



**Staatliches Gewerbeaufsichtsamt  
Hildesheim**



## **Immissionsmessprogramm Nordenham 2015**

**Staubniederschlag und  
PM<sub>10</sub>-Feinstaub  
sowie Staubinhaltsstoffe**

**Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung,  
Lärm und Gefahrstoffe - ZUS LLG**



**Niedersachsen**

**Bericht Nr. 43-16-BI-002**

Stand: 18.01.2017

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim

Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm und Gefahrstoffe - ZUS LLG

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 .....	6
1.3	Anlass und Ziel der Messungen .....	6
2	Beschreibung der Messaufgabe .....	6
3	Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung.....	7
3.1	Beurteilungsgebiet .....	7
3.2	Beurteilungspunkte .....	7
3.3	Emissionsquellen .....	7
3.4	Messstellenübersicht.....	9
4	Messplanung .....	11
4.1	Messkomponenten.....	11
4.2	Geräteinsatz.....	11
4.3	Probenahmezyklen .....	11
5	Messzeitraum .....	11
6	Beurteilungsgrundlagen.....	12
7	Durchführung der Messungen - Analysen.....	14
7.1	Staubniederschlagsmessungen .....	14
7.2	Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen .....	14
7.3	PM <sub>10</sub> -Filterprobenahme .....	14
7.4	Gravimetrie .....	15
7.5	Staubinhaltsstoffanalysen der Filterproben .....	15
8	Qualitätssicherung.....	15
8.1	Datenverfügbarkeit.....	16
8.2	Messunsicherheit .....	16
9	Ergebnisse .....	17
9.1	Staubniederschlag .....	18
9.2	Blei-Deposition .....	18
9.3	Cadmium-Deposition.....	20
9.4	Zink-Deposition .....	20
9.5	Verteilung und Entwicklung der Depositionsbelastung .....	20
9.6	PM <sub>10</sub> -Feinstaub und Staubinhaltsstoffe .....	24
10	Zusammenfassung .....	25
10.1	Messtechnische Zusammenfassung .....	25
10.2	Anlagenbezogene Bewertung .....	27
11	Literatur .....	29



### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte .....	9
Abbildung 2: Entfernungsabhängigkeit der Blei-Deposition.....	21
Abbildung 3: Entfernungsabhängigkeit der Cadmium-Deposition .....	21
Abbildung 4: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Blei).....	23
Abbildung 5: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Cadmium) .....	24

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebe in Nordenham.....	8
Tabelle 2: Geografische Koordinaten der Beurteilungspunkte .....	10
Tabelle 3: Immissionswert für Staubbiederschlag .....	13
Tabelle 4: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen.....	12
Tabelle 5: Grenzwerte für Partikel (PM <sub>10</sub> ) und Blei.....	13
Tabelle 6: Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM <sub>10</sub> -Feinstaubes .....	13
Tabelle 7: Jahresmittelwerte des Staubbiederschlags und der Depositionen.....	19
Tabelle 8: Jahresmittelwerte der PM <sub>10</sub> -Konzentration sowie der Inhaltsstoffe .....	24

### **Anhang**

Tabelle A1: Staubbiederschläge 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 – 2014.....	30
Tabelle A2: Blei-Depositionen 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 - 2014 .....	31
Tabelle A3: Cadmium-Deposition 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 - 2014.....	32
Tabelle A4: Zink-Deposition 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 - 2014 .....	33



## 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeines

Im Umfeld der beiden Hüttenanlagen in Nordenham werden seit 1976 die Staubniederschläge sowie die Blei- und Cadmium-Depositionen gemäß TA Luft [1] und zusätzlich die Zink-Depositionen überwacht. Die Blei-Hütte wird von der Weser-Metall GmbH (WMG) betrieben und die Zink-Hütte von der Nordenhamer Zinkhütte GmbH (vormals XSTRATA Zink GmbH). In Abstimmung mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg werden Probenahme und Analytik im Rahmen einer Eigenüberwachung durch den Betreiber der Blei-Hütte 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 auch 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 und Gefahrstoffe (ZUS LLG) im Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim weitergeleitet, wo sie überprüft und zu einem Jahresbericht zusammengestellt werden.

Im Rahmen der Qualitätssicherung werden durch die ZUS LLG bei den Staubniederschlagsmessungen an fünf Beurteilungspunkten Vergleichsmessungen durchgeführt und ausgewertet. Bei den  $PM_{10}$ -Feinstaubmessungen finden analytische Vergleichsmessungen anhand geteilter Filterproben zwischen beiden Laboratorien statt. Seit Beginn des Jahres 2010 werden von der ZUS LLG vorbereitete Filter für die zusätzliche Probenahme in Nordenham bereitgestellt. Diese Filter werden abwechselnd mit den Filtern der WMG für die Probenahme im selben Staubsammler eingesetzt und anschließend im Labor der ZUS LLG in Hildesheim auf die o.g. Elemente untersucht. In beiden Laboratorien fallen somit jeweils ca. 180 Filterproben an. Für die Berechnung der Jahresmittelwerte der  $PM_{10}$ -Feinstaub- und Schwermetallkonzentrationen werden die Ergebnisse beider Laboruntersuchungen zusammen verwendet. Bei den Staubniederschlagsmessungen dienen dagegen die von der ZUS LLG 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 2015, 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 in Absprache mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg als Genehmigungsbehörde im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz durchgeführt.

## 1.3 Anlass und Ziel der Messungen

Da die Untersuchungen im Nahbereich der Hüttenanlagen in den zurückliegenden Jahren fortlaufend Überschreitungen der Immissionswerte für Blei- und Cadmium-Depositionen zeigten, wurden die Messungen auch im Jahr 2015 weitergeführt. Anhand von Messwerten aus den Vorjahren wurde zudem ersichtlich, dass in einem Radius von zuletzt etwa 1,4 Kilometern um das Betriebsgelände Immissionsbelastungen auftraten, die über den zulässigen Immissionswerten der TA Luft lagen.

Die Untersuchungen haben zum Ziel, auf der Basis von Jahresmittelwerten sowohl den Staubniederschlag als auch die PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration und die jeweiligen Staubinhaltsstoffe zu erfassen und zu dokumentieren. Daneben sollen die Messergebnisse orientierende Hinweise auf die Ausbreitung der Immissionen geben und ggf. auch Auswirkungen von technischen und organisatorischen Verbesserungsmaßnahmen im Betriebsablauf bei der Blei- und Zinkerzeugung erkennen lassen.

Obwohl die Ergebnisse der PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen in den Vorjahren unterhalb des Grenzwertes lagen und Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> an mehr als 35 zulässigen Tagen im Jahr bei weitem nicht erreicht wurden, werden im Hinblick auf die Anlagenüberwachung sowohl die PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen als auch die Staubinhaltsstoffanalysen zukünftig weitergeführt werden.

## 2 Beschreibung der Messaufgabe

Anhand von Staubniederschlagsmessungen sollte die Immissionsbelastung durch sedimentierende Partikel in der Nachbarschaft der Blei- und Zinkhütte bewertet werden. Daneben waren PM<sub>10</sub>-Feinstaubmessungen auf der Basis von 24-Stunden-Proben durchzuführen. Der Umfang der Überwachungsmessungen wurde durch das Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg festgelegt. Die Durchführung der Immissionsmessungen und die Qualitätssicherungsmaßnahmen wurden nach direkter Absprache zwischen der Weser-Metall GmbH und der ZUS LLG vorgenommen.

Zur Beurteilung des Nahbereichs der Hüttenanlagen, insbesondere unter Berücksichtigung der nordwestlich unmittelbar angrenzenden städtischen Siedlungen, sind hier gegenüber den Randbereichen des Beurteilungsgebietes die Staubniederschlagssammler in geringerem Abstand zueinander aufgestellt, um eine kleinräumige Überwachung des Staubniederschlags zu erreichen.



### 3 Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung

#### 3.1 Beurteilungsgebiet

Das zu beschreibende Beurteilungsgebiet umfasst im aktuellen Berichtsjahr 23 Messstellen (Beurteilungspunkte) zur Bestimmung des Staubbiederschlags. In dieser Anzahl an Messstellen sind seit 2012 auch die Beurteilungspunkte NM5.6 und NM6.5 rechtsseitig der Weser, auf der Großen Luneplate, sowie seit April 2012 der Beurteilungspunkt NM4.32 enthalten (siehe Abbildung 1).

Mit Beginn der Messtätigkeiten im Jahre 1976 wurden zunächst auf einer Fläche von 36 km<sup>2</sup> Staubbiederschlagsuntersuchungen in einem 1 km Raster durchgeführt. Seit Mitte der 1990 Jahre wurde die Beprobung einiger hüttennaher Beurteilungsflächen, wie zuvor beschrieben, durch zusätzliche Messstellen entsprechend einem Raster mit ca. 0,5 km Seitenlänge ergänzt. Später erfolgte in Absprache mit dem Gewerbeaufsichtsamt Oldenburg ein schrittweiser Abbau von Messstellen in den Randbereichen des Beurteilungsgebietes, da die Immissionswerte hier sicher und langfristig eingehalten worden waren. Aufgrund der verbesserten Immissionsituation im Süden des Stadtgebietes wurde im Jahr 2005 durch einen weiteren Abbau von Messstellen die Überwachungsaktivität auf den Nahbereich der Hütte konzentriert. Die Messungen an den im Jahre 2012 erstmals, bzw. wieder in Betrieb genommenen Beurteilungspunkten NM5.6 und NM6.5, werden als begleitende Immissionsüberwachung im Rahmen von Änderungs-genehmigungsverfahren der Blei- als auch der Zinkhütte durchgeführt.

#### 3.2 Beurteilungspunkte

In der Kartenübersicht (siehe Abbildung 1) wird die Lage der Beurteilungspunkte dargestellt, die in Tabelle 2 mit den dazugehörigen Breiten- und Längengraden auf der Grundlage des UTM-Koordinatensystems (ETRS89) aufgelistet sind. Die Auswahl der Beurteilungspunkte berücksichtigt sowohl die Beurteilungsmöglichkeit der Hintergrundbelastung (nördlich und westlich gelegene Messstellen) als auch des Kerngebietes im Umkreis um das Hüttengelände. Mit den neuen Messstellen auf der Großen Luneplate wird auch der Leebereich abgedeckt.

