



**Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim**



Immissionsmessprogramm Nordenham 2014

**Staubniederschlag und
PM₁₀-Feinstaub
sowie Staubinhaltsstoffe**

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



Niedersachsen

Bericht Nr. 43-15-BI-003

Stand: 15.06.2016

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.....	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Auftraggeber	2
1.3	Anlass und Ziel der Messungen	2
2	Beschreibung der Messaufgabe	2
3	Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung.....	3
3.1	Beurteilungsgebiet	3
3.2	Beurteilungspunkte	3
3.3	Emissionsquellen	3
3.4	Messstellenübersicht.....	5
4	Messplanung	7
4.1	Messkomponenten.....	7
4.2	Geräteeinsatz.....	7
4.3	Probenahmezyklen	7
5	Messzeitraum	7
6	Beurteilungsgrundlagen.....	7
7	Durchführung der Messungen - Analysen.....	10
7.1	Staubniederschlagsmessungen	10
7.2	Blei-, Cadmium- und Zink-Depositionen	10
7.3	PM ₁₀ -Filterprobenahme	10
7.4	Gravimetrie	11
7.5	Staubinhaltsstoffanalysen der Filterproben	11
8	Qualitätssicherung.....	11
8.1	Datenverfügbarkeit.....	12
8.2	Messunsicherheit	12
9	Ergebnisse	13
9.1	Staubniederschlag	13
9.2	Blei-Deposition.....	14
9.3	Cadmium-Deposition.....	16
9.4	Zink-Deposition	16
9.5	Verteilung und Entwicklung der Depositionsbelastung	16
9.6	PM ₁₀ -Feinstaub und Staubinhaltsstoffe	20
10	Zusammenfassung	21
10.1	Messtechnische Zusammenfassung	21
10.2	Anlagenbezogene Bewertung	22
11	Literatur	26



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte	5
Abbildung 2: Entfernungsabhängigkeit der Blei-Deposition.....	17
Abbildung 3: Entfernungsabhängigkeit der Cadmium-Deposition	17
Abbildung 4: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Blei).....	19
Abbildung 5: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert (Cadmium)	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Quellarten staubrelevanter Betriebe in Nordenham.....	4
Tabelle 2: Geografische Koordinaten der Beurteilungspunkte	6
Tabelle 3: Immissionswert für Staubniederschlag	9
Tabelle 4: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen.....	9
Tabelle 5: Grenzwerte für Partikel (PM ₁₀) und Blei.....	9
Tabelle 6: Zielwerte für Staubinhaltsstoffe des PM ₁₀ -Feinstaubes	9
Tabelle 7: Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen.....	15
Tabelle 8: Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration sowie der Inhaltsstoffe	20

Anhang

Tabelle A1: Staubniederschläge 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 – 2013.....	27
Tabelle A2: Blei-Depositionen 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 - 2013	28
Tabelle A3: Cadmium-Deposition 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 - 2013.....	29
Tabelle A4: Zink-Deposition 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 - 2013	30



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 werden Probenahme und Analytik im Rahmen einer Eigenüberwachung durch den Betreiber der Hüttenanlagen, die 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 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 wurden durch die ZUS LLG bei den Staubniederschlagsmessungen an fünf Beurteilungspunkten Vergleichsmessungen durchgeführt und ausgewertet. Bei den PM_{10} -Feinstaubmessungen fanden 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 2014, 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 Hüttenanlage in den zurückliegenden Jahren fortlaufend Überschreitungen der Immissionswerte für Blei- und Cadmium-Depositionen zeigten, wurden die Messungen auch im Jahr 2014 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 Werten der TA Luft lagen.

Die Untersuchungen haben zum Ziel, auf der Basis von Jahresmittelwerten sowohl den Staubniederschlag als auch die PM₁₀-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 PM₁₀-Feinstaubmessungen in den Vorjahren unterhalb des Grenzwertes lagen und Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ an mehr als 35 zulässigen Tagen im Jahr bei weitem nicht erreicht wurden, werden im Hinblick auf die Anlagenüberwachung sowohl die PM₁₀-Feinstaubmessungen als auch die Staubinhaltsstoffanalysen zukünftig weitergeführt.

2 Beschreibung der Messaufgabe

Anhand von Staubniederschlagsmessungen sollte die Immissionsbelastung durch sedimentierende Partikel in der Nachbarschaft der Blei- und Zinkhütte bewertet werden. Daneben waren PM₁₀-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 km² Staubbiederschlagsuntersuchungen in einem 1 km Raster durchgeführt. Seit Mitte der 1990er 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 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

