



**Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim**



Immissionsmessprogramm Nordenham 2017

**Staubniederschlag und
PM₁₀-Feinstaub
sowie Staubinhaltsstoffe**

**Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,
Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge –
ZUS LLGS**



Niedersachsen

Bericht Nr. 43-18-BI-002

Stand: 27.02.2019

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim
Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm,
Gefahrstoffe und Störfallvorsorge – ZUS LLGS

Dezernat 43

Postanschrift:
Goslarsche Straße 3
31134 Hildesheim

Dienstgebäude:
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Allgemeines	5
1.2	Auftraggeber	5
2	Beschreibung der Messaufgabe	6
3	Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung.....	6
3.1	Beurteilungsgebiet	6
3.2	Beurteilungspunkte	6
3.3	Emissionsquellen	6
3.4	Messstellenübersicht.....	8
4	Messplanung	10
4.1	Messkomponenten.....	10
4.2	Geräteeinsatz.....	10
4.3	Probenahmezyklen, Messzeitraum	10
5	Beurteilungsgrundlagen.....	10
6	Durchführung der Messungen und Analysen	11
6.1	Staubniederschlag	11
6.2	Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen	12
6.3	PM ₁₀ -Feinstaubkonzentration	12
6.4	Staubinhaltsstoffanalysen bei Filterproben.....	12
7	Qualitätssicherung	12
7.1	Datenverfügbarkeit.....	12
7.2	Messunsicherheit bei Staubniederschlagsmessungen	13
7.3	Messunsicherheit bei PM ₁₀ -Feinstaubmessungen.....	13
8	Ergebnisse	13
8.1	Staubniederschlag	14
8.2	Blei-Deposition.....	14
8.3	Cadmium-Deposition.....	14
8.4	Zink-Deposition	14
8.5	Entwicklung der Depositionsbelastung	15
8.6	PM ₁₀ -Feinstaub und Staubinhaltsstoffe	18
9	Zusammenfassung	19
10	Literatur	21



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte	8
Abbildung 2: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Blei).....	16
Abbildung 3: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Cadmium)	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebe in Nordenham.....	7
Tabelle 2: Geografische Koordinaten der Beurteilungspunkte	9
Tabelle 3: Immissionswert für Staubbiederschlag	11
Tabelle 4: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen.....	11
Tabelle 5: Grenzwerte für Partikel (PM ₁₀) und Blei.....	11
Tabelle 6: Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM ₁₀ -Feinstaubes	11
Tabelle 7: Jahresmittelwerte des Staubbiederschlags und der Depositionen.....	15
Tabelle 8: Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes im Vergleich	18
Tabelle 9: Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration sowie der Inhaltsstoffe	18

Anhang

Tabelle A1: Staubbiederschläge 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016.....	22
Tabelle A2: Blei-Depositionen 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016	23
Tabelle A3: Cadmium-Deposition 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016	24
Tabelle A4: Zink-Deposition 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016.....	25



1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Im Umfeld der Hüttenanlagen in Nordenham werden seit 1976 die Staubniederschläge sowie die Blei- und Cadmium-Depositionen gemäß TA Luft [1] und zusätzlich die Zink-Depositionen überwacht. In Abstimmung mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg, als zuständige Aufsichtsbehörde, werden Probenahme und Analytik im Rahmen einer Eigenüberwachung durch den Betreiber der Hüttenanlagen, der Weser-Metall GmbH (WMG), durchgeführt.

Seit dem Jahr 2002 finden ergänzend PM_{10} -Feinstaubmessungen mit Hilfe eines Staubsammlers gemäß den Anforderungen der 39. BImSchV [2] an einem ausgesuchten Beurteilungspunkt statt, die ebenfalls von der WMG vorgenommen werden. Zu den Aufgaben des hütteneigenen Labors zählen daneben die Staubinhaltsstoffuntersuchungen auf die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Nickel. Die Messergebnisse, sowohl der Staubniederschlags- als auch der PM_{10} -Feinstaub-Bestimmungen, werden mit den jeweils dazugehörigen Ergebnissen der Inhaltsstoffanalysen von der WMG an die Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge (ZUS LLGS) im Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim weitergeleitet, wo sie überprüft und zu einem Jahresbericht zusammengestellt werden.

Im Rahmen der Qualitätssicherung werden durch die ZUS LLGS an fünf Beurteilungspunkten Vergleichsmessungen des Staubniederschlags durchgeführt und ausgewertet. Seit Beginn des Jahres 2010 werden von der ZUS LLGS Filterproben für zusätzliche Messungen in Nordenham bereitgestellt. Diese Filter werden im täglichen Wechsel mit den Filtern der WMG zur Probenahme im selben Staubsammler eingesetzt und anschließend im Labor der ZUS LLGS in Hildesheim analysiert. In beiden Laboratorien fallen damit jeweils rund 180 Filterproben im Jahr an. Für die Berechnung der Jahresmittelwerte der PM_{10} -Feinstaub- und Schwermetallkonzentrationen werden die Ergebnisse beider Laboruntersuchungen zusammengestellt. Bei den Staubniederschlagsmessungen dienen dagegen die von der ZUS LLGS durchgeführten Vergleichsmessungen ausschließlich der Qualitätssicherung. Die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen gehen nicht oder nur ersatzweise in die Ergebnisauswertungen ein.

In diesem Bericht werden die Messwerte aus dem Jahr 2017 sowohl der Staubniederschlags- als auch der PM_{10} -Feinstaubuntersuchungen und der jeweiligen Staubinhaltsstoffe dargestellt, mit Kenngrößen aus den zurückliegenden Jahren verglichen und anhand der Immissions- bzw. Grenzwerte beurteilt.

1.2 Auftraggeber

Die Immissionsmessungen werden gemäß den immissionsrechtlichen Anforderungen in enger Absprache mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg als Aufsichtsbehörde durchgeführt. Auftraggeber ist das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz in Hannover.



2 Beschreibung der Messaufgabe

Anhand von Staubniederschlagsmessungen soll die Immissionsbelastung durch sedimentierende Partikel in der Nachbarschaft der Blei- und Zinkhütte fortgesetzt bewertet werden. Daneben sind PM₁₀-Feinstaubmessungen auf der Basis von 24-Stunden-Proben durchzuführen. Den Umfang der Überwachungsmessungen hat das Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg festgelegt. Die Durchführung der Immissionsmessungen und die Qualitätssicherungsmaßnahmen werden in unmittelbarer Absprache zwischen der Weser-Metall GmbH und der ZUS LLGS vorgenommen.

3 Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung

3.1 Beurteilungsgebiet

Das Beurteilungsgebiet zur Bestimmung des Staubniederschlags umfasst im aktuellen Berichtsjahr 23 Messstellen (Beurteilungspunkte – Abbildung 1). Von ehemals auf einer Fläche von 36 km² im Abstand von 1 km durchgeführten Rasteruntersuchungen, wurden im Rahmen der Modernisierung der technischen Anlagen sowie der Sanierung des Hüttengeländes schrittweise Messstellen abgebaut. Aufgrund der verbesserten Immissionssituation, insbesondere im südlich der Hütte gelegenen Stadtgebiet, wurde zuletzt im Jahr 2005 durch einen weiteren Abbau von Messstellen die Überwachungsaktivität auf den Nahbereich der Hütte konzentriert.