Die PM<sub>10</sub>-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

Im Beurteilungsgebiet können neben den von der Blei-Hütte und der Zink-Hütte ausgehenden Emissionen auch andere, zum Teil temporäre Quellen, wie Schiffslöschungen, Verlade- und Transporttätigkeiten, Emissionsbeiträge liefern. Eine Übersicht der potentiellen Staub emittierenden Anlagen enthält die folgende Tabelle 1. Die ungefähre Lage der Anlagen ist ebenfalls in der Karte in Abbildung 1 eingezeichnet.

Die Anlagenteile der Weser Metall GmbH und der Nordenhamer Zinkhütte GmbH werden gemäß den Auflagen regelkonform betrieben, so dass bei jährlichen Überprüfungen nur in Aus-



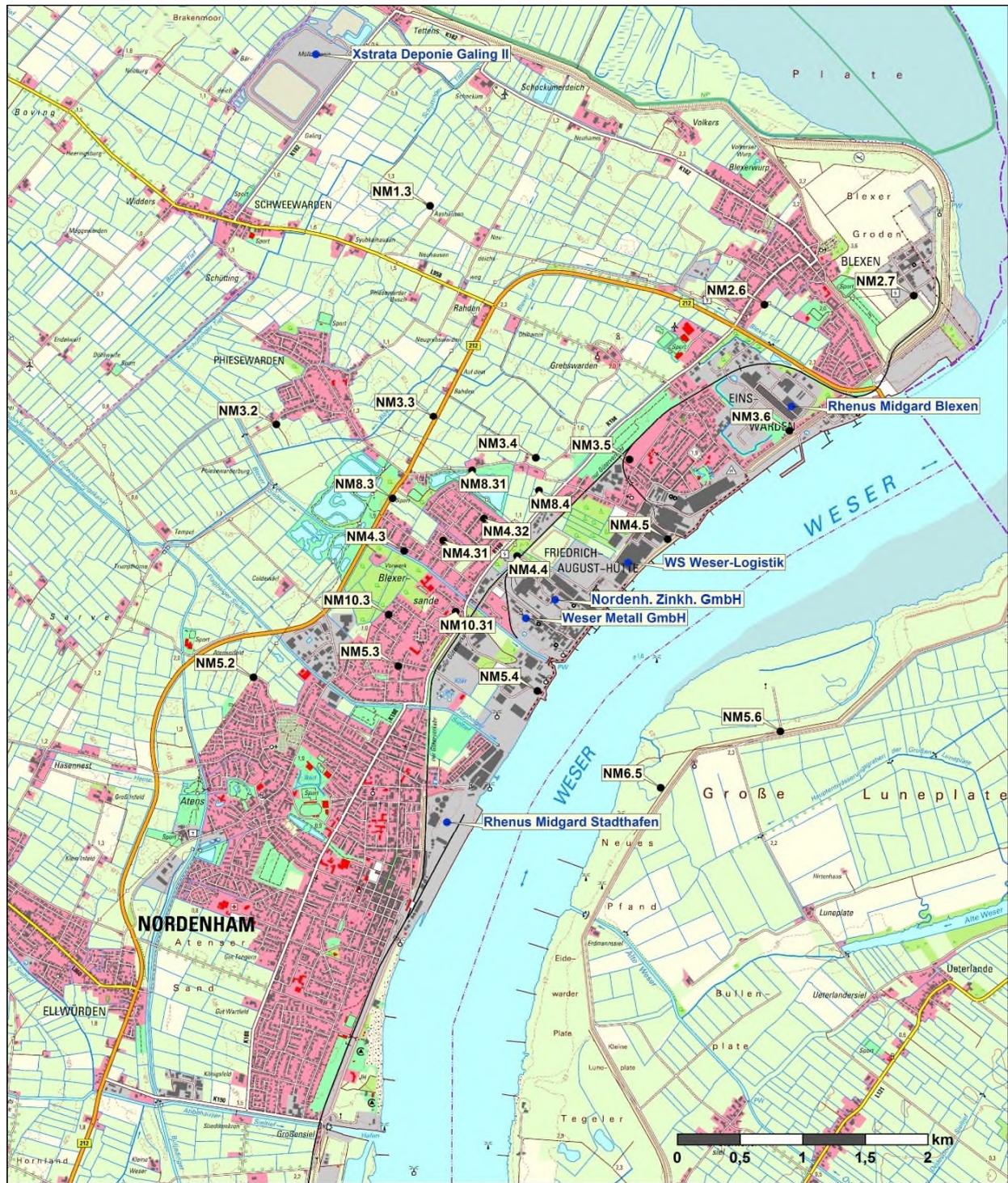
nahmefällen geringfügige Mängel festgestellt wurden. Verbesserungen der Emissions- bzw. Immissionssituation werden fortwährend angestrebt. Die Betriebe sind nach ISO 9001 und ISO 14001 zertifiziert und werden jedes Jahr neu begutachtet. Mit einer nachträglichen immissionschutzrechtlichen Anordnung nach § 17 BImSchG, vom Oktober 2007, wurde die Einhaltung der neuen Grenzwerte gemäß der TA-Luft 2002 eingefordert. Die entsprechenden Emissionsgrenzwerte wurden an allen Anlagen sicher eingehalten [3].

**Tabelle 1:** Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebe in Nordenham [3]

<b>Betrieb</b>	<b>Quellarten</b>	<b>Staubinhaltsstoffe</b>	<b>Bemerkungen</b>
Weser Metall GmbH (WMG)	Gefasste Quellen und diffuse Quellen (Werkstraßen, Schiffsumschlaganlage weitgehend geschlossen aber ohne Absaugung)	Pb, Cd	
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	WS Weser-Logistik stellt Hallenkapazitäten sowie Be- und Entlade- sowie Umlagedienstleistungen den Hüttenbetrieben und Kronos Titan (Grünsalz) zur Verfügung.
Rhenus Midgard Stadthafen	Diffuse Quellen (Lagerflächen und Schiffsumschlag)	diverse 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



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

(Karte im Maßstab 1:50.000)



**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 <sup>1)</sup>	Abstand zu Wohnbebauung <sup>2)</sup>
NM1.3 <sup>3)</sup>	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 <sup>3)</sup>	32469012	5930044	2530	550
NM4.3	32465937	5929077	1440	Wohngebiet
NM4.31	32466249	5929161	1250	Wohngebiet
NM4.32 <sup>4)</sup>	32466574	5929338	1300	Wohngebiet
NM4.4 <sup>3)</sup>	32466839	5929036	800	Firmengelände
NM4.5	32468041	5929170	1230	Firmengelände
NM5.2	32464734	5928059	2450	20
NM5.3 <sup>3)</sup>	32465890	5928159	1280	Wohngebiet
NM5.4	32467001	5927950	385	Firmengelände
NM5.6 <sup>4)</sup>	32467985	5927171	Rechtsseitig der Weser	Brachland
NM6.5 <sup>4)</sup>	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 wurden als Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink bestimmt. Bei den PM<sub>10</sub>-Feinstaubuntersuchungen wurden neben der Partikelkonzentration die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Nickel bestimmt.

### 4.2 Geräteinsatz

Die Staubbiederschlagsuntersuchungen wurden gemäß der Bergerhoff-Methode entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] durchgeführt. Es kamen insgesamt 34 Probenahmegeräte mit Auffanggefäßen zum Einsatz. Die WMG betreut und analysiert monatlich 23 Niederschlagsproben (davon 2 Doppelbestimmungen), während die übrigen 5 Vergleichsmessungen (davon 4 Doppelbestimmungen) durch die ZUS LLG parallel, d.h. orts- und zeitgleich, im Rahmen der Qualitätssicherung durchgeführt werden. Die vierte Doppelbestimmung wurde aufgrund mehrfach unbrauchbarer Proben in den Vorjahren mit Beginn des Februars 2015 am Messpunkt NM5.3 eingerichtet.

Für die PM<sub>10</sub>-Feinstaubbestimmungen wurde ein Staubmessgerät des Typs DIGITEL DHA 80 im Feldgehäuse mit einem Vorabscheider zur fraktionierenden Probenahme eingesetzt. Das Gerät wurde gemäß der VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 [5] betrieben, wobei durch einen automatischen Filterwechsler ein selbstständiger Betriebsablauf bis zu 14 Tagen möglich war. Die von der ZUS LLG bereit gestellten Filter wurden im täglichen Wechsel mit Filtern der WMG beprobt, so dass für die Beurteilung der Jahresmittelwerte je etwa 50 % der Messwerte von der WMG und der ZUS LLG zur Verfügung standen.

### 4.3 Probenahmezyklen

Der Probenahmezeitraum bei der Einzelmessung zur Bestimmung des Staubbiederschlags betrug etwa einen Monat (30 +/- 2 Tage). Die im Monatsrhythmus erzeugten Einzelprobenergebnisse wurden jeweils zu einem Jahresmittelwert zusammengefasst.

Der Messzeitraum für die Einzelprobe bei der Bestimmung der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration betrug 24 Stunden (Tagesmittelwert), jeweils beginnend um 0:00 Uhr. Gemäß dem Datenqualitätsziel sollten bei ortsfesten Messungen Tagesproben in einer Mindestanzahl von > 90 % im Kalenderjahr erreicht werden.

## 5 Messzeitraum

Der Messzeitraum zur Bewertung der Staubbiederschlagsimmissionen und der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffe umfasst in diesem Bericht das Kalenderjahr 2015.



## 6 Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 3 und in Tabelle 4 sind Immissionswerte für den Staubbiederschlag bzw. für die Schadstoffdepositionen [1] aufgeführt. Die Grenz- und Zielwerte für die Konzentrationen an PM<sub>10</sub>-Feinstaub und dessen Inhaltsstoffe [2] sind in der Tabelle 5 und in Tabelle 6 enthalten. Die Differenzierung bei der Grenz-/Zielwertsetzung ist aufgrund der unterschiedlichen Schutzziele, die damit verfolgt werden, erforderlich.

Die in der Umgebungsluft enthaltenen und von ihr transportierten Staub- und Aerosolpartikel unterscheiden sich nicht nur in Bezug auf ihre Bestandteile, sondern vor allem auch bezüglich ihrer Größe. Für die menschliche Gesundheit sind vor allem die kleineren Partikel relevant, die eingeatmet werden und bis in die Bronchien und Alveolen der Lunge gelangen können. Diese Partikel werden durch den sogenannten PM<sub>10</sub>-Feinstaub charakterisiert (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser im Bereich um 10 µm und kleiner<sup>\*</sup>). Die größeren Partikel werden bereits im oberen Atemtrakt abgeschieden oder sind aufgrund ihrer Größe erst gar nicht einatembare. Für die Beurteilung des PM<sub>10</sub>-Feinstaubes und der darin enthaltenen Schadstoffe existieren Grenz- und Zielwerte, die als Konzentrationswerte angegeben sind (Masse Schadstoff pro Kubikmeter Luft). Für die Probenahme und Analyse der PM<sub>10</sub>-Feinstaub- und Schadstoffkonzentrationen kommen genormte Verfahren [5, 6] zur Anwendung. Partikel der PM<sub>10</sub>-Feinstaubfraktion können von der Umgebungsluft über weite Strecken transportiert werden.