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-



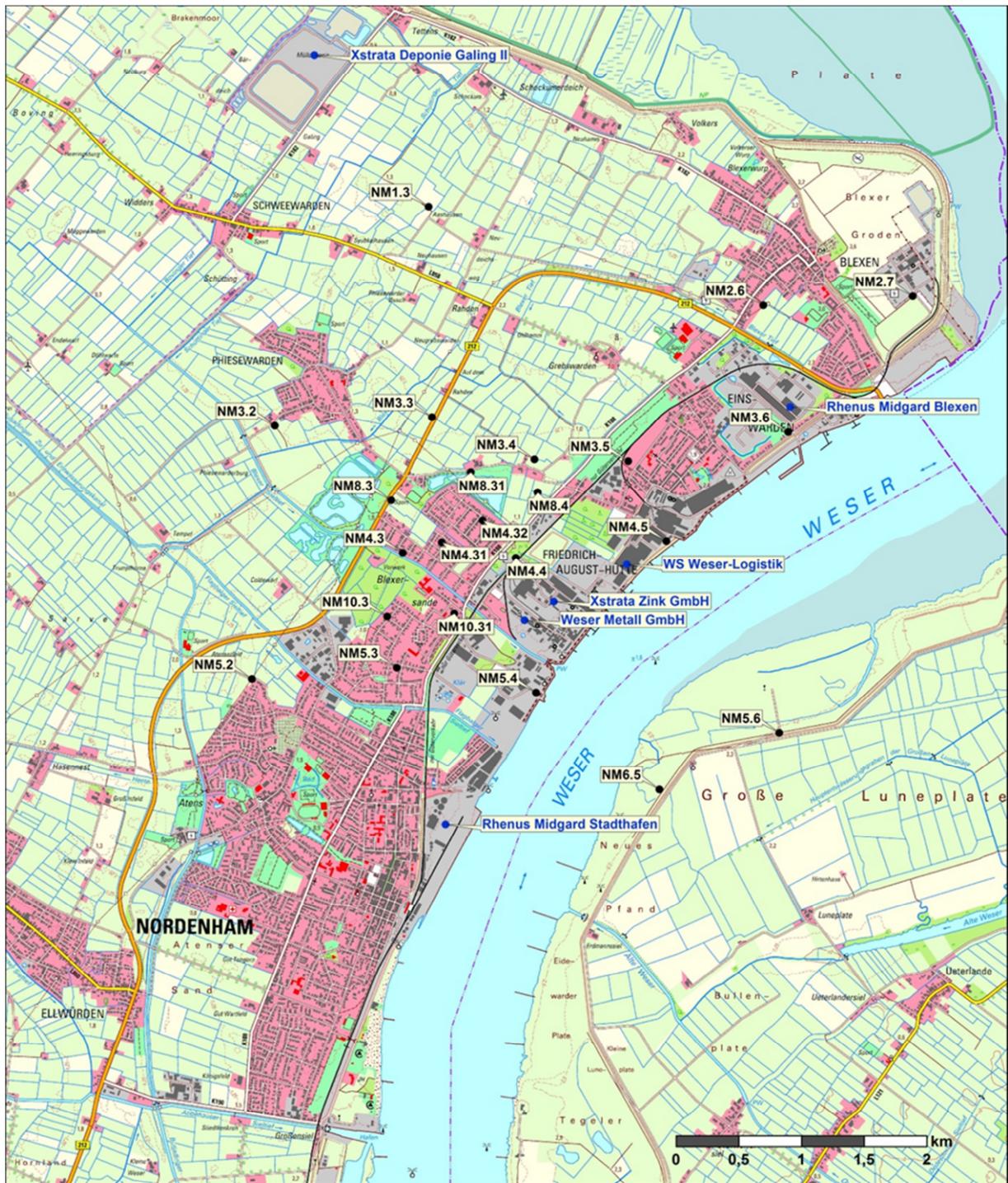
nahmefällen geringfügige Mängel festgestellt wurden. Verbesserungen der Emissions- bzw. Immissionssituation werden fortwährend angestrebt. Die Betriebe sind nach ISO 9001 und 14001 zertifiziert und werden jedes Jahr neu begutachtet. Mit einer nachträglichen Anordnung vom Oktober 2007 nach § 17 BImSchG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

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

Betrieb	Quellarten	Staubinhaltsstoffe	Bemerkungen
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
(Kartenausschnitt im Maßstab ca. 1:50.000)



- Messstellen
- Ansässige Firmen



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	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	32469012	5930044	2530	550
NM4.3	32465937	5929077	1440	Wohngebiet
NM4.31	32466249	5929161	1250	Wohngebiet
NM4.32 ³⁾	32466574	5929338	1300	Wohngebiet
NM4.4	32466839	5929036	800	Firmengelände
NM4.5	32468041	5929170	1230	Firmengelände
NM5.2	32464734	5928059	2450	20
NM5.3	32465890	5928159	1280	Wohngebiet
NM5.4	32467001	5927950	385	Firmengelände
NM5.6 ³⁾	32467985	5927171	Rechtsseitig der Weser	Brachland
NM6.5 ³⁾	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⁾ Messstellen NM5.6 und NM6.5 ab 2012; NM4.32 ab April 2012



4 Messplanung

4.1 Messkomponenten

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

4.2 Geräteinsatz

Die Staubniederschlagsuntersuchungen wurden gemäß der Bergerhoff-Methode entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] durchgeführt. Es kamen insgesamt 33 Probenahmegeräte mit Auffanggefäßen zum Einsatz. Die WMG betreut und analysiert monatlich 23 Niederschlagsproben (davon 2 Doppelbestimmungen), während die übrigen 5 Vergleichsmessungen (davon 3 Doppelbestimmungen) durch die ZUS LLG parallel, d.h. orts- und zeitgleich, im Rahmen der Qualitätssicherung durchgeführt werden.