3.2 Beurteilungspunkte

In der Kartenübersicht (Abbildung 1) wird die Lage der Beurteilungspunkte dargestellt und in Tabelle 2 mit den dazugehörigen Breiten- und Längengraden sowie weiteren Details auf der Grundlage des UTM-Koordinatensystems (ETRS89) aufgelistet. Die Auswahl der zuletzt übrig gebliebenen Beurteilungspunkte berücksichtigt sowohl die Beurteilungsmöglichkeit der Hintergrundbelastung (nördlich und westlich gelegene Messstellen) als auch des Kerngebietes im Umkreis des Hüttengeländes.

Die PM₁₀-Feinstaubmessungen wurden am sogenannten „Aufpunkt“ gemessen, dem Ort, an dem ausbreitungsbedingt die höchsten Zusatzbelastungen erwartet werden. Dieser befindet sich in der Nähe des Beurteilungspunktes NM4.4 und trägt daher die gleiche Ortsbezeichnung.

3.3 Emissionsquellen

Die in diesem Bericht beschriebenen Immissionsuntersuchungen sind primär auf die hüttentypischen Emissionen ausgerichtet. Im Mittelpunkt der Bewertung stehen die aktuellen Immissionen, die den Betriebsteilen Weser Metall GmbH (WMG) und Nordenhamer Zinkhütte GmbH, welche früher zusammengefasst als Friedrich-August-Hütte bzw. mit Firmennamen der Rechtsnachfolger (Preussag, Metaleurop) benannt wurden, zugeordnet werden. Gegenwärtig fungieren die beiden Betriebe selbstständig, aber weiterhin nebeneinander auf demselben angestammten Firmenareal.

Darüber hinaus gibt es weitere Quellen, die infolge der Ausbreitung im weiteren Sinne, dem „Hüttenaltstandort“ geschuldet sind. Dazu gehören Wiederaufwirbelungen abgelagerter Stäube,



die im Laufe der Zeit im Umfeld der Anlagen niedergeschlagen sind und temporär als Sekundärimmissionen unterschiedlicher Quellen wieder in Erscheinung treten können. Beispielweise können diese nicht quantifizierbaren Quellenanteile dem Werks- und Transportverkehr sowie den Bau- und Umschlagstätigkeiten in Verbindung mit meteorologischen Gegebenheiten zugeordnet werden. Die Lage der zusätzlich emissionsrelevanten Anlagen mit diffusen Quellen entspricht annähernd den durch Fähnchen-Beschriftung gekennzeichneten blauen Punkten in der Übersichtskarte (Abbildung 1).

Die technischen Anlagenteile der Weser Metall GmbH und der Nordenhamer Zinkhütte GmbH werden gemäß den Auflagen regelkonform betrieben. Beide Betriebsteile sind nach DIN EN ISO 9001 und DIN EN ISO 14001 zertifiziert. Bei den Überprüfungen sind bisher nur in Ausnahmesituationen geringfügige Mängel festgestellt worden. Verbesserungen der Emissions- bzw. Immissionssituation werden fortwährend umgesetzt. Mit einer nachträglichen immissionschutzrechtlichen Anordnung nach § 17 BImSchG vom Oktober 2007 wurde die Einhaltung der Grenzwerte gemäß der TA Luft 2002 eingefordert. Die entsprechenden Emissionsgrenzwerte wurden an beiden Betriebsteilen sicher eingehalten.

Tabelle 1: Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebsanlagen in Nordenham

Betrieb	Quellarten	Staubinhaltsstoffe	Bemerkungen
Weser Metall GmbH (WMG)	Gefasste Quellen und diffuse Quellen (Werkstraßen, Dachflächen)	Pb, Cd	Die Entladestation der Pieranlage wurde komplett eingehaust und seit April 2016 ist eine Absauganlage in Betrieb
Nordenhamer Zinkhütte GmbH	Gefasste Quellen und diffuse Quellen (Werkstraßen und Schiffsumschlaganlage von der WMG wird mit genutzt)	Zn, Cd, Pb	
WS Weser-Logistik	Eine gefasste Quelle (LKW-Entladung in der Halle, diffuse Quellen durch Fahrstraßen, Baustofflagerplätze und Schiffsumschlaganlagen)	Pb, Cd	Es werden Hallenkapazitäten, Be- und Entlade- sowie Umschlagsdienstleistungen den Hüttenbetrieben und Kronos Titan (Grünsalz) zur Verfügung gestellt.
Rhenus Midgard Stadthafen	Diffuse Quellen (Lagerflächen und Schiffsumschlag)	div. Metalle z.B. As, Cd	
Rhenus Midgard Blexen	Diffuse Quellen (Schiffsumschlag, offene Tore, Fahrstraßen), eine gefasste Quelle (Getreideverladung LKW)	Pb, Cd, Zn	
Deponie Galing II	Diffuse Quelle (Ablagerungsfläche)	Pb, Cd, Zn	



3.4 Messstellenübersicht

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte im Beurteilungsgebiet Nordenham



- Messstellen
- Ansässige Firmen

(Karte im Maßstab 1:50.000)



Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2011 Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN)



Tabelle 2: UTM-Koordinaten (ETRS89) der Beurteilungspunkte und Entfernungsangaben zum ehemaligen Schachtofengebäude bzw. zur nächstgelegenen Wohnbebauung

Messstellen- bezeichnung	X-Wert (m) Rechtswert	Y-Wert (m) Hochwert	Entfernung zum Betriebsgelände ¹⁾	Abstand zu Wohnbebauung ²⁾
NM1.3 ³⁾	32466143	5931860	3700	1320
NM2.6	32468813	5931065	3215	Wohngebiet
NM2.7	32470007	5931138	3950	420
NM3.2	32464916	5930095	2865	100
NM3.3	32466171	5930163	2100	500
NM3.4	32466988	5929826	1530	650
NM3.5	32467736	5929812	1610	160
NM3.6 ³⁾	32469012	5930044	2530	550
NM4.3	32465937	5929077	1440	Wohngebiet
NM4.31	32466249	5929161	1250	Wohngebiet
NM4.32 ⁴⁾	32466574	5929338	1300	Wohngebiet
NM4.4 ³⁾	32466839	5929036	800	Firmengelände
NM4.5	32468041	5929170	1230	Firmengelände
NM5.2	32464734	5928059	2450	20
NM5.3 ³⁾	32465890	5928159	1280	Wohngebiet
NM5.4	32467001	5927950	385	Firmengelände
NM5.6 ⁴⁾	32467985	5927171	Rechtsseitig der Weser	Brachland
NM6.5 ⁴⁾	32468941	5927625		Brachland
NM8.3	32465846	5929499	1770	230
NM8.31	32466481	5929725	1570	280
NM8.4	32467015	5929564	1270	170
NM10.3	32465813	5928564	1370	Wohngebiet
NM10.31	32466348	5928588	860	Wohngebiet

1) Entfernungsangaben in Metern, bezogen auf das ehemalige Schachtofengebäude der Bleihütte

2) Entfernungsangaben der Beurteilungspunkte in Metern zu den nächst gelegenen Wohnsiedlungen

3) Bergerhoff-Methode als Doppelmessstelle

4) Messstellen NM5.6 und NM6.5 ab 2012; NM4.32 ab April 2012



4 Messplanung

4.1 Messkomponenten

Neben dem Staubbiederschlag werden als Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink bestimmt. Bei den PM₁₀-Feinstaubuntersuchungen werden neben der Partikelkonzentration die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Nickel bestimmt.