Neben diesen kleineren Partikeln enthält die Umgebungsluft auch gröbere Staubanteile. Diese sedimentieren aufgrund ihrer Masse schneller als die kleineren Partikel und werden daher im Allgemeinen relativ nah zur Emissionsquelle abgelagert. Diese sedimentierenden Stäube können zusammen mit Niederschlägen (Regen, Schnee) in nach oben offenen Gefäßen aufgefangen werden. Ihre Menge (als Trockenrückstand) ist ein Maßstab für den Eintrag von Stoffen aus der Atmosphäre. Diese Einträge werden als **Staubbiederschlag** bzw. **Schadstoffdeposition** bezeichnet. Die Probenahme und Analyse sind wiederum durch entsprechend genormte Verfahren [4, 7, 8, 9] festgelegt. Gasförmige Stoffe und die nicht sedimentierenden Partikel werden dabei nicht erfasst, soweit sie nicht mit dem Niederschlag aus der Luft ausgewaschen werden. Für die Beurteilung des Stoffeintrages existieren Immissionswerte, die als Masse des Stoffeintrages pro Tag und pro Quadratmeter im Mittel über ein Jahr definiert sind. Diese Immissionswerte dienen dem vorsorgenden Schutz vor „erheblichen Belästigungen und erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag“ bzw. dem „Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich dem Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen“ [1].

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Schutzziele „menschliche Gesundheit“ bzw. „Schutz vor erheblichen Nachteilen/... Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen“ existieren diese zwei voneinander unabhängigen Beurteilungsmaßstäbe. Eine Einhaltung bzw. Überschreitung des einen bedingt nicht die Einhaltung oder Überschreitung des anderen Immissions-, Ziel- oder

<sup>\*</sup> „PM<sub>10</sub>“ sind Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 Prozent aufweist [2].



Grenzwertes. Dieses hängt zum einen damit zusammen, dass die jeweiligen Anteile der kleineren und der größeren Partikel in der Luft sehr variabel sind, und z.B. abhängig sind von der Art der Emissionsquelle, der Entfernung zum Immissionsort und den meteorologischen Bedingungen (z.B. Windrichtung, -geschwindigkeit, Turbulenz). Zum anderen wird mit der Probenahme von PM<sub>10</sub>-Feinstaub auch nur ein Teil des in der Luft befindlichen gesamten Staubes erfasst (wie oben beschrieben, der für die menschliche Gesundheit relevante Anteil).

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

Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Staubniederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35 g/(m <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> d)	Jahr	Kalenderjahr
Cadmium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Cadmium	2 µg/(m <sup>2</sup> d)	Jahr	Kalenderjahr

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

**Tabelle 5:** Grenzwerte für Partikel (PM<sub>10</sub>) und Blei gemäß TA Luft und 39. BImSchV [1, 2]

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

**Tabelle 6:** Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM<sub>10</sub>-Feinstaubes gem. 39. BImSchV [2]

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



## 7 Durchführung der Messungen - Analysen

### 7.1 Staubniederschlagsmessungen

Die Staubniederschlagsmessungen sind gemäß der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] „Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas oder Kunststoff – Bergerhoff-Methode“ durchgeführt worden. Zur Probenahme wurden 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.

Das in 1,8 l Auffanggefäßen (Kunststoff) gesammelte Probengut, die gesamte trockene und feuchte Phase, wird quantitativ in Abdampfschalen überführt und bis zur Trockne eingedampft. Die Abdampfschalen werden jeweils leer und mit dem trockenen Probenrückstand gewogen. Die Differenz aus beiden Wägungen ergibt die Staubniederschlagsmasse, die bezogen auf die Fläche eines Quadratmeters und auf die Zeiteinheit eines Tages in  $g/(m^2d)$  angegeben wird. Bezugsgrößen sind der wirksame Querschnitt des Auffanggefäßes und die Anzahl der Probenahmetage.

### 7.2 Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen

Der Trockenrückstand wurde in Abdampfschalen einem offenen oxidierenden Säureaufschluss mittels Salpetersäure und Wasserstoffperoxid unterzogen. Die Untersuchungen der Staubinhaltsstoffe wurden bei der WMG entsprechend der VDI-Richtlinie 2267, Blätter 14 (ICP-OES) [6] und 16 (AAS) [7] durchgeführt und ausgewertet. Im Labor der ZUS LLG wurden die analytischen Untersuchungen nach dem o.g. Aufschlussverfahren entsprechend des Blattes 15 (ICP-MS) [8] derselben Richtlinienreihe durchgeführt.

### 7.3 PM<sub>10</sub>-Filterprobenahme

Die Probenahmen zur Bestimmung des PM<sub>10</sub>-Feinstaubes erfolgten mit einem High-Volume-Sampler (HVS) auf Filtern. Bei den Messungen in Nordenham wurde im Jahr 2015 der PM<sub>10</sub>-Feinstaub tageweise abwechselnd, in etwa gleicher Anzahl, auf Cellulose-Nitrat-Filtern (WMG) und auf durch die ZUS LLG bereit gestellten Quarzfaser-Filtern gesammelt.

Mit Hilfe einer Saugturbine wird die Umgebungsluft über einen fraktionierenden Probenahme-kopf angesaugt. Als PM<sub>10</sub>-Feinstaub bezeichnet man die Partikel, die einen gröbenselektierenden Probeneinlass gemäß der Referenzmethode (EN12341 [9]) passieren, welcher für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheideleistung von etwa 50 % aufweist. Der PM<sub>10</sub>-Feinstaubanteil, der die Vorabscheidung passieren konnte, wird auf Rundfiltern (Ø 150 mm) abgeschieden. Die partikelfreie Luft durchströmt anschließend ein Rotameter welches den Volumenstrom kontinuierlich mittels einer Lichtschranke regelt. Die Justierung der Lichtschrankengabel erfolgt entsprechend der Volumenstrom-Kalibrierung, so dass ein Volumenstrom von 500 l/min bezogen auf den Probeneinlass erreicht wird. Berechnet werden die Probenahmeholumina für jede Filterprobe aus dem Volumenstrom und der Probenahmezeit. Neben der Auflistung der Probenahmeholumina auf einem Druckprotokoll werden die Mittelwer-



te des Luftdrucks, der Temperatur innerhalb und außerhalb des Messgerätes sowie die Druckdifferenz durch das eingesetzte Filtermaterial und die Staubbelegung dokumentiert.

Der Probenvolumenstrom (500 l/min) wird im Hinblick auf die angestrebte Abscheidecharakteristik mit Hilfe eines Balgengaszählers kalibriert. Das bei der Berechnung der Ergebnisse verwendete Probenahmevolumen bezieht sich auf die während der Probenahme herrschenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftdruck).

#### 7.4 Gravimetrie

Im Abstand von zwei Wochen wurden die belegten Probenfilter aus den Geräten entnommen, staubdicht verpackt und nach spätestens einem Monat in die beteiligten Labore transportiert. Nachdem die Filterproben gesichtet und wie schon vor der Einwaage über mindestens 48 Stunden im Wägelabor konditioniert wurden, erfolgte die Rückwaage auf einer Halbmikrowaage (Auflösung 10 µg). Die Staubmasse der Filterproben wird durch Differenzbildung der Filtergewichte vor und nach den Probenahmen entsprechend der EN 12341 [9] bestimmt. Aus der Division der absoluten Staubmassen durch die zeitlich zugehörigen Luftvolumen ergeben sich die PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentrationen in µg/m<sup>3</sup>.

#### 7.5 Staubinhaltsstoffanalysen der Filterproben

Für weitergehende Untersuchungen auf Staubinhaltsstoffe wurden die bestaubten Filterproben bei der WMG einem offenen oxidierenden Aufschluss unterzogen. Dazu wurden die Filter komplett in ein Aufschlussgefäß mit Rückflusskühler gegeben und mit einem Gemisch aus Salzsäure (7,5 ml), Salpetersäure (2,5 ml) und Weinsäure (3 ml) versetzt. Die Aufschlusszeit betrug zwei Stunden, wobei die Temperatur bei konstant 125 °C gehalten wurde. Die anschließende Analyse der Aufschlusslösungen erfolgte mit Hilfe der Optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES) entsprechend der VDI-Richtlinie 2267 Blatt 14 [7].

Die Kalibrierung erfolgte vor jeder Messreihe mit entsprechenden Standards. Daneben wurden weitere Standardlösungen zur Kontrolle in den Messreihen mit gemessen.

Im Labor der ZUS LLG wurden aus den bestaubten Quarzfiltern kreisförmige Ausschnitte ausgestanzt (Ø 39 mm) und mit einem Gemisch aus Salpetersäure und Wasserstoffperoxid in einem Mikrowellen-Hochdrucksystem aufgeschlossen. Die Analyse der Aufschlusslösungen erfolgte mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS) entsprechend der DIN EN 14902 [8].

Die Gleichwertigkeit der Aufschlussmethoden wurde anhand von Vergleichsanalysen zwischen beiden Laboratorien nachgewiesen.

## 8 Qualitätssicherung

In Bezug auf die Datenqualitätsziele der 39. BImSchV [2] wurde 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.

### 8.1 Datenverfügbarkeit

Zur Qualitätssicherung der Staubbiederschlagsuntersuchungen wurden an fünf Beurteilungspunkten zeitgleiche Vergleichsmessungen durchgeführt. Je eine Probe dieser Vergleichsmessungen wurde in den beteiligten Laboratorien analysiert. Die Ergebnisse der ZUS LLG wurden zur Plausibilitätskontrolle der Messdaten verwendet. Da in der Regel eine gute Übereinstimmung der Messergebnisse bei den Vergleichsmessungen beobachtet wurde, würden beim Ausfall von Proben bei der WMG, Datenlücken an den Vergleichsmessstellen durch Ergebnisse der ZUS LLG ersetzt.