Für die PM₁₀-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 Staubniederschlags betrug etwa einen Monat (30 \pm 2 Tage). Die im Monatsrhythmus erzeugten Einzelprobenergebnisse wurden jeweils zu einem Jahresmittelwert zusammengefasst.

Der Messzeitraum für die Einzelprobe bei der Bestimmung der PM₁₀-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 Staubniederschlagsimmissionen und der PM₁₀-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffe umfasst in diesem Bericht das Kalenderjahr 2014.

6 Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 3 und in Tabelle 4 sind Immissionswerte für den Staubniederschlag bzw. für die Schadstoffdepositionen [1] aufgeführt. Die Grenz- und Zielwerte für die Konzentrationen an



PM₁₀-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 PM₁₀-Feinstaub charakterisiert (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser im Bereich um 10 µm und kleiner^{*}). Die größeren Partikel werden bereits im oberen Atemtrakt abgeschieden oder sind aufgrund ihrer Größe erst gar nicht einatembar. Für die Beurteilung des PM₁₀-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 PM₁₀-Feinstaub- und Schadstoffkonzentrationen kommen genormte Verfahren [5, 6] zur Anwendung. Partikel der PM₁₀-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 **Staubniederschlag** 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 Staubniederschlag“ 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 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 und der Entfernung zum Immissionsort, den meteorologischen Bedingun-

^{*} „PM₁₀“ sind Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometern einen Abscheidegrad von 50 Prozent aufweist [2].



gen (z.B. Windrichtung, -geschwindigkeit, Turbulenz), und liegt zum Anderen auch daran, dass mit der Probenahme von PM₁₀-Feinstaub nur ein Teil des in der Luft befindlichen gesamten Staubes erfasst wird (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 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	Einzulhalten 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	Einzulhalten 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



7 Durchführung der Messungen - Analysen

7.1 Staubbiederschlagsmessungen

Die Staubbiederschlagsmessungen sind gemäß der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] „Bestimmung des Staubbiederschlags 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 Staubbiederschlagsmasse, 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 Staubbiederschlagsstoffe 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 Richtlinie durchgeführt.

7.3 PM_{10} -Filterprobenahme

Die Probenahmen zur Bestimmung des PM_{10} -Feinstaubes erfolgten mit einem High-Volume-Sampler (HVS) auf Filtern. Bei den Messungen in Nordenham wurde im Jahr 2014 der PM_{10} -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_{10} -Feinstaub bezeichnet man die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Probeneinlass gemäß der Referenzmethode (EN12341 [9]) passieren, welcher für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von $10 \mu m$ eine Abscheideleistung von etwa 50 % aufweist. Der PM_{10} -Feinstaubanteil, der die Vorabscheidung passieren konnte, wird auf Rundfiltern ($\varnothing 150 \text{ mm}$) 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 PM₁₀-Feinstaubkonzentrationen in µg/m³.

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 Staubniederschlagsuntersuchungen 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 Staubniederschlagsuntersuchungen über alle Beurteilungspunkte im Jahr 2014 bei mehr als 97 %. 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 PM₁₀-Feinstaubkonzentration sowie der Staubinhaltsstoffuntersuchungen wurden für den Jahresbericht zusammengefasst, so dass für die Jahresmittelwertbildung mit 358 Tagesmittelwerten eine Datenverfügbarkeit von 98 % erreicht wurde.

8.2 Messunsicherheit

Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei Niederschlagsproben wurden Doppelbestimmungen mehrerer Jahre (2007 bis 2014) 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 Staubniederschlag beträgt die erweiterte Messunsicherheit für den einzelnen Monatswert etwa 30 %, bezogen auf einen Gesamtmittelwert der Jahre 2007 bis 2014 von 0,08 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: 21 % (423 µg/(m²d)), Cadmium: 25 % (7,0 µg/(m²d)), Zink: 21 % (2185 µg/(m²d)).

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 Massenormal) 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 PM₁₀-Messungen in Bezug auf das Referenzmessverfahren eine erweiterte Messunsicherheit von etwa 15 % erreichen.

Die erweiterte Messunsicherheit zur Bewertung der PM₁₀-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 2014 ergeben sich erweiterte Messunsicherheiten für die Staubinhaltsstoffe Blei, Cadmium und Zink von maximal 11,7 %.

9 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Staubbiederschlagsuntersuchungen an den Beurteilungspunkten aufgelistet. Jahresmittelwerte, die eine Überschreitung des jeweiligen Immissionswertes der TA Luft zeigen bzw. nominell oberhalb des Immissionswertes liegen (vergleiche Tabelle 3 und Tabelle 4), wurden rot markiert. Werte unterhalb der Immissionswerte sind dagegen grün gekennzeichnet. 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 2009 bis 2013 zum Vergleich mit Ergebnissen des Berichtsjahres 2014 aufgeführt („Fünfjahresmittelwert“).

