	7,57	10,4	4,83	3,52	6,51	18,2				
Mangan (Mn)	16,1	47,3	16,5	16,5	39,0	23,7	40,7	24,4	24,5	22,0	8,33	19,4	43,5				
Nickel (Ni)	1,39	1,46	1,39	1,90	2,99	2,66	3,14	1,89	3,37	1,69	1,33	1,41	3,18				
Thallium (Tl)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				
Vanadium (V)	2,11	1,84	1,73	1,74	3,67	2,27	4,60	1,65	2,22	1,75	1,15	1,57	4,20				
Zink (Zn)	24,4	37,5	33,4	42,2	76,9	68,1	111	72,7	93,3	28,9	32,9	28,9	122				

*2 Das Quartal 3 beim MP 13 besteht, wegen dem vorgezogenen Messende am 28.02.2018, nur aus dem Monat Februar

*3 Das Quartal 3 beim MP 16 besteht nur aus den Monaten März und April, MP16 Messbeginn am 01.03.2018

Zeitraum:	4. Quartal (3-Monatsmischprobe, Mai/Jun/Juli)										27.04.2018			bis		30.07.2018	
	MP 2	MP 4 *4	MP 5 *5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11	MP 12	MP 13	MP 15	MP 16				
Parameter:	Ergebnisse in µg/(m³*d)																
Antimon (Sb)	1,05	(0,68)	0,30	0,88	1,71	1,06	1,34	0,79	0,86	0,56	./.	0,78	1,27				
Arsen (As)	0,68	(1,23)	0,22	0,42	0,61	0,80	0,67	0,44	0,51	0,88	./.	0,42	0,62				
Blei (Pb)	6,05	(5,98)	2,80	7,20	9,96	33,4	19,16	10,8	11,7	8,33	./.	7,04	10,5				
Cadmium (Cd)	0,11	(1,35)	0,05	0,12	0,20	0,24	0,26	0,14	0,14	0,30	./.	0,10	0,16				
Chrom (Cr)	9,51	(6,05)	8,31	7,60	11,0	12,2	11,4	8,90	8,38	8,26	./.	6,03	9,30				
Kobalt (Co)	0,67	(15,1)	0,30	0,63	0,93	1,15	1,11	0,66	0,75	0,84	./.	0,49	0,87				
Eisen (Fe)	3625	(1090)	1365	2158	4566	4566	4448	2871	3248	3154	./.	2325	3601				
Kupfer (Cu)	12,0	(19,9)	3,95	11,3	23,2	15,8	17,4	10,6	12,9	8,99	./.	12,4	20,8				
Mangan (Mn)	92,0	(3601)	24,9	40,7	105	107	88,0	42,4	75,3	104	./.	76,7	79,8				
Nickel (Ni)	3,72	(18,3)	4,99	4,14	4,71	7,11	6,26	5,37	4,50	3,62	./.	3,18	4,68				
Thallium (Tl)	<0,02	(<0,02)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	./.	<0,02	<0,02				
Vanadium (V)	8,68	(4,66)	2,64	3,98	6,66	6,59	5,48	4,24	4,42	7,48	./.	3,53	5,34				
Zink (Zn)	468	(504)	68,0	94,6	142	325	593	128	121	86,8	./.	78,4	123				

*4 Am MP 4 sind die Messwerte nicht verwendbar. Grund ist der Betrieb eines mit Brunnenwasser betriebenen Rosensprengers in allen 3 Monaten des Untersuchungszeitraumes

*5 Am MP 5 basierten die Messwerte nur auf den Monaten Juni und Juli, wegen Ausfalls im Mai 2018