Die Datenverfügbarkeit lag bei den Staubbiederschlagsuntersuchungen über alle Beurteilungspunkte im Jahr 2015 bei mehr als 95 %. Die Anzahl der Proben, die pro Beurteilungspunkt für die Auswertung zur Verfügung stand, sind neben den Jahresmittelwerten als ergänzende Informationen in Tabelle 7 enthalten.

Die von der WMG und der ZUS LLG bereitgestellten Ergebnisse der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffuntersuchungen wurden für den Jahresbericht zusammengefasst, so dass für die Jahresmittelwertbildung mit 336 Tagesmittelwerten eine Datenverfügbarkeit von 92 % erreicht wurde.

### 8.2 Messunsicherheit

Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei Niederschlagsproben wurden Doppelbestimmungen mehrerer Jahre (2007 bis 2015) 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 - [10] berechnet.

Beim Staubbiederschlag beträgt die erweiterte Messunsicherheit für den einzelnen Monatswert etwa 28 %, bezogen auf einen Gesamtmittelwert der Jahre 2007 bis 2015 von 0,08 g/(m<sup>2</sup>d) 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: 21 % (424 µg/(m<sup>2</sup>d)), Cadmium: 24 % (6,9 µg/(m<sup>2</sup>d)), Zink: 22 % (2100 µg/(m<sup>2</sup>d)).

Der von der WMG verwendete Staubsammler vom Typ DIGITEL DHA 80 (HVS) kann in Verbindung mit der gravimetrischen Filterauswertung als gleichwertig mit dem Referenzmessverfahren (im Sinne der unmittelbaren Rückführung auf ein Massennormal) betrachtet werden. In einem Ringversuch der Bundesländer [11] im Jahre 2003 wurde die Vergleichbarkeit der HVS sowohl untereinander, als auch zur Kleinfiltermethode (LVS) als Referenzmessverfahren bestätigt.



Aufgrund der gleichen Messmethode und den Informationen aus dem o.g. Ringversuch kann davon ausgegangen werden, dass die von der WMG durchgeführten PM<sub>10</sub>-Messungen in Bezug auf das Referenzmessverfahren eine erweiterte Messunsicherheit von etwa 15 % erreichen.

Die erweiterte Messunsicherheit zur Bewertung der PM<sub>10</sub>-Staubinhaltsstoffe wurde aus den analytischen Parametern der Elementbestimmungen, den Volumenmessungen der Probenahme und den Ergebnissen von Doppelbestimmungen aus Vergleichsmessungen berechnet. Dazu wurden Ergebnisse der ZUS LLG von Messaufgaben mit parallelen Probenahmen verwendet, weil am Beurteilungspunkt NM4.4 keine Doppelbestimmungen durchgeführt werden. Die hier aufgeführten Messunsicherheiten sind dennoch auf die WMG-Daten übertragbar, da jährlich Vergleichsanalysen der Staubinhaltsstoffe zwischen der WMG und der ZUS LLG im Rahmen der Qualitätssicherung durchgeführt werden, die zu gleichwertigen Ergebnissen führen. Für das Jahr 2015 ergeben sich erweiterte Messunsicherheiten für die Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink von rund 12 %.

## 9 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Staubbiederschlagsuntersuchungen 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, die unterhalb bzw. gleichauf der Immissionswerte liegen, sind dagegen 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.

Im Anhang sind in den Tabellen A1 bis A4 die Ergebnisse des Staubbiederschlags sowie der Staubinhaltsstoffe aus den Vorjahren 2010 bis 2014 zum Vergleich mit Ergebnissen des Berichtsjahres 2015 aufgeführt („Fünfjahresmittelwert“).

Die Tabelle 8 enthält die Jahresmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe für das Kalenderjahr 2015.

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der in den gesetzlichen Verordnungen [1, 2] beschriebenen Schutzziele bewertet. Hierbei sind die Ergebnisse der kleinräumig erzeugten Messdaten im Nahbereich der Hütte von vorrangiger Bedeutung, da diese zur lokalen Beschreibung der Immissionen, insbesondere im Bereich der an die Hütte angrenzenden Wohnsiedlungen und zur Berechnung der entfernungsabhängigen Belastungen herangezogen werden.



## 9.1 Staubniederschlag

Die Staubniederschlagsbelastung im Umfeld der Hütte in Nordenham hat sich im Jahr 2015 gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Durchschnitt lag das Staubniederschlagsresultat des gesamten Beurteilungsgebietes mit  $0,10 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$  bei 27 % des Immissionswertes der TA Luft. Die höchsten Einzelbelastungen, als mittlere Jahresergebnisse, wurden wie schon im Vorjahr an den Beurteilungsflächen NM2.6 und NM2.7 gemessen. Diese Ergebnisse werden mutmaßlich auf Bau- oder Betriebstätigkeiten im Rahmen des Großprojektes „Steelwind Nordenham“ zurückgeführt. Daneben sind an den Beurteilungspunkten NM3.4 und NM10.31 die Staubniederschlagsbelastungen im Jahr 2015 deutlich angestiegen. In Bezug auf die Entwicklung der Immissionssituation wird bei den mittleren Staubniederschlagsresultaten des gesamten Beurteilungsgebietes eine leicht ansteigende Belastung im Zeitraum der letzten fünf Jahre festgestellt (siehe Anhang, Tabelle A1). Der Immissionswert der TA Luft ( $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) wird an allen Beurteilungspunkten deutlich unterschritten (siehe grün markierte Ergebnisse in Tabelle 7).

## 9.2 Blei-Deposition

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition ( $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) wurde im Berichtsjahr 2015 an sieben Beurteilungspunkten überschritten (siehe rot unterlegte Zahlen in Tabelle 7). Es handelt sich im Wesentlichen um die hüttennahen Beurteilungspunkte. An zwei Beurteilungspunkten in der näheren Nachbarschaft zur Hütte (NM4.4, NM4.5) wurde der Immissionswert der TA Luft jeweils um das Vierfache überschritten. In den nördlichen und westlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes (NM1.3, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM5.2) lagen die Blei-Depositionen dagegen mit Messwerten zwischen  $16 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  und  $54 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  deutlich unterhalb des Immissionswertes. Am Beurteilungspunkt NM2.6 haben mit den erhöhten Staubniederschlägen auch die Blei-Depositionen auf etwa das Doppelte ( $92 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) zugenommen. Im Umfeld dieses Beurteilungspunktes wurden von der Stadt Nordenham Straßensanierungsarbeiten ab Mai 2015 durchgeführt.

Am Beurteilungspunkt NM5.3 waren im aktuellen Berichtsjahr wieder alle zwölf Monatsproben auswertbar. Anhand von Doppelbestimmungen ab dem Februar des Berichtsjahres 2015 (siehe Tabelle 2 und Unterpunkt 4.2) soll sichergestellt werden, dass Probenverluste zukünftig gering gehalten werden können. Auffällig erhöhte Depositionen, wie sie zeitweise in den Frühjahrsmonaten der Jahre 2013 und 2014 ermittelt wurden, traten aktuell nicht mehr auf.

Die durchschnittlichen Blei-Depositionen haben sich, in Bezug auf den Gesamtmittelwert, gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Während sich im west- bis südwestlichen Nahbereich der Hütte eine leichte Abnahme bei der Bleibelastung an den Beurteilungspunkten NM4.4, NM4.32 und NM5.3 abzeichnet, nehmen an den Beurteilungspunkten NM3.5, NM4.5 und NM10.31 die Blei-Depositionen zu. An den Beurteilungspunkten NM3.6, NM4.3 und NM4.31 werden im Wesentlichen nur die üblichen, meteorologisch bedingten, Schwankungen zwischen den Jahren beobachtet. Insgesamt bewegt sich die mittlere Belastung im Beurteilungsgebiet auf einen gleich bleibenden Niveau der letzten drei Jahre und etwa 6 % unterhalb eines Fünfjahresmittelwertes von 2010 bis 2014.



Durch die anhaltenden Bleibelastungen, mit Werten um oder oberhalb des Immissionswertes in den zurückliegenden Jahren, kann für die hüttennahen Beurteilungspunkte NM4.32, NM4.4, NM4.5, NM5.3 und NM10.31 weiterhin noch keine nachhaltige Unterschreitung des Immissionswertes angenommen werden.

**Tabelle 7:** Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2015

lfd. Nr.	Beurteilungspunkt	Staub g/(m <sup>2</sup> d)	Blei ----- -----	Zink µg/(m <sup>2</sup> d)	Cadmium ----- -----	Probenzahl/Jahr
1	1.3	0,07	16	51	0,4	12
2	2.6	0,26	92	287	1,6	11
3	2.7	0,22	54	103	0,7	12
4	3.2	0,06	19	41	0,4	12
5	3.3	0,07	27	87	0,5	10
6	3.4	0,11	66	182	1,5	9
7	3.5	0,07	160	390	2,7	12
8	3.6	0,12	99	345	2,1	12
9	4.3	0,05	115	239	1,3	12
10	4.4	0,08	424	1600	6,0	12
11	4.5	0,08	401	918	5,3	11
12	5.2	0,10	24	84	0,4	12
13	5.3	0,07	69	113	0,7	12
14	5.4	0,09	100	241	1,2	12
15	5.6	0,11	33	52	0,7	11
16	6.5	0,11	24	52	0,4	10
hüttennah, kleinräumige Beurteilung						
17	4.31	0,07	112	221	1,5	12
18	4.32	0,06	116	290	1,4	12
19	8.3	0,06	47	110	0,7	12
20	8.31	0,08	50	144	0,7	11
21	8.4	0,05	77	261	1,9	12
22	10.3	0,07	74	152	1,1	12
23	10.31	0,13	274	457	3,4	11
Immissionswerte <sup>1)</sup>		0,35	100	---	2	---

1) Immissionswerte gem. TA Luft - Punkte 4.3.1 und 4.5.1; Farbige Kennzeichnung der Ergebnisse unter Beachtung der Rundungsregel, TA Luft Punkt 2.9



### 9.3 Cadmium-Deposition

Die Cadmium-Depositionen lagen im Beurteilungsgebiet an vier 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, mit durchschnittlich  $1,7 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ , keine nennenswerten Änderungen. Lediglich die Belastungsschwerpunkte haben sich zum Teil verschoben. Während am Beurteilungspunkt NM4.4 die Cadmium-Depositionen deutlich zurückgingen, wurde am Beurteilungspunkt NM3.5, im Vergleich mit den fünf zurückliegenden Jahren, wieder ein Jahresmittelwert oberhalb des Immissionswertes gemessen. An den Beurteilungspunkten NM4.5 und NM10.31 wurden wiederholt über dem Immissionswert liegende Belastungen ermittelt, am Messpunkt NM4.5 daneben mit einer zunehmenden Tendenz. Im Vergleich mit einem „Fünfjahresmittelwert“ (siehe Anhang, Tabelle A3) ergibt sich im Beurteilungsgebiet ein durchschnittlicher Anstieg von rund 5 %. Anhand dieses Bewertungsmaßstabes haben die Cadmium-Depositionen im Jahre 2015 nahezu wieder das mittlere Niveau der Jahre 2010 bis 2014 erreicht.