4.2 Geräteinsatz

Die Staubbiederschlagsuntersuchungen werden gemäß der Bergerhoff-Methode entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [3] durchgeführt. Es kamen zuletzt insgesamt 35 identische Probenahmegeräte mit Auffanggefäßen zum Einsatz. Die WMG betreut und analysiert monatlich 23 Niederschlagsproben (davon 3 Doppelbestimmungen), während die übrigen 5 Vergleichsmessungen (davon 4 Doppelbestimmungen) durch die ZUS LLGS parallel, d. h. orts- und zeitgleich, durchgeführt werden.

Für die PM₁₀-Feinstaubbestimmungen wird ein Staubmessgerät des Typs DIGITEL DHA 80 im Feldgehäuse mit einem Vorabscheider zur fraktionierenden Probenahme eingesetzt. Das Gerät wird gemäß der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 [4] betrieben, wobei durch einen automatischen Filterwechsler ein selbstständiger Betriebsablauf bis zu 14 Tagen möglich ist.

4.3 Probenahmezyklen, Messzeitraum

Der Probenahmezeitraum bei der Einzelmessung zur Bestimmung des Staubbiederschlags beträgt ca. einen Monat (30 +/- 2 Tage). Die im Monatsrhythmus erzeugten Einzelprobenergebnisse werden jeweils zu Jahresmittelwerten zusammengefasst.

Der Messzeitraum für die Einzelprobe bei der Bestimmung der PM₁₀-Feinstaubkonzentration beträgt 24 Stunden (Tagesmittelwert), jeweils beginnend um 0:00 Uhr. Neben den Tagesmittelwerten sind auch die Jahresmittelwerte des PM₁₀-Feinstaubes sowie die der Inhaltsstoffe zu bewerten.

Der Messzeitraum zur Bewertung der Staubbiederschlagsimmissionen und der PM₁₀-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffe umfasst das Kalenderjahr 2017.

5 Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 3 und Tabelle 4 sind die Immissionswerte der TA Luft [1] für den Staubbiederschlag bzw. für die Schadstoffdepositionen aufgeführt. Die Grenz- und Zielwerte der 39. BImSchV [2] für die Konzentrationen an PM₁₀-Feinstaub und dessen Inhaltsstoffe werden ergänzend in der Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgelistet. Die Differenzierung bei der Grenz- bzw. Zielwertsetzung ist aufgrund der unterschiedlich zu bewertenden Schutzziele erforderlich.



Tabelle 3: Immissionswert für Staubbiederschlag gemäß TA Luft Nr. 4.3.1 [1]

Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Staubbiederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35 g/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr

Tabelle 4: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen gemäß TA Luft Nr. 4.5.1 [1]*

Stoff/Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Blei und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Blei	100 µg/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr
Cadmium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Cadmium	2 µg/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr

*) Für Zink-Depositionen existiert in der TA Luft kein Immissionswert

Tabelle 5: Grenzwerte für Partikel (PM₁₀) und Blei gemäß TA Luft und 39. BImSchV [1, 2]

Stoffgruppe	Grenzwert	Mittelungszeitraum	Einzuhalten ab
PM ₁₀ (Partikel)	50 µg/m ³ dürfen nicht öfter als 35 mal im Jahr über- schritten werden.	24 Stunden (Tag)	01.01.2005
PM ₁₀	40 µg/m ³	Kalenderjahr	01.01.2005
Blei	0,5 µg/m ³	Kalenderjahr	01.01.2005

Tabelle 6: Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM₁₀-Feinstaubes gem. 39. BImSchV [2]

Schadstoff	Zielwert	Mittelungszeitraum	Einzuhalten ab
Arsen	6 ng/m ³	Kalenderjahr	01.01.2013
Cadmium	5 ng/m ³	Kalenderjahr	01.01.2013
Nickel	20 ng/m ³	Kalenderjahr	01.01.2013

6 Durchführung der Messungen und Analysen

6.1 Staubbiederschlag

Die Staubbiederschlagsmessungen werden gemäß der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [3] „Bestimmung des Staubbiederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas oder Kunststoff – Bergerhoff-Methode“ durchgeführt. Zur Probenahme werden die Auffanggefäße in speziellen Halterungen für etwa einen Monat im freien Gelände exponiert und beim Transport von und zur Messstelle



jeweils mit Deckeln luftdicht verschlossen. Im Labor wird die Masse des trockenen Rückstandes der Proben analytisch ermittelt und in Bezug auf die Fläche eines Quadratmeters und die Zeiteinheit eines Tages in $\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ als Ergebnis angegeben.

6.2 Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen

Die Untersuchungen der Staubinhaltsstoffe werden bei der WMG entsprechend der VDI-Richtlinie 2267, Blätter 14 (ICP-OES) [5] und 16 (AAS) [6], durchgeführt. Im Labor der ZUS LLGS werden die analytischen Untersuchungen entsprechend des Blattes 15 (ICP-MS) [7] derselben Richtlinienreihe durchgeführt. Der trockene Rückstand wird dabei einem spezifischen Aufschluss-Verfahren unterzogen, bevor die Massen der Inhaltsstoffe mit Hilfe eines automatisierten Analyseverfahrens ermittelt werden.

6.3 PM_{10} -Feinstaubkonzentration

Die Probennahme zur Bestimmung des PM_{10} -Feinstaubes erfolgt auf Glas bzw. Quarzfaser-Filtern. Mit Hilfe einer Saugturbine wird die Umgebungsluft dabei über einen fraktionierenden Probenahmekopf angesaugt. Die Masse an gesammeltem Staub wird gravimetrisch bestimmt und in Bezug auf das Luftvolumen als Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben. Grundlage der Feinstaubbestimmung ist die Richtlinie DIN EN 12341 [8]; die Messmethode entspricht der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 [4].

6.4 Staubinhaltsstoffanalysen bei Filterproben

Für weitergehende Untersuchungen auf Staubinhaltsstoffe werden die bestaubten Filterproben verschiedenen Aufschlussmethoden unterzogen. Die anschließenden Analysen der Aufschlusslösungen erfolgen mit Hilfe der Optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES), entsprechend der VDI-Richtlinie 2267 Blatt 14 [6], bzw. mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS), entsprechend der DIN EN 14902 [7].

7 Qualitätssicherung

In Bezug auf die Datenqualitätsziele der 39. BImSchV [2] werden neben der Bestimmung der Datenverfügbarkeit auch die Messunsicherheit für die untersuchten Immissionen berechnet. Die Messunsicherheiten als Begleitwerte der Messgrößen dienen der objektiven Bewertung der Messergebnisse im Vergleich untereinander bzw. mit den Immissions- und Grenzwerten.