Anhang II: Messplan

Tabelle A 5: Probenwechselplan

		2018												
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli						
PM10	StN	1 Sa	1 Mo	1 Do	1 So	1 Di	1 Fr	1 So	1 Di	1 Fr	1 So	1 Di	1 Fr	1 So
		2 So	2 Di	2 Fr	2 Mo	2 Mi	2 Sa	2 Mo	2 Mi	2 Sa	2 Mo	2 Mi	2 Sa	2 Mo
		3 Mo	3 Mi	3 Sa	3 Fr	3 So	3 Di	3 Mo	3 Mi	3 Sa	3 Di	3 Mo	3 Mi	3 Sa
		4 Di	4 Do	4 So	4 Mo	4 Mi	4 Sa	4 Mo	4 Mi	4 Sa	4 Mo	4 Mi	4 Sa	4 Mo
		5 Mi	5 Fr	5 So	5 Di	5 Mo	5 Do	5 Mi	5 Do	5 Sa	5 Mi	5 Do	5 Sa	5 Mi
		6 Do	6 Sa	6 Mi	6 Mo	6 Mi	6 Do	6 Mi	6 Do	6 Sa	6 Mi	6 Do	6 Sa	6 Mi
		7 Fr	7 So	7 Do	7 Di	7 Do	7 Mi	7 Do	7 Mi	7 Sa	7 Do	7 Mi	7 Sa	7 Do
		8 Sa	8 Mo	8 Fr	8 Mi	8 Do	8 Do	8 Mi	8 Do	8 Sa	8 Do	8 Mi	8 Sa	8 Do
		9 So	9 Di	9 Do	9 Mo	9 Mi	9 Do	9 Mi	9 Do	9 Sa	9 Mi	9 Do	9 Sa	9 Mi
		10 Mo	10 Mi	10 So	10 Fr	10 Sa	10 So	10 Sa	10 Di	10 So	10 Do	10 Sa	10 Di	10 So
		11 Di	11 Do	11 Mi	11 Mo	11 Do	11 So	11 Do	11 Mi	11 So	11 Do	11 Mi	11 So	11 Do
		12 Mi	12 Fr	12 Do	12 Di	12 Do	12 So	12 Do	12 Mi	12 So	12 Do	12 Mi	12 So	12 Do
		13 Do	13 Sa	13 Mi	13 Mo	13 Do	13 Sa	13 Do	13 Mi	13 So	13 Do	13 Mi	13 So	13 Do
		14 Fr	14 So	14 Do	14 Di	14 Do	14 Sa	14 Do	14 Mi	14 So	14 Do	14 Mi	14 So	14 Do
		15 Sa	15 Mo	15 Fr	15 Mi	15 Do	15 So	15 Do	15 Mi	15 So	15 Do	15 Mi	15 So	15 Do
		16 So	16 Di	16 Do	16 Mo	16 Do	16 Sa	16 Do	16 Mi	16 So	16 Do	16 Mi	16 So	16 Do
		17 Mo	17 Do	17 Fr	17 Mi	17 Do	17 Sa	17 Do	17 Mi	17 So	17 Do	17 Mi	17 So	17 Do
		18 Di	18 Mo	18 So	18 Do	18 Sa	18 So	18 Do	18 Mi	18 So	18 Do	18 Mi	18 So	18 Do
		19 Mi	19 Do	19 So	19 Do	19 Sa	19 So	19 Do	19 Mi	19 So	19 Do	19 Mi	19 So	19 Do
		20 Do	20 Mi	20 So	20 Do	20 Sa	20 So	20 Do	20 Mi	20 So	20 Do	20 Mi	20 So	20 Do
		21 Fr	21 Do	21 So	21 Di	21 Sa	21 So	21 Do	21 Mi	21 So	21 Do	21 Mi	21 So	21 Do
		22 Sa	22 Fr	22 So	22 Mi	22 So	22 So	22 Do	22 Do	22 So	22 Do	22 Fr	22 So	22 Do
		23 So	23 Mi	23 Sa	23 Do	23 Sa	23 So	23 Do	23 Mi	23 So	23 Do	23 Mi	23 So	23 Do
		24 Mo	24 Do	24 So	24 Di	24 Sa	24 So	24 Do	24 Mi	24 So	24 Do	24 Mi	24 So	24 Do
		25 Di	25 Fr	25 Mo	25 Mi	25 So	25 So	25 Do	25 Mi	25 So	25 Do	25 Mi	25 So	25 Do
		26 Mi	26 Do	26 Di	26 Do	26 So	26 So	26 Do	26 Mi	26 So	26 Do	26 Mi	26 So	26 Do
		27 Do	27 Fr	27 Mo	27 Mi	27 So	27 So	27 Do	27 Mi	27 So	27 Do	27 Mi	27 So	27 Do
		28 Fr	28 Do	28 So	28 Di	28 Sa	28 So	28 Do	28 Mi	28 So	28 Do	28 Mi	28 So	28 Do
		29 Sa	29 Fr	29 So	29 Mi	29 So	29 So	29 Do	29 Mi	29 So	29 Do	29 Mi	29 So	29 Do
		30 So	30 Mi	30 Sa	30 Mo	30 So	30 So	30 Do	30 Mi	30 So	30 Do	30 Mi	30 So	30 Do
		31 Mo	31 Do	31 Di	31 Mi	31 So	31 So	31 Mi	31 Do	31 So	31 Do	31 Mi	31 Do	31 Di