Die Überschreitung des Immissionswertes bei den Cadmium-Depositionen am Beurteilungspunkt NM3.5 im Jahr 2015 war eher untypisch, im Mittel der letzten fünf Jahre wurde der Immissionswert mit  $1,7 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  hier sicher unterschritten. Am Beurteilungspunkt NM3.6 traten in der Vergangenheit zeitweise leichte Überschreitungen des Immissionswertes auf, was sich auch in einem „Fünfjahresmittelwert“ ( $2,27 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) widerspiegelt. Im Nahbereich der Hütte (NM4.4, NM4.5) wurde der Immissionswert der TA Luft um maximal das Dreifache überschritten. In den westlichen und nördlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes, kann dagegen an den Beurteilungspunkten NM1.3, NM2.6, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM3.4, NM4.3, NM4.31, NM5.2, NM5.3, NM8.3, NM8.31 und NM10.3 von einer nachhaltigen Unterschreitung des Immissionswertes der TA Luft für Cadmium-Depositionen ausgegangen werden.

### 9.4 Zink-Deposition

Für die Beurteilung der Belastung durch Zink-Depositionen existiert kein Immissionswert in der TA Luft. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [12] 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 zusammenfassenden Tabelle A4 im Anhang erkennbar wird, treten bei den Zink-Depositionen vor allem an den hüttennahen Messpunkten Überschreitungen der zuvor genannten Fracht auf. Ein Vergleich mit den Cadmium-Depositionen zeigt, dass auch beim Zink der Anstieg bei der durchschnittlichen Belastung im Beurteilungsgebiet im Jahr 2014, maßgeblich durch die Zunahme am Beurteilungspunkt NM4.4 geprägt war. Im Jahr 2015 nahmen beide Depositionen in gleichem Maße wieder ab.

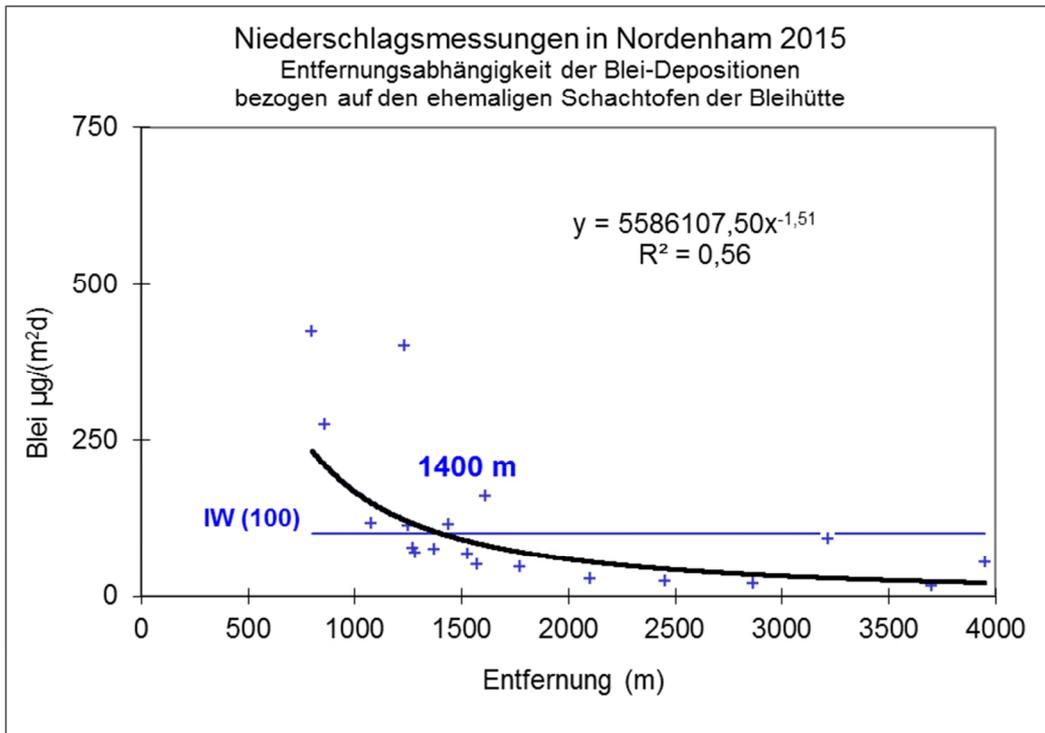
### 9.5 Verteilung und Entwicklung der Depositionsbelastung

Das Ausbreitungsverhalten der Depositionen lässt sich mit Hilfe einer Potenzfunktion modellhaft abschätzen. Für die Berechnung wurden ausschließlich Ergebnisse der linksseitig der Weser liegenden Beurteilungspunkte verwendet. Da die folgenden Ausführungen zu den entfernungsabhängigen Depositionsbelastungen weder die Windrichtungshäufigkeit noch die Windgeschwindigkeit im Beurteilungszeitraum berücksichtigen, sind Entfernungsangaben nur im Hin-

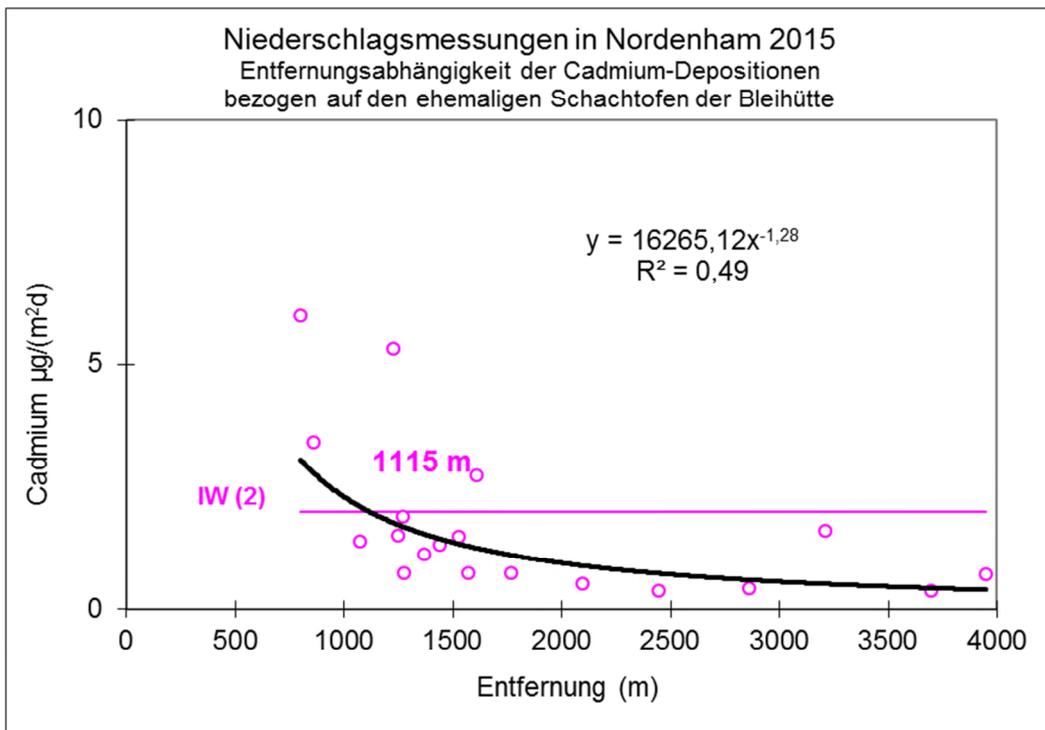


blick auf die mittleren meteorologischen Gegebenheiten der Region zu sehen. Aus diesem Grund sind die folgenden Entfernungsangaben in den Abbildungen 2 und 3 auch in Bezug auf Überschreitungsgrenzen von Immissionswerten nicht als absolut zu verstehen, sondern lediglich orientierend und im Vergleich mit den Vorjahreswerten zu betrachten.

**Abbildung 2:** Entfernungsabhängigkeit der Blei-Deposition



**Abbildung 3:** Entfernungsabhängigkeit der Cadmium-Deposition





Aus den berechneten Potenzfunktionen lässt sich abschätzen, dass im Durchschnitt die Blei-Depositionen bis zu einer Entfernung von ca. 1,4 km zur Hütte (bezogen auf das ehemalige Schachtofengebäude) und die Cadmium-Depositionen bis zu einer Entfernung von ca. 1,1 km größer bzw. gleich der jeweiligen Immissionswerte der TA Luft sind.

Der Abstand von der Hütte, in dem der Immissionswert der Blei-Depositionen überschritten wird, hat sich seit 2013 kaum verändert. Innerhalb des zweijährigen Zeitraumes hat sich der Radius um den Bezugspunkt (ehem. Schachtofenstandort), mit jährlich etwa gleichen Beträgen, nur um 50 m verkürzt. Bei den Cadmium-Depositionen hat sich dagegen im Jahr 2015 der Abstand, entsprechend der leichten Abnahme der durchschnittlichen Belastung im Beurteilungsgebiet gegenüber 2014, um etwa 130 m verringert. Im Zeitraum der letzten zwei Jahre verlief die Entwicklung des Radius bei den Cadmium-Depositionen anders als bei den Blei-Depositionen. Trotz der stärkeren Abnahme des Radius bei den Cadmium-Depositionen, gegenüber einer nur schwach ausgeprägten Entwicklung bei der entfernungsabhängigen Belastung der Blei-Depositionen zwischen den Jahren 2014 und 2015, konnte, aufgrund der voraus gegangenen deutlichen Vergrößerung des Abstandes um ca. 260 m im Jahr 2014, das Entfernungsniveau mit über dem Immissionswert liegenden Cadmiumbelastungen von 2013 (980 m), hier noch nicht wieder erreicht werden.

Der Bereich des Beurteilungspunktes NM3.6, welcher durch ortsnahe Einflüsse zusätzlich belastet werden kann (Schiffsentladungen, LKW-Transporte), wurde bei den entfernungsabhängigen Berechnungen nicht berücksichtigt. Ferner wurden auch die Beurteilungspunkte NM5.6 und NM6.5, die rechtsseitig der Weser auf unbewohnten Flächen stehen (Große Luneplate), in die Berechnungen nicht einbezogen.