7.1 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit lag bei den Staubbiederschlagsuntersuchungen über alle Beurteilungspunkte im Jahr 2017 bei mehr als 96 %. Die Anzahl der Proben, die pro Beurteilungspunkt für die Auswertung zur Verfügung standen, sind neben den Jahresmittelwerten als ergänzende Informationen in Tabelle 7 enthalten. Die von der WMG und der ZUS LLGS bereitgestellten Ergebnisse der PM_{10} -Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffuntersuchungen wurden für den Jahresbericht zusammengefasst, sodass für die Jahresmittelwertbildung mit 356 Tagesmittelwerten eine Datenverfügbarkeit von 97 % erreicht wurde.



7.2 Messunsicherheit bei Staubniederschlagsmessungen

Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei Niederschlagsproben wurden Doppelbestimmungen mehrerer Jahre (2007 bis 2017) vom hüttennahen Beurteilungspunkt NM4.4 ausgewertet. Die erweiterte Messunsicherheit wurde für alle Komponenten aus den jeweiligen parallelen Datenreihen entsprechend des Anhangs B der DIN EN ISO 20988 – Berechnungsmethode A 6 – [9] berechnet.

Beim Staubniederschlag beträgt die erweiterte Messunsicherheit für den einzelnen Monatswert etwa 38 %, bezogen auf einen Gesamtmittelwert der Jahre 2007 bis 2017 von 0,07 g/(m²d) am Beurteilungspunkt NM4.4. Bei den Schadstoffdepositionen belaufen sich die für den vergleichbaren Zeitraum ermittelten erweiterten Messunsicherheiten der Einzelwerte, bezogen auf die jeweiligen Mittelwerte, wie folgt: Blei: 22 % (420 µg/(m²d)), Cadmium: 24 % (6,6 µg/(m²d)), Zink: 23 % (1920 µg/(m²d)).

7.3 Messunsicherheit bei PM₁₀-Feinstaubmessungen

Der von der WMG verwendete Staubsammler vom Typ DIGITEL DHA 80 (HVS) kann in Verbindung mit der gravimetrischen Filterauswertung als gleichwertig mit der Referenz-Methode (DIN EN 12341) betrachtet werden. In einem Ringversuch der Bundesländer [10] im Jahre 2003 wurde die Vergleichbarkeit der High-Volume-Sampler (HVS) sowohl untereinander als auch zum Referenzmessverfahren (LVS) mit weniger als 15 % erweiterter Messunsicherheit bestätigt.

In jährlicher Wiederholung werden Filterproben geteilt und zur Qualitätssicherung von beiden Laboratorien unabhängig untersucht und ausgewertet. Die Gleichwertigkeit der unterschiedlichen Aufschlussmethoden wurde vorab anhand von Vergleichsanalysen zwischen beiden Laboratorien nachgewiesen. Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei den Elementbestimmungen werden die analytischen Ergebnisse von Doppelbestimmungen aus Vergleichsmessungen herangezogen. Die erweiterten Messunsicherheiten für die Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink wird im Jahr 2017 mit rund 30 % veranschlagt.

8 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Staubniederschlagsuntersuchungen an den Beurteilungspunkten aufgelistet. Die Jahresmittelwerte sind nach Anwendung entsprechend der Rundungsregelung (TA Luft, Punkt 2.9) anhand der Immissionswerte (vergleiche Tabelle 3 und Tabelle 4) zu bewerten. Messwerte, die danach den jeweiligen Immissionswert der TA Luft überschreiten, wurden in der Tabelle rot markiert. Die übrigen Werte, die unterhalb bzw. gleichauf der Immissionswerte liegen, sind grün gekennzeichnet. Für eine bessere Differenzierung der Cadmium-Depositionen sind die Jahresmittelwerte mit einer Dezimalstelle mehr als der Immissionswert aufgeführt. Da für die Zink-Depositionen in der TA Luft kein Immissionswert existiert, entfällt eine entsprechende farbliche Kennzeichnung.



8.1 Staubniederschlag

Die Staubniederschlagsbelastungen im Umfeld der Hütte in Nordenham haben sich im Jahr 2017 gegenüber dem Vorjahr insgesamt gesehen nicht verändert (siehe Anhang, Tabelle A1). Im Durchschnitt lagen die gemessenen Staubniederschlagsergebnisse des gesamten Beurteilungsgebietes weiterhin mit $0,08 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$ bei nur 22 % des Immissionswertes der TA Luft. Während sich an den Beurteilungspunkten NM4.5, NM8.4 und NM10.31 deutliche Verbesserungen bei den Staubniederschlagsbelastungen ergaben, stiegen die Belastungen am Beurteilungspunkt NM5.4 dagegen um mehr als das Doppelte an.

Der Immissionswert der TA Luft ($0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$) wird dennoch an allen Beurteilungspunkten weiterhin deutlich unterschritten (siehe grün markierte Ergebnisse in Tabelle 7).

8.2 Blei-Deposition

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition ($100 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) wurde im Berichtsjahr 2017 noch an sechs Beurteilungspunkten überschritten (siehe rote Zahlen in Tabelle 7). An den Beurteilungspunkten NM3.4 und NM3.6 haben die Bleibelastungen gegenüber dem Vorjahr deutlich abgenommen, sodass sie aktuell wieder unterhalb des Immissionswertes der TA Luft liegen. Am Beurteilungspunkt NM4.4 bleibt die maximale Überschreitung um etwa das Vierfache des Immissionswertes auf einem gleichbleibenden Niveau der letzten drei Jahre. Während die Belastung am Beurteilungspunkt NM4.5 abnimmt, an den Beurteilungspunkten NM4.32 und NM10.31 in etwa gleich bleibt, wird der Immissionswert für Blei an den Beurteilungspunkten NM3.5 und NM4.31 nur noch knapp überschritten. In den nördlichen und westlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes (NM1.3, NM2.6, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM5.2) lagen die Blei-Depositionen dagegen mit Messwerten zwischen $13 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ und $43 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ deutlich unterhalb des Immissionswertes. In Bezug auf den Gesamtmittelwert des Beurteilungsgebietes sind die Blei-Depositionen gegenüber dem Vorjahr wiederum zurückgegangen.

8.3 Cadmium-Deposition

Die Cadmium-Depositionen lagen im Beurteilungsgebiet nur noch an zwei Messstellen oberhalb des Immissionswertes der TA Luft (siehe rot markierte Ergebnisse in Tabelle 7). Auf das gesamte Beurteilungsgebiet bezogen gab es gegenüber dem Vorjahr bei den Cadmium-Depositionen eine deutliche Abnahme der Belastung. An den Beurteilungspunkten NM4.4 und NM4.5 bleiben die Cadmium-Depositionen im gesamten Beurteilungsgebiet auf dem höchsten Belastungsniveau, während an den übrigen Beurteilungspunkten sich sowohl die positive Entwicklung des allmählichen Rückgangs als auch die vielfache sichere Unterschreitung des Immissionswertes bei den Cadmium-Depositionen fortsetzen dürfte. In den letzten vier Jahren kann in Bezug auf die Gebietsmittelwerte jeweils ein Rückgang beobachtet werden.