Die Tabelle 8 enthält die Jahresmittelwerte der PM₁₀-Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe für das Kalenderjahr 2014.

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 Staubbiederschlag

Die Staubbiederschlagsbelastung im Umfeld der Hütte in Nordenham hat sich im Jahr 2014 gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Durchschnitt lag das Staubbiederschlagsergebnis des gesamten Beurteilungsgebietes mit 0,09 g/(m²d) bei 26 % des Immissionswertes der TA Luft. Die höchsten Einzelbelastungen, als mittlere Jahresergebnisse, wurden an den Beurteilungsflä-



chen 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 NM3.3, NM5.6 und NM8.31 die Staubniederschlagsbelastungen im Jahr 2014 deutlich angestiegen. In Bezug auf die Entwicklung der Immissionssituation wird bei den mittleren Staubniederschlagsergebnissen des gesamten Beurteilungsgebietes dennoch eine relativ konstante 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 ($100 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) wurde im Berichtsjahr 2014 wiederum an acht 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 um das Zwei- und bis mehr als das Fünffache 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 $20 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ und $44 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ deutlich unterhalb des Immissionswertes.

Am Beurteilungspunkt NM5.3 waren, nach Probenverlusten im Vorjahr, wieder alle Proben auswertbar, so dass ein repräsentativer Jahresmittelwert für das Jahr 2014 berechnet werden konnte. Mit Ausnahme des Vorjahres wurden hier, wie schon in den Jahren vor 2013, erneut Überschreitungen des Immissionswertes für Blei-Depositionen festgestellt. Zwar liegt der Beurteilungspunkt NM5.3 entgegengesetzt der Hauptwindrichtung zum Emittenten, befindet sich laut der entfernungsabhängigen Prognose (siehe Kapitel 9.5) aber innerhalb eines orientierenden Abstands, indem der Immissionswert für Blei-Depositionen mutmaßlich überschritten wird. Der in gleicher Flucht zum Werk liegende Beurteilungspunkt NM10.31 zeigt im Vergleich zum NM5.3 aufgrund der geringeren Entfernung zum Hüttengelände entsprechend höhere Depositionsbelastungen. Um einen eventuell nur temporär und lokal eng begrenzten Einfluss auf die Belastung am Messpunkt NM5.3 näher zu ergründen, wurde Anfang des Jahres 2015 ein zweites Auffanggefäß installiert und zusätzlich, zur Bestätigung einer graduellen Abnahme der Belastung, eine weitere Messstelle innerhalb der Strecke zwischen den Beurteilungspunkten NM5.3 und 10.31 eingerichtet.

Die durchschnittlichen Blei-Depositionen sind, in Bezug auf den Gesamtmittelwert, gegenüber dem Vorjahr unverändert. Während sich im west- bis südwestlichen Nahbereich der Hütte eine Zunahme, insbesondere bei der Bleibelastung an den Beurteilungspunkten NM4.4 und NM5.3, abzeichnet, werden an den übrigen Beurteilungspunkten im Wesentlichen nur die üblichen, in der Regel meteorologisch bedingten, Schwankungen zwischen den Jahren beobachtet. Insgesamt bewegt sich die mittlere Belastung mit einem Rückgang von knapp 17 % deutlich unterhalb des Niveaus eines Fünfjahresmittelwertes von 2009 bis 2013.



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
Bezug: Monatsmittelwerte Januar bis Dezember 2014

lfd. Nr.	Beurteilungspunkt	Staub g/(m ² d)	Blei ----- µg/(m ² d)	Zink µg/(m ² d)	Cadmium -----	Proben- zahl/Jahr
1	1.3	0,04	20	53	0,4	12
2	2.6	0,18	44	185	1,0	11
3	2.7	0,23	38	96	0,5	12
4	3.2	0,04	19	41	0,3	12
5	3.3	0,12	38	102	0,7	12
6	3.4	0,05	79	236	1,2	12
7	3.5	0,05	96	316	1,9	12
8	3.6	0,12	114	486	1,9	12
9	4.3	0,05	108	225	1,3	11
10	4.4	0,09	583	2475	9,4	12
11	4.5	0,07	219	863	4,8	12
12	5.2	0,11	26	92	0,4	12
13	5.3	0,05	126	164	1,2	12
14	5.4	0,07	84	208	1,1	12
15	5.6	0,18	24	59	0,5	12
16	6.5	0,08	40	69	0,5	10
hüttennah, kleinräumige Beurteilung						
17	4.31	0,08	116	231	1,8	11
18	4.32	0,06	155	353	1,9	12
19	8.3	0,04	60	116	0,8	12
20	8.31	0,10	51	159	1,0	11
21	8.4	0,08	90	354	1,9	11
22	10.3	0,07	79	181	1,2	12
23	10.31	0,09	182	546	3,4	11
Immissionswerte ¹⁾		0,35	100	---	2	---