Anhang III: Fotos der Messpunkte



MP 4



Abbildung 3A.

MP 4



Abbildung 4A.

MP 5

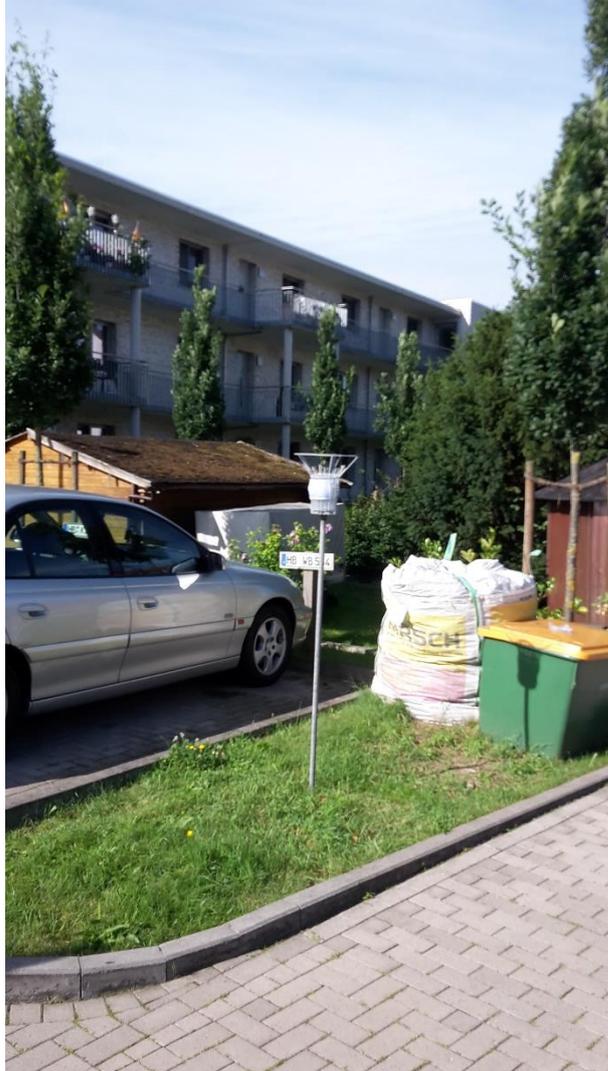


Abbildung 5A.