8.4 Zink-Deposition

Für die Beurteilung der Belastung durch Zink-Depositionen existiert kein Immissionswert in der TA Luft. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [11] zulässige jährliche Fracht ($1200 \text{ g}/(\text{ha}\cdot\text{a})$, entsprechend $329 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$), als Bewertungsgrundlage herangezogen. Wie aus der Tabelle 7 erkennbar wird, treten bei den Zink-Depositionen, vor allem an den hüttennahen Messpunkten



NM4.4 und NM4.5, relevante Überschreitungen der zuvor genannten Fracht auf. Ab dem Jahr 2015 nehmen die durchschnittlichen Zink-Depositionen kontinuierlich ab.

Tabelle 7: Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2017

lfd. Nr.	Beurteilungspunkt	Staub g/(m ² d)	Blei µg/(m ² d)	Zink µg/(m ² d)	Cadmium µg/(m ² d)	Probenzahl/Jahr
1	1.3	0,05	13	38	0,3	12
2	2.6	0,07	28	88	0,5	12
3	2.7	0,13	43	98	0,5	12
4	3.2	0,04	16	35	0,3	11
5	3.3	0,06	23	85	0,4	10
6	3.4	0,13	77	179	1,5	12
7	3.5	0,06	106	243	1,5	12
8	3.6	0,13	49	163	1,2	12
9	4.3	0,05	85	114	0,9	12
10	4.4	0,08	415	996	4,4	12
11	4.5	0,08	196	724	3,5	12
12	5.2	0,10	24	87	0,3	12
13	5.3	0,06	90	83	0,7	12
14	5.4	0,10	98	142	1,4	11
15	5.6	0,09	38	74	0,6	10
16	6.5	0,05	24	38	0,3	11
hüttannah, kleinräumige Beurteilung						
17	4.31	0,07	102	155	1,2	12
18	4.32	0,08	119	251	1,4	12
19	8.3	0,10	48	76	0,6	12
20	8.31	0,06	48	130	0,8	12
21	8.4	0,07	79	179	1,5	10
22	10.3	0,07	59	104	0,8	12
23	10.31	0,06	169	168	1,5	12
Immissionswerte ¹⁾		0,35	100	-	2	-

1) Immissionswerte gem. TA Luft – Farbige Kennzeichnungen unter Beachtung der Rundungsregel, TA Luft Punkt 2.9

8.5 Entwicklung der Depositionsbelastung

Die Ergebnisse vom Beurteilungspunkt NM4.4 dürften aufgrund der geringen Entfernung zu den Betriebsgebäuden am ehesten über die Entwicklung der Emissionssituation Aufschluss geben. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Maßnahmen technischer Verbesserungen zur Emissionsminderung, aber auch die betrieblichen Auslastungen bei den Immissionsmessergeb-

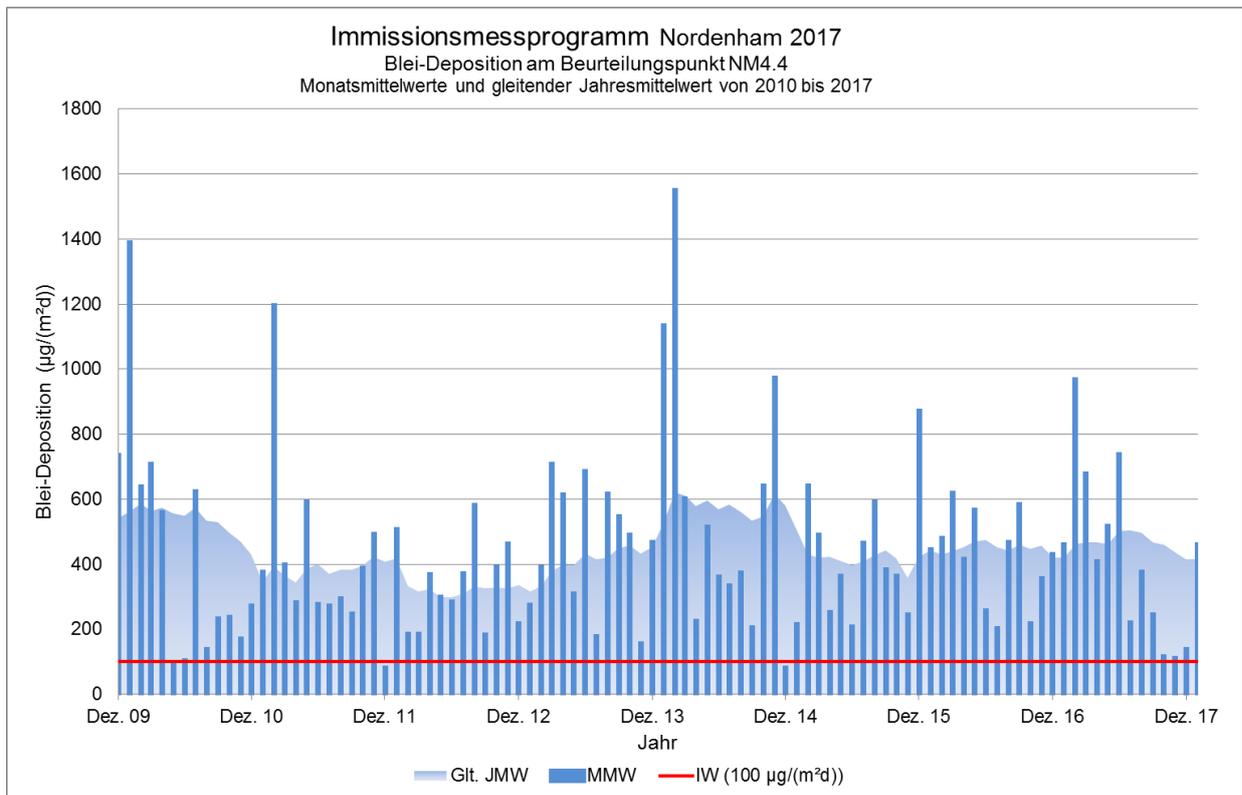


nissen, deutlich sichtbar wurden. Die Messstelle auf einem eingefriedeten und begrünten Gelände wird nur minimal durch menschliche Aktivitäten oder durch Resuspension von Bodenpartikeln beeinträchtigt.