¹⁾ Immissionswerte gem. TA Luft - Punkte 4.3.1 und 4.5.1



9.3 Cadmium-Deposition

Die Cadmium-Depositionen lagen im Beurteilungsgebiet an drei Messstellen oberhalb des Immissionswertes der TA Luft (siehe rot markierte Ergebnisse in Tabelle 7). An fünf weiteren Beurteilungspunkten wurde der Immissionswert für Cadmium-Depositionen nur knapp unterschritten. Auf das gesamte Beurteilungsgebiet bezogen, gab es bei Cadmium-Depositionen mit durchschnittlich $1,8 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ eine, gegenüber dem Vorjahr, angestiegene Belastung, welche vor allem auf die starke Zunahme am Beurteilungspunkt NM4.4 zurückgeführt wird. Im Vergleich mit einem „Fünfjahresmittelwert“ (siehe Anhang, Tabelle A3) ergibt sich durchschnittlich ein Anstieg von rund 7 %. Nachdem sich vom Jahr 2009 bis zum Jahr 2012 die mittlere Cadmium-Deposition im Beurteilungsgebiet von $2,2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ auf $1,3 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ stetig verringert hatte, nimmt die Belastung in den letzten beiden Jahren jeweils wieder zu.

Während im Nahbereich des Hüttengeländes an drei Beurteilungspunkten (NM4.4, NM4.5 und NM10.31) der Immissionswert, in einem Fall um mehr als das Vierfache, überschritten wird, kann dagegen an den Beurteilungspunkten NM1.3, NM2.6, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM3.4, NM3.5, NM5.2, NM5.3, NM8.3 und NM8.31 in den nördlichen und westlichen Randbereichen des Beurteilungsgebietes 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 gegenüber dem Vorjahr, maßgeblich durch die Zunahme am Beurteilungspunkt NM4.4 geprägt wird.

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 Hinblick 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

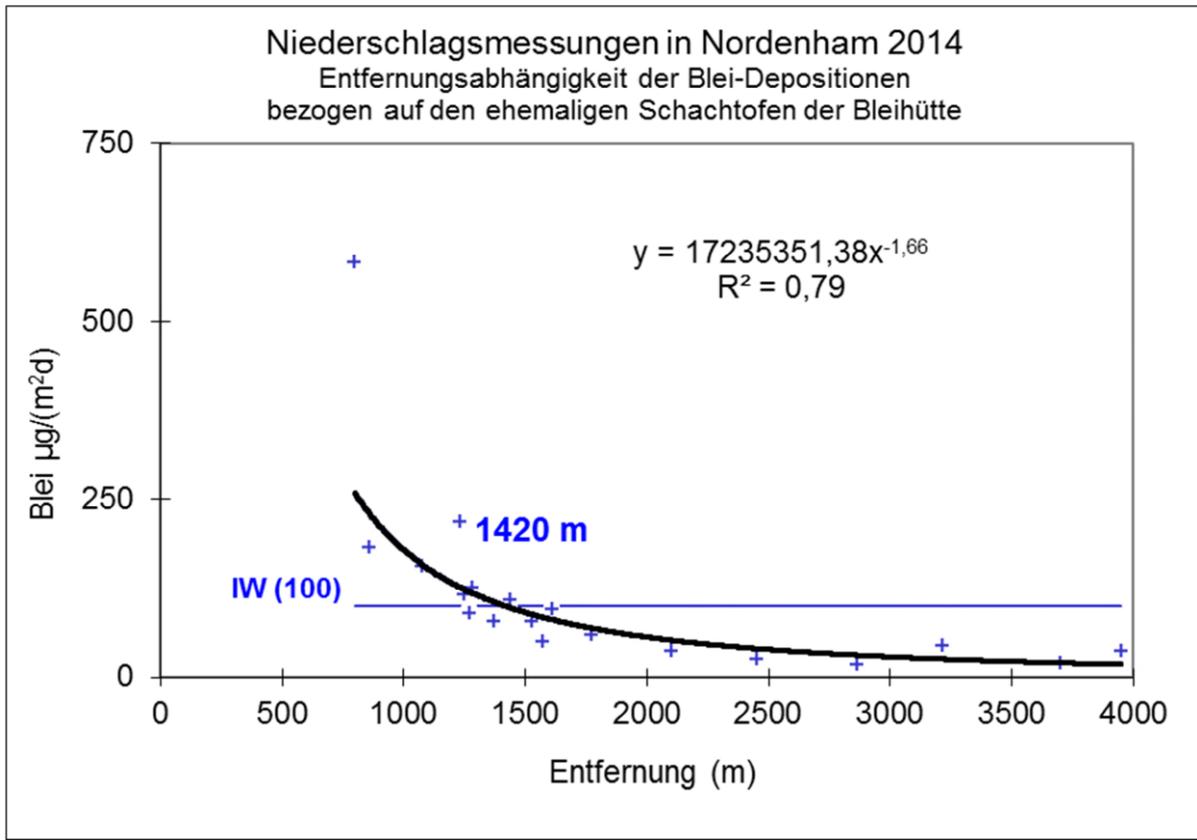
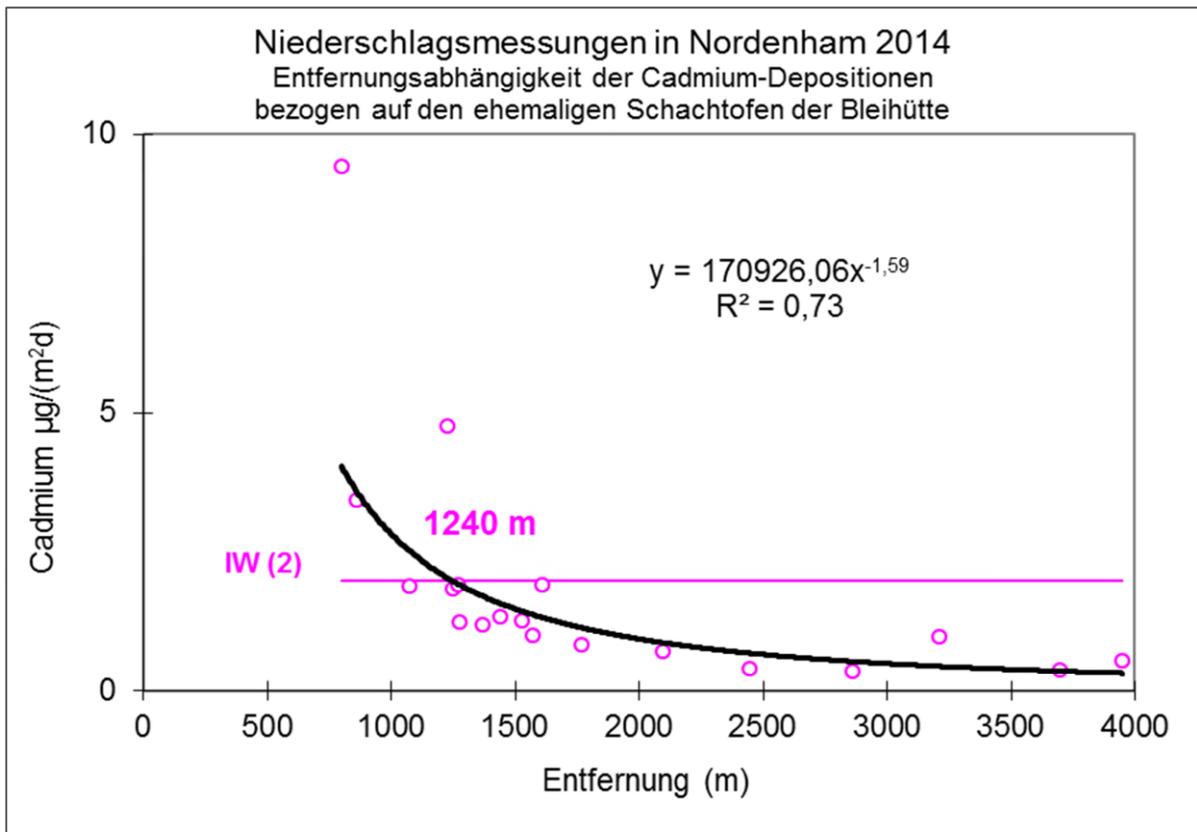