MP 5

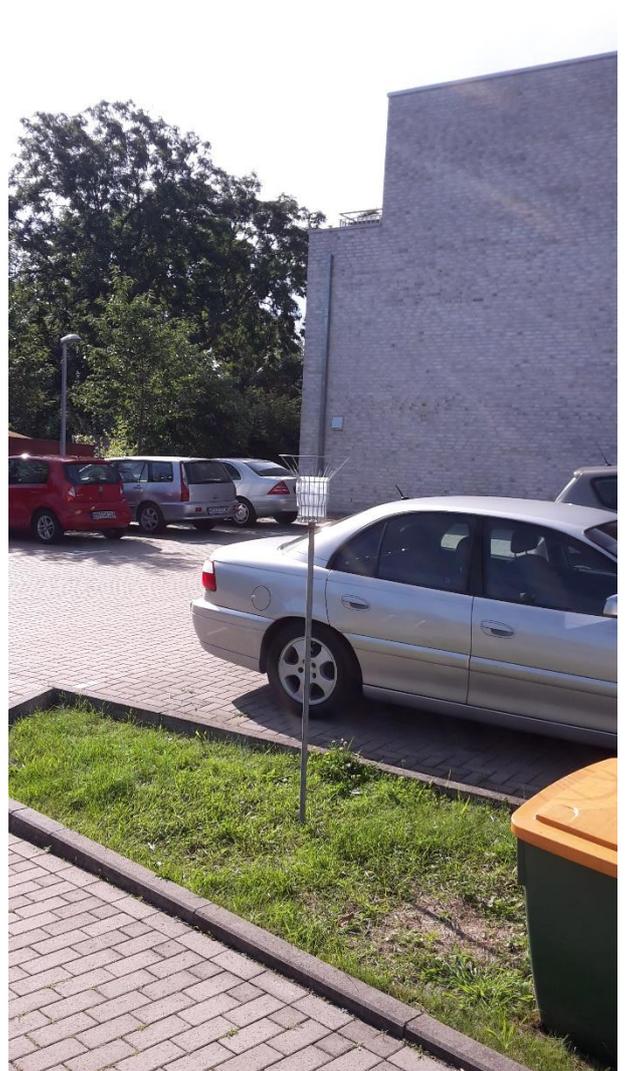


Abbildung 6A.

MP 6



Abbildung 7A.

MP 6

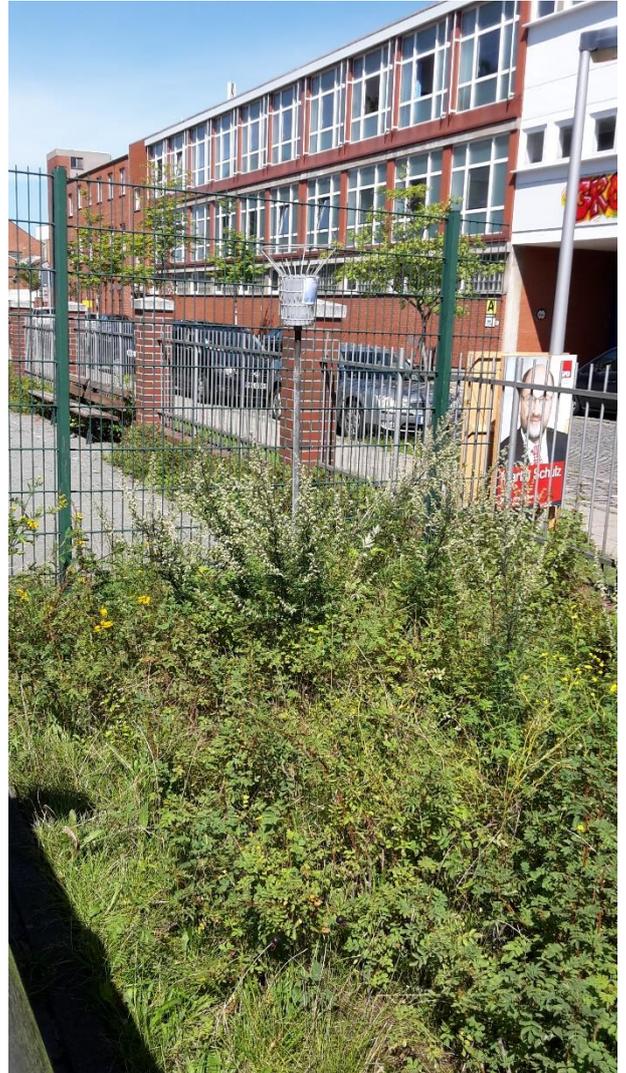


Abbildung 8A.