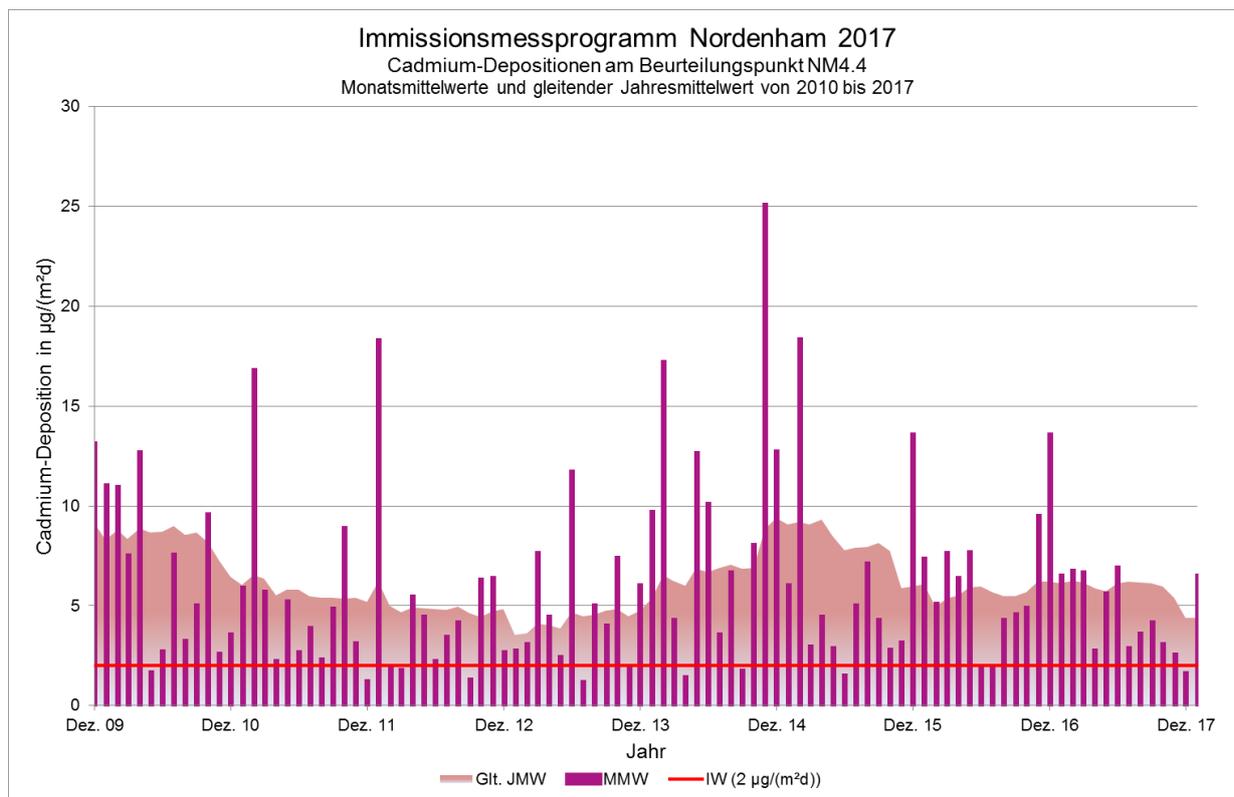
In den folgenden Abbildungen 4 und 5 werden anhand der gleitenden Jahresmittelwerte (Glt. JMW) die Entwicklungen der Blei- und Cadmium-Depositionen über einen Zeitraum von 8 Jahren veranschaulicht. Daneben sind die Messwerte der einzelnen Monate (MMW) als Balkengrafik dargestellt.

An den Monatsmittelwerten lässt sich die hohe Variabilität der Depositionen erkennen, während sich anhand des Verlaufs der gleitenden Jahresmittelwerte am hüttennahen Beurteilungspunkt NM4.4, die mittlere Belastungshöhe hinsichtlich der Lage zum Immissionswert ablesen lässt.

Abbildung 2: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition



Der gleitende Jahresmittelwert der Blei-Depositionen am Beurteilungspunkt NM4.4 zeigt über die letzten drei Jahre weniger Dynamik, sodass sich für die Jahre 2015 bis 2017 jeweils ein mittleres Jahresniveau von um die 420 µg/(m²d) ergibt. Der deutliche Rückgang bei den Monatsmittelwerten im letzten Quartal 2017 kompensiert letztendlich nicht die hohen Blei-Belastungen der Monate Februar und März sowie vom Mai und Juni. Der gleitende Jahresmittelwert lag zum Jahresende 2017 am Beurteilungspunkt NM4.4 wieder beim etwa Vierfachen des Immissionswertes der TA Luft.

Abbildung 3: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition

Die nicht mehr so extrem hohen Cadmium-Depositionen bei den Monatsmittelwerten begünstigen den Verlauf des gleitenden Jahresmittelwertes 2017. Während in den Jahren 2015 und 2016 der gleitende Jahresmittelwert noch bei etwa $6 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ lag, endet die gleitende Cadmi-umbelastung am Beurteilungspunkt NM4.4, insbesondere durch niedrige Cadmium-Depositionen der Monatsmittelwerte des letzten halben Jahres, bei knapp über $4 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$. Bis zum Oktober 2017 noch lag der gleitende Jahresmittelwert mehr als zwei Jahre lang beim Dreifachen des Immissionswertes der TA Luft. Am Ende des Kalenderjahres 2017 wird ein Niveau von etwa dem Zweifachen des Immissionswertes erreicht.

In Kenntnis der fortlaufenden Umsetzungen seitens des Stands der Technik bei den Hüttenanlagen einerseits und der ungewissen hüttypischen Immissionen aus diffusen Quellen andererseits, sind die Befunde an den einzelnen Beurteilungspunkten für die kleinräumige Bewertung und daraus abzuleitenden Maßnahmen unverzichtbar. Da aber die jeweiligen Anteile aus diffusen Quellen an den Gesamtmissionen nicht separat abgeschätzt werden können, kann es hilfreich sein, die mittleren Staubniederschläge des gesamten Beurteilungsgebietes in die Bewertung einzubeziehen. Die Ergebnisse der Beurteilungspunkte in den Randbereichen des Überwachungsgebietes bilden die gegenwärtigen Immissionen des Hüttenbetriebes bekanntermaßen nicht unmittelbar ab, sondern werden überwiegend durch Sekundäremissionen geprägt. Neben oftmals gleichförmigen Belastungen kann es dabei immer wieder und an wechselnden Orten zu zeitweiligen Belastungsspitzen kommen.



Anhand der im Folgenden aufgeführten Gebietsmittelwerte (Tabelle 8) ergaben sich gegenüber dem Vorjahr als auch in Bezug auf einen Zeitraum von 2010 bis 2014 folgende Entwicklungen im Beurteilungsgebiet.

Tabelle 8: Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes im Vergleich

Parameter	2017	2016	2015	2014	2012-2016
	JMW	JMW	JMW	JMW	Ø JMW
	Gesamtes Beurteilungsgebiet				
Staubniederschlag (g/(m ² d))	0,08	0,08	0,10	0,09	0,08
Bleideposition (µg/(m ² d))	85	99	107	104	102
Cadmiumdeposition (µg/(m ² d))	1,1	1,5	1,6	1,7	1,5
Zinkdeposition (µg/(m ² d))	185	234	279	331	284

8.6 PM₁₀-Feinstaub und Staubinhaltsstoffe

Der Jahresmittelwert der PM₁₀-Konzentration lag mit 19 µg/m³ bei rund 48 % des Immissionsgrenzwertes (siehe Tabelle 9). Das Datenqualitätsziel von mindestens 90 % Datenverfügbarkeit wurde mit 356 Tagesproben, entsprechend 97 %, erreicht. Von beiden Laboren wurde dazu die gleiche Anzahl an Filterproben analysiert (WMG = 178, ZUS LLGS = 178).