Abbildung 3: Entfernungsabhängigkeit der Cadmium-Deposition





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. 1,2 km größer bzw. gleich der jeweiligen Immissionswerte der TA Luft sind. Der bei der durchschnittlichen Depositionsbelastung festgestellte Anstieg bei den Cadmium-Depositionen im Jahr 2014 hat deutliche Auswirkungen auf die Ausbreitung der Immissionen. Während sich bei den gleichgebliebenen Blei-Depositionen auch die Abstände von der Hütte nicht verändert haben, nimmt die Entfernung, in der die Immissionswerte für Cadmium-Depositionen überschritten werden, um mehr als 250 Meter zu.

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 an den Messergebnissen deutlich sichtbar wurden. Die Messstelle auf einem eingefriedeten und begrünten 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. An den Trendlinien wird erkennbar, in welche Richtung und mit welcher Intensität sich die jeweiligen Schadstoffdepositionen entwickeln.

Nachdem bereits im Vorjahr der gleitende Jahresmittelwert der Blei-Depositionen am Beurteilungspunkt NM4.4 stetig zugenommen hatte und zu Beginn des Jahres 2014 einen Höchstwert von $621 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ erreichte, nahmen die Blei-Depositionen im Verlauf des Jahres zunächst wieder ab, ehe zum Jahresende ähnlich hohe monatliche Depositionen wie am Jahresanfang ermittelt wurden. Der gleitende Jahresmittelwert liegt zum Jahresende am Beurteilungspunkt NM4.4 bei mehr als dem Fünffachen des Immissionswertes der TA Luft.