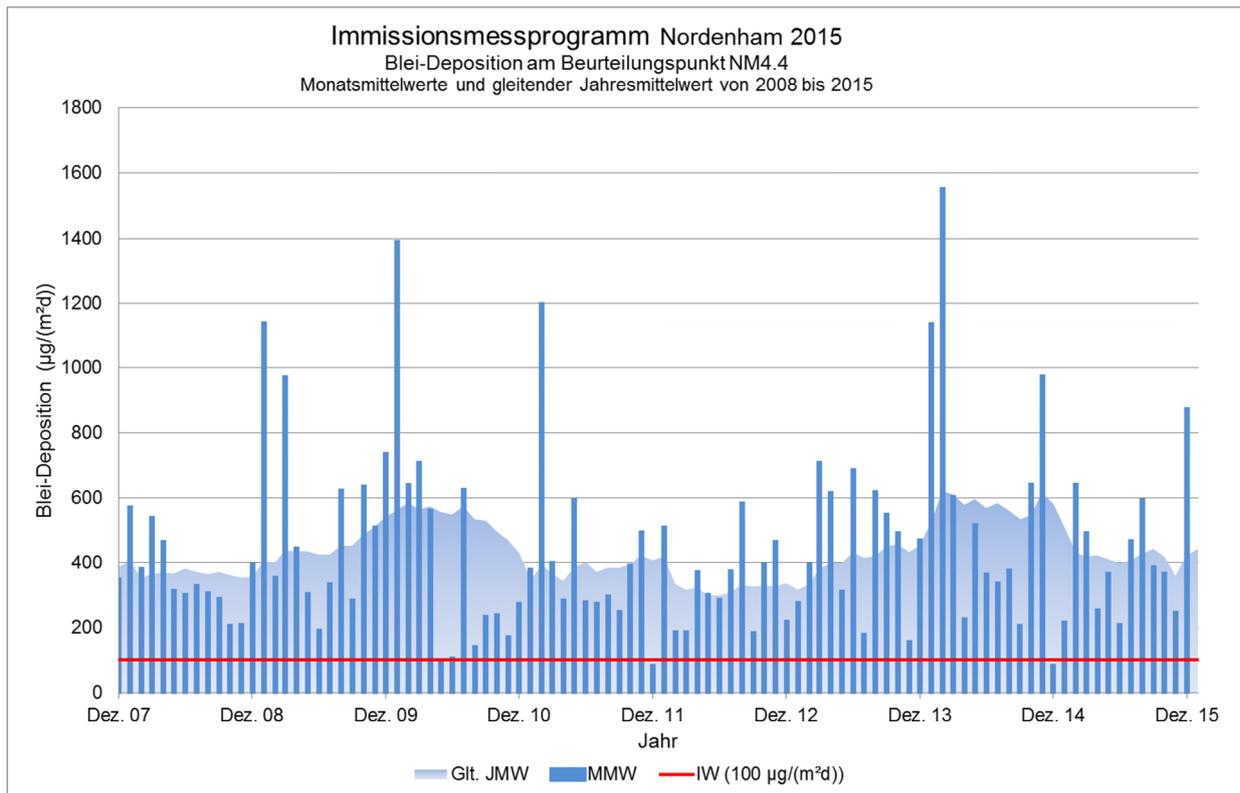
Die Ergebnisse vom Beurteilungspunkt NM4.4 dürften aufgrund der geringen Entfernung zu den Betriebsgebäuden am ehesten über die Entwicklung der Emissionssituation Aufschluss geben. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Maßnahmen technischer Verbesserungen zur Emissionsminderung aber auch die betrieblichen Auslastungen bei den Immissions-Messergebnissen deutlich sichtbar wurden. Die Messstelle auf einem eingefriedeten und begrüntem Gelände wird nur geringfügig 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 Beurteilungspunktes NM4.4, die mittlere Belastungshöhe hinsichtlich der Lage zum Immissionswert ablesen lässt.

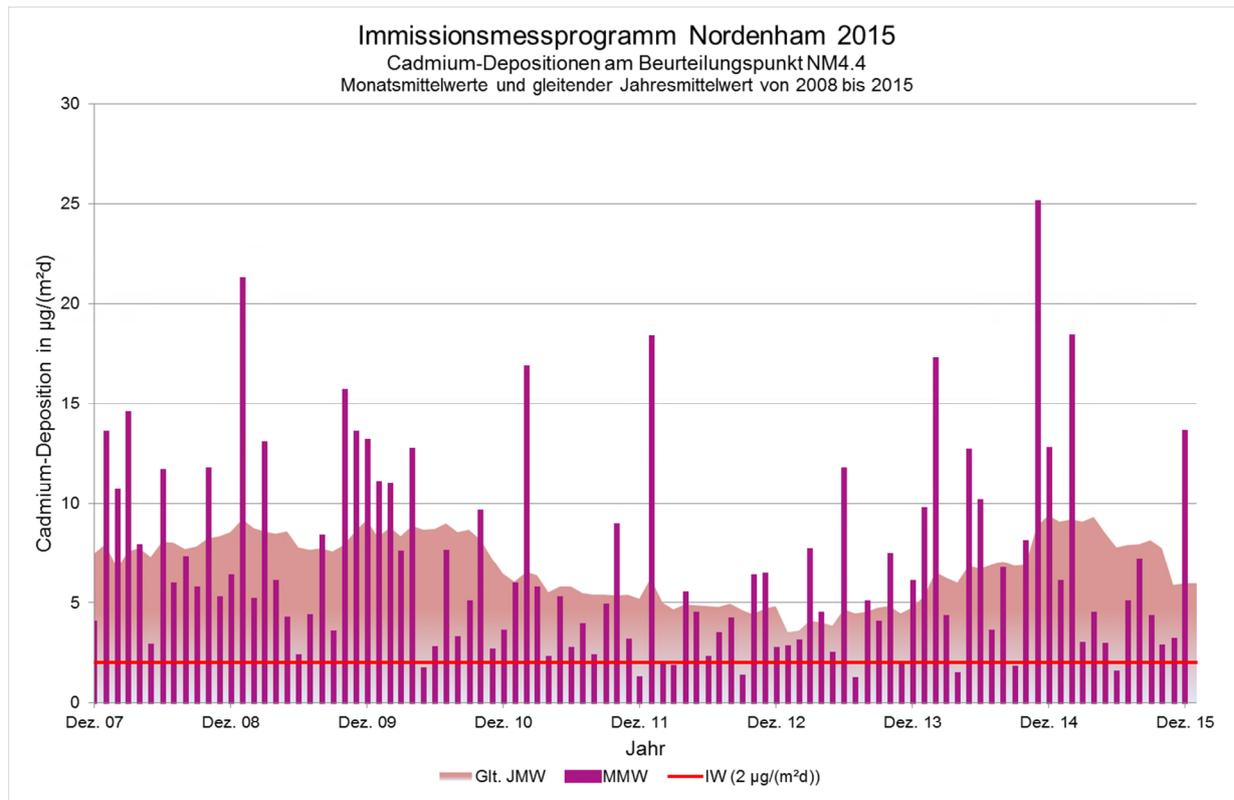
Nachdem im Vorjahr der gleitende Jahresmittelwert der Blei-Depositionen am Beurteilungspunkt NM4.4 auf einem relativ gleichförmigen und hohen Niveau verharrte, nahmen die Blei-Depositionen ab November 2014 deutlich ab. Im weiteren Verlauf des Jahres 2015 wurde ab März eine Belastungshöhe von knapp über 400  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  erreicht, die etwa zum September stabil blieb. Nach einem kurzen Rückgang bis zu einem Tiefpunkt im November stieg die Belastung zum Jahresende wieder an. Der gleitende Jahresmittelwert liegt zum Jahresende am Beurteilungspunkt NM4.4 knapp über dem Vierfachen des Immissionswertes der TA Luft.

**Abbildung 4:** Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition



Bei den Cadmium-Depositionen wird ab dem Jahr 2013 ein stetiger Anstieg des gleitenden Jahresmittelwertes am Beurteilungspunkt NM4.4 festgestellt, der Ende 2014 einen seit 2010 nicht mehr beobachteten Höhepunkt erreicht. Das hohe Belastungsniveau setzte sich bis zum April 2015 fort, ehe es bis Juni abfiel und bis zum September auf einer niedrigeren Belastungsstufe verblieb. Danach wurde ein weiterer Rückgang der Cadmium-Depositionen bis zum November beobachtet, so dass zum Jahresende 2015 der Immissionswert der TA Luft an diesem Beurteilungspunkt noch um das Dreifache ( $6,0 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) überschritten wurde. Zum Ende des Jahres 2014 war der Immissionswert hier noch um mehr als das Vierfache ( $9,4 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) überschritten worden.

**Abbildung 5:** Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition



### 9.6 PM<sub>10</sub>-Feinstaub und Staubinhaltsstoffe

Der Jahresmittelwert der PM<sub>10</sub>-Konzentration lag mit 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bei rund 53 % des Immissionsgrenzwertes (siehe Tabelle 8). Das Datenqualitätsziel von mindestens 90 % Datenverfügbarkeit wurde mit 336 Tagesproben, entsprechend 92 %, erreicht. Von beiden Laboren wurde dazu annähernd die gleiche Anzahl an Filterproben analysiert (WMG = 173, ZUS LLG = 167).

**Tabelle 8:** Jahresmittelwerte 2015 der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe

Komponente	Jahresmittelwert	Einheit
PM <sub>10</sub>	21	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Blei	0,06	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arsen	1,2	$\text{ng}/\text{m}^3$
Cadmium	1,2	$\text{ng}/\text{m}^3$
Nickel	1,1	$\text{ng}/\text{m}^3$

Die Grenzwerte für den Jahresmittelwert der PM<sub>10</sub>-Feinstaubkonzentration (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und für den Staubinhaltsstoff Blei (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wurden sicher eingehalten. Auch die Zielwerte [2] der



Staubinhaltsstoffe Arsen ( $6 \text{ ng/m}^3$ ), Cadmium ( $5 \text{ ng/m}^3$ ) und Nickel ( $20 \text{ ng/m}^3$ ) wurden deutlich unterschritten.