Die Grenzwerte für den Jahresmittelwert der PM₁₀-Feinstaubkonzentration (40 µg/m³) und für den Staubinhaltsstoff Blei (0,5 µg/m³) wurden sicher eingehalten. Auch die Zielwerte [2] der Staubinhaltsstoffe Arsen (6 ng/m³), Cadmium (5 ng/m³) und Nickel (20 ng/m³) wurden deutlich unterschritten.

Tabelle 9: Jahresmittelwerte 2017 der PM₁₀-Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe

Komponente	Jahresmittelwert	Einheit
PM ₁₀	19	µg/m ³
Blei	0,06	µg/m ³
Arsen	0,9	ng/m ³
Cadmium	0,9	ng/m ³
Nickel	1,2	ng/m ³

Gegenüber dem Vorjahr haben sich sowohl beim PM₁₀-Feinstaub als auch bei den Staubinhaltsstoffen Arsen, Blei und Cadmium leichte Verbesserungen bei den Konzentrationen ergeben. Lediglich die Nickel-Konzentration ist marginal angestiegen. Die Anzahl der Überschrei-



tungen mit Tagesmittelwerten der PM₁₀-Feinstaubkonzentrationen über 50 µg/m³ bleibt mit 9 Tagen sehr deutlich unter dem zulässigen Grenzwert von 35 Tagen [1,2].

9 Zusammenfassung

Die Staubniederschlagsuntersuchungen rund um das Hüttengelände in Nordenham wurden, aufgrund von Überschreitungen der Immissionswerte der TA Luft durch die hüttentypische Depositionen von Blei und Cadmium in der Vergangenheit, auch im Jahr 2017 fortgeführt.

Die durchschnittliche Staubniederschlagsbelastung im gesamten Beurteilungsgebiet lag im Jahr 2017 mit 0,08 g/(m²d) bei 22 % des Immissionswertes der TA Luft. Überschreitungen des Immissionswertes wurden an keinem Beurteilungspunkt gemessen.

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition (100 µg/(m²d)) wurde im Berichtsjahr 2017 an sechs von dreiundzwanzig Beurteilungspunkten überschritten. An zwei Beurteilungspunkten in der näheren Nachbarschaft zur Hütte (NM4.4, NM4.5) wurden zudem deutliche Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft festgestellt. Im Mittel über das gesamte Beurteilungsgebiet wurde wie im Vorjahr wieder eine Abnahme ermittelt.

Bei den Cadmium-Depositionen wurden an zwei Beurteilungspunkten (NM4.4, NM4.5) Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft (2 µg/(m²d)) beobachtet. Gegenüber den Vorjahren 2014 bis 2016 ist die durchschnittliche Cadmium-Deposition im gesamten Beurteilungsgebiet im Jahr 2017 deutlicher zurückgegangen.

Neben den Blei- und Cadmium-Depositionen wurden auch die Zink-Depositionen bestimmt, zu deren Einordnung jedoch kein Immissionswert in der TA Luft existiert. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [11] zulässige jährliche Fracht von 329 µg/(m²d) als Bewertungsgrundlage herangezogen. An den zuvor genannten Messpunkten mit Überschreitungen des Immissionswertes für Cadmium-Depositionen wurden formal auch Überschreitungen der Zink-Fracht festgestellt.

Die mittlere PM₁₀-Feinstaubkonzentration lag im Berichtsjahr 2017 mit 19 µg/m³ bei 48% des Immissionswertes der TA Luft. Der Grenzwert von 40 µg/m³ als Jahresmittelwert wurde sicher eingehalten. An nur 9 von 35 sogenannten Überschreitungstagen wurden im Jahr 2017 PM₁₀-Tagesmittelwerte von mehr als der zulässigen Konzentration von 50 µg/m³ gemessen.

Neben der PM₁₀-Feinstaubkonzentration wurden auch bei den Elementen Arsen, Blei, Cadmium und Nickel, als Bestandteile des PM₁₀-Feinstaubes, jeweils Unterschreitungen der Grenz- bzw. Zielwerte der TA Luft und der 39. BImSchV festgestellt. Gegenüber dem Vorjahr haben sich die mittleren Konzentrationen des PM₁₀-Feinstaubes und der Inhaltsstoffe Arsen, Blei, Cadmium zudem leicht verringert. Lediglich die Nickel-Konzentration folgt dieser Tendenz nicht.

Die Jahresmittelwerte des gesamten Beurteilungsgebietes zeigen erwartungsgemäß weniger Dynamik, welche jedoch an unterschiedlichen Beurteilungspunkten temporär immer wieder zu



beobachten sind. Dass an einzelnen Beurteilungspunkten und auch in den Randgebieten des Beurteilungsgebietes bei Bauarbeiten oder Bodenbewegungen die Immissionsbelastungen deutlich ansteigen können (z. B. Messstellen NM2.6, NM2.7 in den Jahren 2013 bis 2015 – Bauprojekt Steelwind; Anhang, Tabelle A1), zeugt von örtlichen, aber meistens zeitlich begrenzten, Einflüssen. Da sich derartige Zusatzbelastungen dennoch nicht spürbar auf die Gebietsmittelwerte niederschlagen, zeigt auch, dass nachhaltige Verbesserungen nur durch Maßnahmen im näheren Hüttenumfeld zu weiterem Erfolg bei der Entwicklung der Immissionen führen.



10 Literatur

- 1 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002
- 2 Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. Teil I Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I Nr. 28, S. 1222)
- 3 VDI 4320 Blatt 2 (2012-01), Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode
- 4 VDI 2463 Blatt 11 (1996-10), Messen von Partikeln – Messen der Massenkonzentration – Filterverfahren – Filterwechsler DIGITEL DHA 80
- 5 VDI 2267 Blatt 14 (2003-12), Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES)
- 6 VDI 2267 Blatt 16 (2007-07), Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- 7 VDI 2267 Blatt 15 (2005-11), Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlags mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS)
- 8 DIN EN 12341 (2014-08), Ermittlung der PM₁₀-Fraktion von Schwebstaub (Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode)
- 9 DIN EN ISO 20988 (2007-09), Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit
- 10 Materialien Band 66, PM₁₀-Vergleichsmessungen der deutschen Bundesländer Essen 2005, ISSN 0947-5206 (Materialien)
- 11 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S.1554), zuletzt geändert durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I Nr. 65, S. 3465)



Anhang

Tabelle A1: Staubniederschläge 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016