Abbildung 4: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition

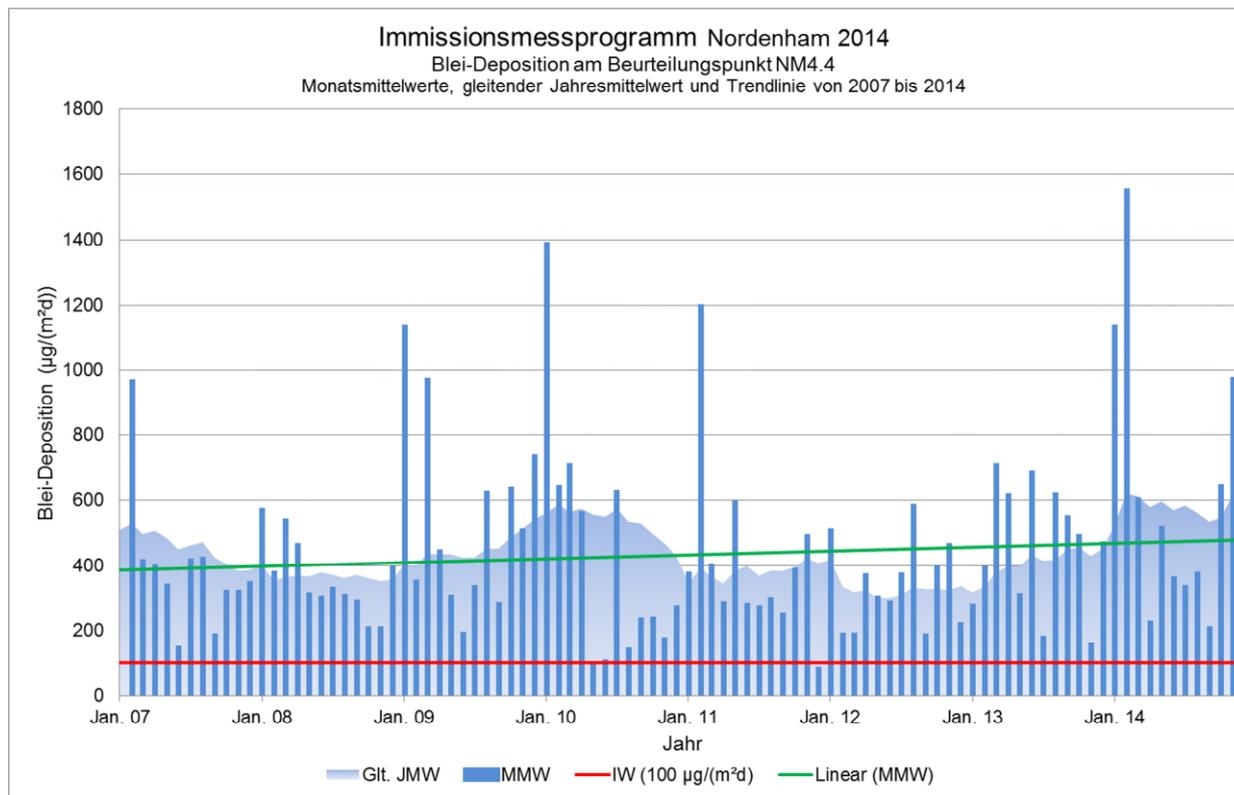
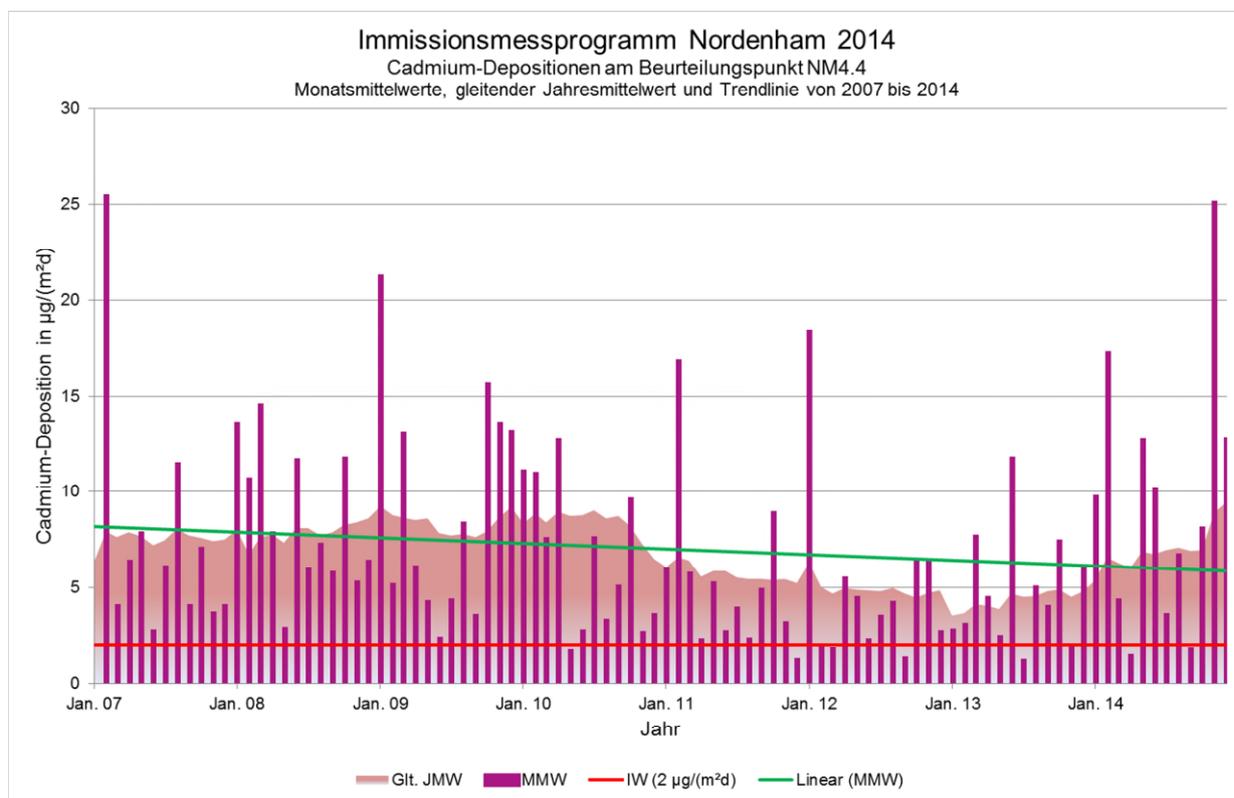