MP 7



Abbildung 9A.

MP 7



Abbildung 10A.

MP 8

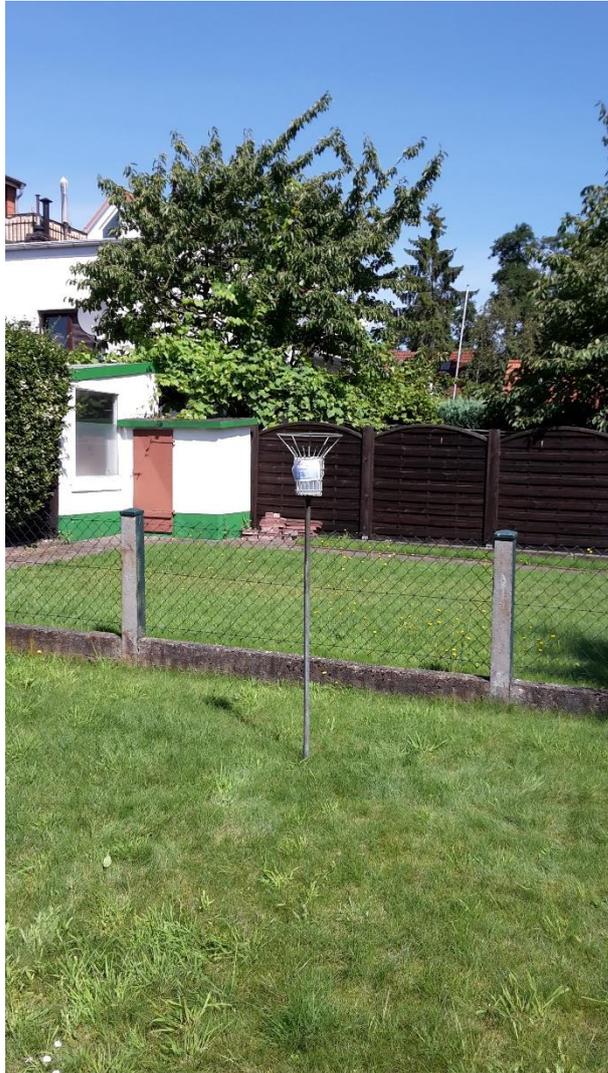


Abbildung 11A.