Beurteilungspunkt	Staubniederschlag in g/(m ² d)						
	Jahr(e)						
	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2012-2016 ¹⁾
NM1.3	0,047	0,043	0,067	0,044	0,039	0,052	0,049
NM2.6	0,068	0,060	0,263	0,181	0,210	0,124	0,168
NM2.7	0,127	0,131	0,221	0,227	0,154	0,154	0,195
NM3.2	0,043	0,034	0,064	0,043	0,033	0,036	0,042
NM3.3	0,060	0,078	0,069	0,115	0,059	0,081	0,080
NM3.4	0,134	0,138	0,106	0,055	0,069	0,059	0,085
NM3.5	0,061	0,063	0,073	0,054	0,052	0,046	0,058
NM3.6	0,126	0,122	0,123	0,123	0,109	0,087	0,113
NM4.3	0,052	0,038	0,049	0,047	0,061	0,056	0,050
NM4.31	0,066	0,051	0,069	0,078	0,068	0,048	0,063
NM4.32	0,077	0,054	0,060	0,058	0,059	0,039	0,054
NM4.4	0,080	0,066	0,082	0,093	0,069	0,063	0,075
NM4.5	0,083	0,114	0,078	0,068	0,075	0,118	0,091
NM5.2	0,099	0,105	0,098	0,113	0,109	0,114	0,108
NM5.3	0,059	0,038	0,075	0,046	0,043	0,054	0,051
NM5.4	0,101	0,042	0,088	0,071	0,071	0,053	0,065
NM5.6	0,090	0,064	0,105	0,178	0,046	0,078	0,094
NM6.5	0,050	0,087	0,112	0,083	0,132	0,082	0,099
NM8.3	0,097	0,064	0,056	0,043	0,051	0,058	0,054
NM8.31	0,063	0,056	0,084	0,103	0,070	0,064	0,076
NM8.4	0,072	0,142	0,050	0,082	0,057	0,058	0,078
NM10.3	0,067	0,050	0,065	0,068	0,061	0,047	0,058
NM10.31	0,056	0,120	0,133	0,086	0,157	0,051	0,109
Gebietsmittelwert	0,077	0,077	0,095	0,089	0,085	0,071	0,083
Abweichung	-7,4 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2012 – 2016

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2012 – 2016



Tabelle A2: Blei-Depositionen 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016

Beurteilungs- punkt	Blei-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2012-2016 ¹⁾
2017	2016	2015	2014	2013	2012		
NM1.3	13	20	16	20	18	18	18
NM2.6	28	33	92	44	62	51	56
NM2.7	43	58	54	38	52	41	49
NM3.2	16	21	19	19	22	22	20
NM3.3	23	49	27	38	34	32	36
NM3.4	77	113	66	79	61	71	78
NM3.5	106	118	160	96	89	116	116
NM3.6	49	130	99	114	110	80	106
NM4.3	85	92	115	108	97	83	99
NM4.31	102	112	112	116	123	96	112
NM4.32	119	126	116	155	143	139	136
NM4.4	415	420	424	583	432	337	439
NM4.5	196	297	401	219	251	268	287
NM5.2	24	21	24	26	64	28	32
NM5.3	90	90	69	126	80	105	94
NM5.4	98	88	100	84	147	105	105
NM5.6	38	27	33	24	35	42	32
NM6.5	24	25	24	40	42	36	33
NM8.3	48	46	47	60	61	54	54
NM8.31	48	52	50	51	57	51	52
NM8.4	79	95	77	90	84	77	85
NM10.3	59	72	74	79	111	87	84
NM10.31	169	177	247	182	280	239	230
Gebiets- mittelwert	85	99	107	104	107	95	102
Abweichung	-17,3 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2012 – 2016

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2012 – 2016



Tabelle A3: Cadmium-Depositionen 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016

Beurteilungs- punkt	Cadmium-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2012-2016 ¹⁾
2017	2016	2015	2014	2013	2012		
NM1.3	0,29	0,35	0,35	0,36	0,26	0,36	0,34
NM2.6	0,49	0,56	1,61	0,96	1,11	0,81	1,01
NM2.7	0,51	0,63	0,71	0,52	0,78	0,61	0,65
NM3.2	0,30	0,30	0,41	0,35	0,26	0,25	0,31
NM3.3	0,38	0,52	0,51	0,70	0,41	0,46	0,52
NM3.4	1,53	1,54	1,47	1,25	0,95	1,55	1,35
NM3.5	1,53	1,86	2,73	1,90	1,49	1,73	1,94
NM3.6	1,19	2,91	2,07	1,87	2,19	2,50	2,31
NM4.3	0,88	1,29	1,31	1,33	0,94	0,76	1,12
NM4.31	1,19	1,44	1,49	1,84	1,19	0,95	1,38
NM4.32	1,44	1,96	1,37	1,89	1,48	1,24	1,59
NM4.4	4,41	6,21	5,98	9,41	4,15	4,84	6,12
NM4.5	3,47	4,77	5,32	4,75	3,51	3,24	4,32
NM5.2	0,34	0,33	0,36	0,39	0,75	0,31	0,43
NM5.3	0,71	1,26	0,72	1,24	0,80	0,63	0,93
NM5.4	1,35	1,20	1,19	1,07	1,57	1,20	1,24
NM5.6	0,65	0,53	0,66	0,48	0,36	0,49	0,50
NM6.5	0,27	0,34	0,45	0,47	0,62	0,42	0,46
NM8.3	0,60	0,63	0,72	0,83	0,77	0,55	0,70
NM8.31	0,81	0,93	0,72	0,98	0,83	0,91	0,87
NM8.4	1,49	1,82	1,87	1,92	1,53	2,01	1,83
NM10.3	0,78	0,94	1,12	1,18	1,02	0,86	1,02
NM10.31	1,50	1,81	3,42	3,42	3,58	1,64	2,77
Gebiets- mittelwert	1,14	1,48	1,59	1,70	1,33	1,23	1,47
Abweichung	-22,6 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2012 – 2016

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2012 – 2016



Tabelle A4: Zink-Depositionen 2017 im Vergleich mit den Jahren 2012 – 2016

Beurteilungs- punkt	Zink-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2012-2016 ¹⁾
2017	2016	2015	2014	2013	2012		
NM1.3	38	50	51	53	43	62	52
NM2.6	88	81	287	185	231	203	197
NM2.7	98	102	103	96	117	101	104
NM3.2	35	44	41	41	43	40	41
NM3.3	85	91	87	102	94	103	95
NM3.4	179	199	182	236	186	330	227
NM3.5	243	285	390	316	308	387	337
NM3.6	163	531	345	486	455	409	445
NM4.3	114	193	239	225	202	170	206
NM4.31	155	169	221	231	169	160	190
NM4.32	251	261	290	353	364	403	334
NM4.4	996	1206	1600	2475	1402	2034	1743
NM4.5	724	810	918	863	761	887	848
NM5.2	87	89	84	92	143	95	100
NM5.3	83	144	113	164	132	111	133
NM5.4	142	139	241	208	382	168	228
NM5.6	74	60	52	59	72	69	62
NM6.5	38	48	52	69	116	60	69
NM8.3	76	93	110	116	98	83	100
NM8.31	130	129	144	159	150	180	152
NM8.4	179	192	261	354	298	443	309
NM10.3	104	132	152	181	159	147	154
NM10.31	168	330	457	546	476	260	414
Gebiets- mittelwert	185	234	279	331	278	300	284
Abweichung	-35,0 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2012 – 2016

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre 2012 – 2016