Gegenüber dem Vorjahr sind sowohl die  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentration als auch die Blei-Konzentration leicht zurückgegangen. Ein ähnlicher Trend wurde auch an anderen Messorten bei den  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentrationen der lufthygienischen Überwachung in Niedersachsen [13] beobachtet. Die Anzahl der Überschreitungen, mit Tagesmittelwerten der  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentrationen oberhalb von  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , bleibt mit 6 Tagen sehr deutlich unter dem zulässigen Grenzwert von 35 Tagen [1, 2]. Mit  $0,06 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  lag die Bleikonzentration im Berichtsjahr 2015 fast wieder auf dem Niveau von 2010 bis 2013 ( $0,05 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), nachdem im Vorjahr mit  $0,09 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  ein deutlicher Anstieg gemessen worden war.

Auch bei den Staubinhaltsstoffen Arsen, Cadmium und Nickel wurden, wie beim Blei, niedrigere Konzentrationen als im Vorjahr (2014: As  $1,3 \text{ ng/m}^3$ ; Cd  $1,8 \text{ ng/m}^3$ ; Ni  $2,0 \text{ ng/m}^3$ ) gemessen.

## 10 Zusammenfassung

### 10.1 Messtechnische Zusammenfassung

Die Staubniederschlagsuntersuchungen, rund um das Hüttengelände in Nordenham, wurden aufgrund von Überschreitungen der Immissionswerte der TA Luft durch hüttentypische Depositionen von Blei und Cadmium in der Vergangenheit, auch im Jahr 2015 fortgeführt. Seit 2012 wird über drei weitere Beurteilungspunkte berichtet. Es handelt sich bei den Messstellen einerseits um eine Ergänzung der kleinräumigen Überwachung (Beurteilungspunkt NM4.32) und andererseits um eine Ausweitung des Beurteilungsgebietes rechtsseitig der Weser, im so genannten Lee der Anlage (Beurteilungspunkte NM5.6, NM6.5).

Die durchschnittliche Staubniederschlagsbelastung im gesamten Beurteilungsgebiet lag im Jahr 2015 mit  $0,10 \text{ g/(m}^2\text{d)}$  bei 27 % des Immissionswertes und damit geringfügig oberhalb der Messwerte der Vorjahre. In Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ (mittlere Messergebnisse der Jahre 2010 bis 2014 siehe Anhang, Tabellen A1 - A4) wurde eine leichte Zunahme der Staubniederschlagsbelastung festgestellt. Überschreitungen des Immissionswertes wurden an keinem Beurteilungspunkt gemessen.

Der Immissionswert der TA Luft für die Blei-Deposition ( $100 \text{ } \mu\text{g/(m}^2\text{d)}$ ) wurde im Berichtsjahr 2015 an sieben von dreiundzwanzig Beurteilungspunkten überschritten. An zwei der sieben Beurteilungspunkte, in der näheren Nachbarschaft zur Hütte (NM4.4, NM4.5), wurden zudem deutliche Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft festgestellt. In den nördlichen und westlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes (NM1.3, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM5.2) wurden dagegen Blei-Depositionen mit Messwerten zwischen 16 und  $54 \text{ } \mu\text{g/(m}^2\text{d)}$ , deutlich unterhalb des Immissionswertes, gemessen. Am Beurteilungspunkt NM2.6 haben mit den erhöhten Staubniederschlägen auch die Blei-Depositionen auf etwa das Doppelte ( $92 \text{ } \mu\text{g/(m}^2\text{d)}$ ) zu-



genommen. Im Umfeld dieses Messpunktes wurden ab Mai 2015 Straßensanierungsarbeiten von der Stadt Nordenham durchgeführt.

Die durchschnittliche Blei-Deposition des gesamten Beurteilungsgebietes lag auf dem Niveau der Vorjahre 2013 und 2014. In Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ wurde im Jahr 2015 im gesamten Beurteilungsgebiet dagegen eine um etwa 6 % geringere Blei-Deposition ermittelt (siehe Anhang, Tabelle A2).

Bei den Cadmium-Depositionen wurden an vier Beurteilungspunkten (NM3.5, NM4.4, NM4.5, NM10.31) Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft ( $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ ) beobachtet. Gegenüber dem Vorjahr ist die durchschnittliche Cadmium-Deposition im gesamten Beurteilungsgebiet leicht zurückgegangen. Im Vergleich mit einem „Fünfjahresmittelwert“ (siehe Anhang, Tabelle A3) nahm die durchschnittliche Cadmium-Deposition um ca. 5 % zu.

Bei der entfernungsabhängigen Auswertung der Depositionsbelastungen ergaben sich bei den Blei- und Cadmium-Depositionen unterschiedliche Entwicklungen gegenüber den beiden Vorjahren. Während die maximale Entfernungen vom Hüttenstandort, bis zu welcher die jeweiligen Immissionswerte überschritten werden, bei den Blei-Depositionen schon seit dem Jahr 2013 nahezu unverändert rund 1,4 km beträgt, verkürzte sich die entsprechende Entfernung für die Cadmium-Depositionen im Jahr 2015 um 130 m auf etwa 1,1 km. Zwischen den Jahren 2013 und 2014 war hier noch eine deutliche Ausweitung der Entfernung von 260 m ermittelt worden.

Darüber hinaus wurden auch die Zink-Depositionen bestimmt, zu deren Einordnung jedoch kein Immissionswert in der TA Luft existiert. Hilfsweise wird die nach BBodSchV [14] zulässige jährliche Fracht von  $329 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$  als Bewertungsgrundlage herangezogen. Vor allem an den hüttennahen Messpunkten wurden Überschreitungen dieser Richtgröße beobachtet. Die durchschnittlichen Zinkbelastungen im Beurteilungsgebiet nahmen sowohl gegenüber dem Vorjahr als auch in Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ (2010 – 2014) um rund 14 % ab (siehe Anhang, Tabelle A4).

Die mittlere  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentration lag im Berichtsjahr 2015 mit  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei 53 % des Immissionswertes der TA Luft. Der Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert wurde sicher eingehalten. An nur 6 von 35 zulässigen „Überschreitungstagen“ wurden im Jahr 2015 Konzentrationen bei den  $\text{PM}_{10}$ -Tagesmittelwerten von mehr als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen.

Neben der  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubkonzentration wurden auch bei den Elementen Blei, Arsen, Cadmium und Nickel als Bestandteile des  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubes Unterschreitungen der Grenz- bzw. Zielwerte entsprechend der TA Luft und der 39. BImSchV festgestellt. Gegenüber dem Vorjahr haben die Konzentrationen von Arsen, Blei, Cadmium und Nickel wieder leicht abgenommen.



## 10.2 Anlagenbezogene Bewertung

Obwohl die Betriebsabläufe der Blei- und Zinkproduktion entsprechend den Auflagen regelkonform sichergestellt und die Emissionsgrenzwerte an den gefassten Emissionsquellen eingehalten wurden, werden in der Nachbarschaft der Hüttenanlage die Immissionswerte der TA Luft zum Teil weiter überschritten. Es besteht daher die Notwendigkeit, die Messungen fortzuführen, um im Rahmen der Anlagenüberwachung die aktuellen Immissionsbelastungen darstellen und beurteilen zu können.

Neben den gefassten und diffusen Quellen der Hütten gibt es weitere teilweise nicht den heutigen Anlagen sondern im weiteren Sinne dem „Hüttenaltstandort“ geschuldeten Quellen sowie Quellen, die durch Wiederaufwirbelungen abgelagerter Stäube entstehen: Schwermetallstäube, die im Laufe der Zeit im Umfeld der Anlagen niedergeschlagen sind, werden durch Verkehr, Bautätigkeiten aber auch durch meteorologische Effekte (Windrichtung, Windstärke, Windstärkenschichtungen, Turbulenzen, Feuchte, Temperatur) wieder aufgewirbelt und tragen zu den Immissionsmessergebnissen bei (Sekundärimmissionen). Der jeweilige Quellenanteil ist nicht quantifizierbar.

Eine Diskussion über Veränderungen an jedem einzelnen Beurteilungspunkt ist nicht zielführend, da die Aussagen im Hinblick auf die Gesamtsituation kaum verwertbar wären. Die Veränderungen hängen von zahlreichen Parametern ab, wovon einige nicht oder nur schwer quantifizierbar sind. Anhand der Gebietsmittelwerte (JMW im Beurteilungsgebiet; siehe Anhang) ergaben sich gegenüber dem Vorjahr sowie mit Bezug auf den Zeitraum von 2010 bis 2014 folgende Entwicklungen im Beurteilungsgebiet:

Parameter	2015 JMW im Gebiet	2014 JMW im Gebiet	2010-2014 Ø JMW im Gebiet
Staubniederschlag (g/(m <sup>2</sup> d))	0,10	0,09	0,08
Bleideposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	115	108	123
Cadmiumdeposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	1,7	1,8	1,6
Zinkdeposition (µg/(m <sup>2</sup> d))	301	357	351

Während sich zahlenmäßig eine trendartige Entwicklung beim Staubniederschlag in Richtung zunehmende Belastung, sowie bei der Zink-Deposition eine abnehmende Belastung abzeichnen scheint, sind bei den Blei- und Cadmium-Depositionen keine tendenziellen Änderungen erkennbar. Dieser Befund gilt gleichermaßen im Vergleich zum Vorjahr als auch in Bezug auf einen „Fünffjahresmittelwert“. Die Veränderungen sind insgesamt nur sehr schwach ausgeprägt, so dass bei den vielen unwägbareren Einflussgrößen (siehe oben) hier bereits allein die meteorologischen Schwankungen ausschlaggebend sein können.



Von den Hütten wurden und werden erhebliche Anstrengungen unternommen, die diffusen Emissionen herrührend von Quellen auf den Hüttengeländen zu minimieren, um dadurch einen Beitrag zur Vermeidung von schwermetallbelasteten Staubbiederschlägen zu liefern. Von der Vielzahl der Maßnahmen, die stetig produktionsbegleitend durchgeführt werden, sind beispielhaft der verstärkte Einsatz des Sprühwagens und der Kehrmaschine, die vollständige Einkapselung der Materialtransportbänder, die Verkleinerung bzw. Schließung von Dachreitern und die Ausbesserung von Straßen und Plätzen zu nennen. Zukünftig Maßnahmen, wie beispielweise die Einhausung der Pieranlage und der Neubau einer LKW-Waschanlage sollten zu einer weiteren Minimierung der diffusen Quellen führen.