MP 8

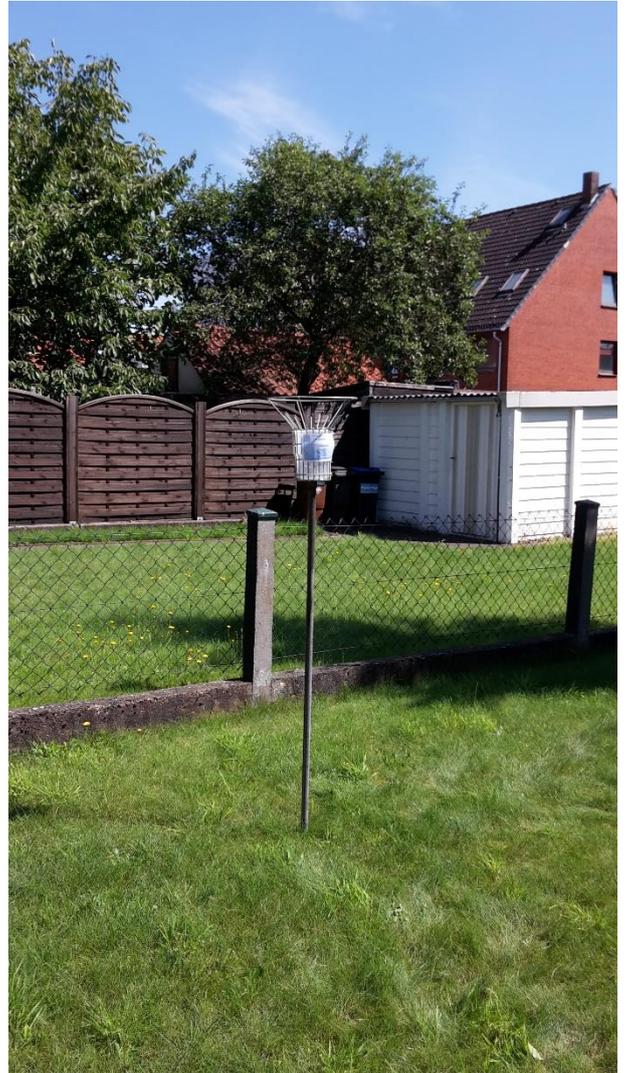


Abbildung 12A.

MP 9



Abbildung 13A.

MP 9



Abbildung 14A.

MP 10



Abbildung 15A.

MP 10

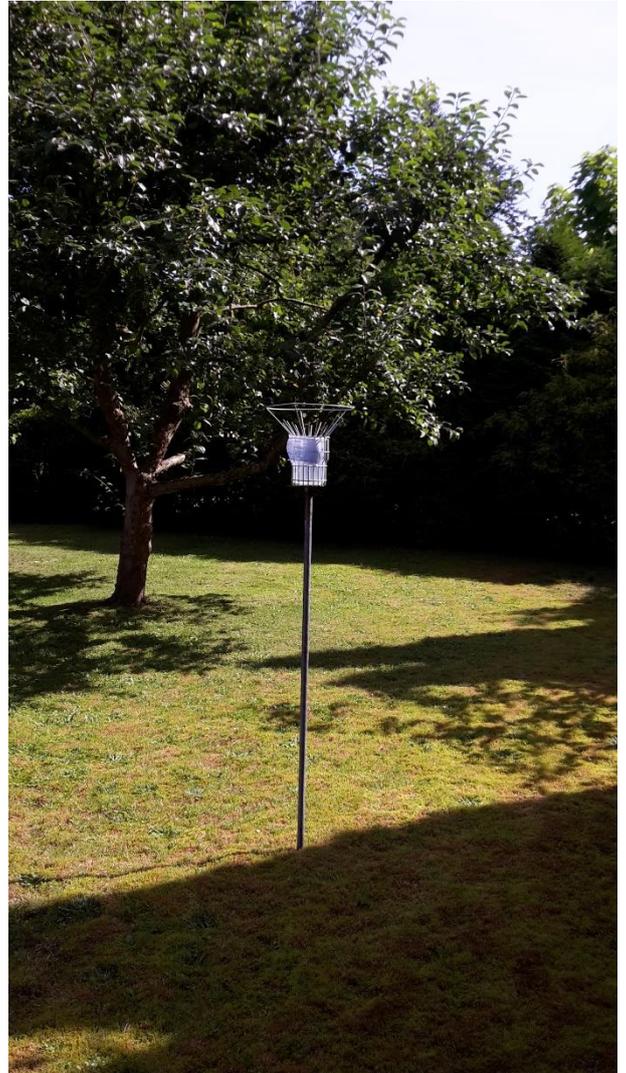


Abbildung 16A.

MP 11



Abbildung 17A.

MP 11



Abbildung 18A.

MP 12



Abbildung 19A.

MP 12



Abbildung 20A.

MP 13



Abbildung 21A.

MP 13



Abbildung 22A.

MP 15



Abbildung 23A.

MP 15



Abbildung 24A.

MP 16



Abbildung 25A.

MP 16



Abbildung 26A.

Anhang IV: Monatsgrafiken zur PM10 Konzentration