Solange die Blei- und Cadmium-Depositionen die jeweiligen Immissionswerte überschreiten, sind wesentliche Änderungen der Hüttenbetriebe nur im Rahmen einer „Verbesserungsgenehmigung“ nach § 6 Abs. 3 BImSchG unter Beachtung der Ausführungen unter Nrn. 4.5.2 und 4.8 der TA Luft 2002 möglich.



## 11 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)
- 3 Mitteilung des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Oldenburg, E-Mail vom 19.12.2016
- 4 VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 - Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode
- 5 VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 – Messen von Partikeln – Messen der Massenkonzentration – Filterverfahren – Filterwechsler DIGITEL DHA 80
- 6 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 14 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlages mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES)
- 7 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 16 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlages mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- 8 VDI-Richtlinie 2267 Blatt 15 - Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft – Messen der Massenkonzentration von u.a. Pb, Cd, As, Ni – Bestandteile des Staubniederschlages mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS)
- 9 DIN EN 12341 (1999-3) Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Fraktion von Schwebstaub (Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode)
- 10 DIN EN ISO 20988 (2007-9) Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit
- 11 Materialien Band 66 – PM<sub>10</sub>-Vergleichsmessungen der deutschen Bundesländer Essen 2005, ISSN 0947-5206 (Materialien)
- 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S.1554) zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24.02.2012 (BGBl. I Nr. 10, S. 212) in Kraft getreten am 01.06.2012
- 13 LÜN-Jahresberichte  
[www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation\\_id=2655&article\\_id=9127&psmand=10](http://www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=2655&article_id=9127&psmand=10)



### Anhang

**Tabelle A1:** Staubniederschläge 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 – 2014

Beurteilungspunkt	Staubniederschlag in g/(m <sup>2</sup> d)						
	Jahr(e)						
	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2010-2014 <sup>1)</sup>
<b>NM1.3</b>	0,067	0,044	0,039	0,052	0,083	0,041	0,052
<b>NM2.6</b>	0,263	0,181	0,210	0,124	0,161	0,188	0,173
<b>NM2.7</b>	0,221	0,227	0,243	0,154	0,086	0,157	0,174
<b>NM3.2</b>	0,064	0,043	0,033	0,036	0,045	0,040	0,039
<b>NM3.3</b>	0,069	0,115	0,059	0,081	0,050	0,053	0,072
<b>NM3.4</b>	0,106	0,055	0,069	0,059	0,086	0,046	0,063
<b>NM3.5</b>	0,073	0,054	0,052	0,046	0,048	0,054	0,051
<b>NM3.6</b>	0,123	0,123	0,109	0,087	0,087	0,088	0,099
<b>NM4.3</b>	0,049	0,047	0,061	0,056	0,057	0,051	0,054
<b>NM4.31</b>	0,069	0,078	0,068	0,048	0,083	0,056	0,066
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	0,060	0,058	0,059	0,039			
<b>NM4.4</b>	0,082	0,093	0,069	0,063	0,070	0,081	0,075
<b>NM4.5</b>	0,078	0,068	0,075	0,118	0,069	0,063	0,079
<b>NM5.2</b>	0,098	0,113	0,109	0,114	0,106	0,100	0,108
<b>NM5.3</b>	0,075	0,046	0,043	0,054	0,061	0,046	0,050
<b>NM5.4</b>	0,088	0,071	0,071	0,053	0,087	0,120	0,080
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	0,105	0,178	0,046	0,078			
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	0,112	0,083	0,132	0,082			
<b>NM8.3</b>	0,056	0,043	0,051	0,058	0,054	0,053	0,052
<b>NM8.31</b>	0,084	0,103	0,070	0,064	0,063	0,069	0,074
<b>NM8.4</b>	0,050	0,082	0,057	0,058	0,053	0,086	0,067
<b>NM10.3</b>	0,065	0,068	0,061	0,047	0,057	0,051	0,057
<b>NM10.31</b>	0,133	0,086	0,157	0,051	0,070	0,075	0,088
<b>Gebietsmittelwert</b>	0,096	0,087	0,085	0,071	0,074	0,076	0,079
<b>Abweichung</b>	21,6 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Fünfjahresmittelwert der Jahre 2010 – 2014

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2010 – 2014 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



**Tabelle A2:** Blei-Depositionen 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 – 2014

Beurteilungspunkt	Blei-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2010-2014 <sup>1)</sup>
2015	2014	2013	2012	2011	2010		
<b>NM1.3</b>	16	20	18	18	18	40	23
<b>NM2.6</b>	92	44	62	51	58	68	57
<b>NM2.7</b>	54	38	52	41	39	61	46
<b>NM3.2</b>	19	19	22	22	30	44	27
<b>NM3.3</b>	27	38	34	32	33	53	38
<b>NM3.4</b>	66	79	61	71	63	88	72
<b>NM3.5</b>	160	96	89	116	120	140	112
<b>NM3.6</b>	99	114	110	80	122	172	120
<b>NM4.3</b>	115	108	97	83	185	223	139
<b>NM4.31</b>	112	116	123	96	189	233	151
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	116	155	143	139			
<b>NM4.4</b>	424	583	432	337	408	430	438
<b>NM4.5</b>	401	219	251	268	300	375	283
<b>NM5.2</b>	24	26	64	28	29	49	39
<b>NM5.3</b>	69	126	80	105	138	165	123
<b>NM5.4</b>	100	84	147	105	94	404	167
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	33	24	35	42			
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	24	40	42	36			
<b>NM8.3</b>	47	60	61	54	91	101	73
<b>NM8.31</b>	50	51	57	51	53	60	54
<b>NM8.4</b>	77	90	84	77	92	137	96
<b>NM10.3</b>	74	79	111	87	147	269	138
<b>NM10.31</b>	274	182	280	239	266	307	255
<b>Gebietsmittelwert</b>	115	108	112	98	124	171	123
Abweichung	-6,2 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Fünfjahresmittelwert der Jahre 2010 – 2014

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2010 - 2014 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



**Tabelle A3:** Cadmium-Depositionen 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 – 2014

Beurteilungspunkt	Cadmium-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2010-2014 <sup>1)</sup>
2015	2014	2013	2012	2011	2010		
<b>NM1.3</b>	0,35	0,36	0,26	0,36	0,43	0,49	0,38
<b>NM2.6</b>	1,61	0,96	1,11	0,81	1,01	1,12	1,00
<b>NM2.7</b>	0,71	0,52	0,78	0,61	0,58	0,86	0,67
<b>NM3.2</b>	0,41	0,35	0,26	0,25	0,39	0,47	0,34
<b>NM3.3</b>	0,51	0,70	0,41	0,46	0,53	0,70	0,56
<b>NM3.4</b>	1,47	1,25	0,95	1,55	1,19	1,69	1,33
<b>NM3.5</b>	2,73	1,90	1,49	1,73	1,60	1,85	1,71
<b>NM3.6</b>	2,07	1,87	2,19	2,50	1,90	2,88	2,27
<b>NM4.3</b>	1,31	1,33	0,94	0,76	1,24	2,57	1,37
<b>NM4.31</b>	1,49	1,84	1,19	0,95	1,54	2,38	1,58
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	1,37	1,89	1,48	1,24			
<b>NM4.4</b>	5,98	9,41	4,15	4,84	5,21	6,49	6,02
<b>NM4.5</b>	5,32	4,75	3,51	3,24	3,47	3,03	3,60
<b>NM5.2</b>	0,36	0,39	0,75	0,31	0,38	0,65	0,50
<b>NM5.3</b>	0,72	1,24	0,80	0,63	1,02	1,90	1,12
<b>NM5.4</b>	1,19	1,07	1,57	1,20	1,15	3,59	1,72
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	0,66	0,48	0,36	0,49			
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	0,45	0,47	0,62	0,42			
<b>NM8.3</b>	0,72	0,83	0,77	0,55	0,85	1,18	0,84
<b>NM8.31</b>	0,72	0,98	0,83	0,91	0,89	1,03	0,93
<b>NM8.4</b>	1,87	1,92	1,53	2,01	2,00	2,38	1,97
<b>NM10.3</b>	1,12	1,18	1,02	0,86	1,10	2,34	1,30
<b>NM10.31</b>	3,42	3,42	3,58	1,64	2,32	4,75	3,14
<b>Gebietsmittelwert</b>	1,70	1,81	1,40	1,31	1,44	2,12	1,62
Abweichung	5,3 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Fünfjahresmittelwert der Jahre 2010 – 2014

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2010 - 2014 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



**Tabelle A4:** Zink-Depositionen 2015 im Vergleich mit den Jahren 2010 – 2014

Beurteilungspunkt	Zink-Depositionen in µg/(m²d)						
	Jahr(e)						2010-2014 <sup>1)</sup>
2015	2014	2013	2012	2011	2010		
<b>NM1.3</b>	51	53	43	62	72	92	64
<b>NM2.6</b>	287	185	231	203	155	216	198
<b>NM2.7</b>	103	96	117	101	116	153	116
<b>NM3.2</b>	41	41	43	40	69	98	58
<b>NM3.3</b>	87	102	94	103	86	161	109
<b>NM3.4</b>	182	236	186	330	246	300	260
<b>NM3.5</b>	390	316	308	387	291	366	334
<b>NM3.6</b>	345	486	455	409	334	478	433
<b>NM4.3</b>	239	225	202	170	266	618	296
<b>NM4.31</b>	221	231	169	160	308	499	273
<b>NM4.32<sup>2)</sup></b>	290	353	364	403			
<b>NM4.4</b>	1600	2475	1402	2034	1899	1754	1913
<b>NM4.5</b>	918	863	761	887	821	680	802
<b>NM5.2</b>	84	92	143	95	117	227	135
<b>NM5.3</b>	113	164	132	111	165	359	186
<b>NM5.4</b>	241	208	382	168	201	570	306
<b>NM5.6<sup>2)</sup></b>	52	59	72	69			
<b>NM6.5<sup>2)</sup></b>	52	69	116	60			
<b>NM8.3</b>	110	116	98	83	186	277	152
<b>NM8.31</b>	144	159	150	180	157	187	167
<b>NM8.4</b>	261	354	298	443	450	509	411
<b>NM10.3</b>	152	181	159	147	209	471	233
<b>NM10.31</b>	457	546	476	260	499	1125	581
<b>Gebietsmittelwert</b>	301	357	292	319	332	457	351
Abweichung	-14,3 % <sup>3)</sup>						

<sup>1)</sup> Fünfjahresmittelwert der Jahre 2010 – 2014

<sup>2)</sup> Messstelle ab 2012

<sup>3)</sup> Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2010 – 2014 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)