Abbildung 5: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition





Vergleichbar der Blei-Depositionen wird bei den Cadmium-Depositionen ebenfalls ein stetiger Anstieg des gleitenden Jahresmittelwertes seit 2013 am Beurteilungspunkt NM4.4 festgestellt, der sich auch im Jahr 2014 fortsetzt. Bedingt durch einzelne hohe monatliche Depositionswerte (z. B. im November 25,1 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) wurde im Jahresmittel (9,4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) der Immissionswert der TA Luft an diesem Beurteilungspunkt um das Vierfache überschritten.

9.6 PM_{10} -Feinstaub und Staubinhaltsstoffe

Der Jahresmittelwert der PM_{10} -Konzentration lag mit 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei rund 58 % des Immissionsgrenzwertes (siehe Tabelle 8) und damit 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höher als die mittlere Konzentration im Jahr 2013. Das Datenqualitätsziel von mindestens 90 % Datenverfügbarkeit wurde mit 358 Tagesproben, entsprechend 98 %, erreicht. Von beiden Laboren wurde dazu annähernd die gleiche Anzahl an Filterproben analysiert (WMG = 178, ZUS LLG = 180).

Tabelle 8: Jahresmittelwerte 2014 der PM_{10} -Feinstaubkonzentration sowie der Inhaltsstoffe

Komponente	Jahresmittelwert	Einheit
PM_{10}	23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Blei	0,09	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arsen	1,3	ng/m^3
Cadmium	1,8	ng/m^3
Nickel	2,0	ng/m^3

Die Grenzwerte für den Jahresmittelwert der PM_{10} -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 wenn die Messwerte beider Komponenten gegenüber den Vorjahren (2011 – 2013) angestiegen sind. Ein ähnlicher Trend wurde auch an anderen Messorten bei den PM_{10} -Feinstaubkonzentrationen der lufthygienischen Überwachung in Niedersachsen [13] beobachtet. Die Anzahl der Überschreitungen, bei Tagesmittelwerten der PM_{10} -Feinstaubkonzentrationen oberhalb von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bleibt mit 10 Tagen deutlich unter dem zulässigen Grenzwert von 35 Tagen [1, 2]. Mit 0,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lag die Bleikonzentration im Berichtsjahr 2014 deutlich oberhalb des Jahresmittelwertes des Vorjahres (0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Auch bei den Staubinhaltsstoffen Arsen und Cadmium wurden, wie beim Blei, höhere Konzentrationen als im Vorjahr (As 0,9 ng/m^3 ; Cd 0,9 ng/m^3) gemessen. Der Jahresmittelwert der Nickel-Konzentration hat dagegen nur unwesentlich zugenommen.

Die Zielwerte der Staubinhaltsstoffe Arsen (6 ng/m^3), Cadmium (5 ng/m^3) und Nickel (20 ng/m^3) wurden ebenfalls deutlich unterschritten [2].



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 2014 fortgeführt. Ab 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 2014 mit $0,09 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$ bei 26 % des Immissionswertes und damit geringfügig oberhalb der Messwerte des Vorjahres. In Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ (mittlere Messergebnisse der Jahre 2009 bis 2013 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 ($100 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) wurde im Berichtsjahr 2014 an acht von dreiundzwanzig Beurteilungspunkten überschritten. An zwei der acht 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, NM2.6, NM2.7, NM3.2, NM3.3, NM5.2) wurden dagegen Blei-Depositionen mit Messwerten zwischen $20 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ und $44 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$, deutlich unterhalb des Immissionswertes, gemessen.

Die durchschnittliche Blei-Deposition des gesamten Beurteilungsgebietes lag auf dem Vorjahresniveau. In Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ wurde im Jahr 2014 im gesamten Beurteilungsgebiet dagegen eine um etwa 17 % geringere Blei-Deposition ermittelt (siehe Anhang, Tabelle A2).

Bei den Cadmium-Depositionen wurden an drei hüttennahen Beurteilungspunkten (NM4.4, NM4.5, NM10.31) Überschreitungen des Immissionswertes der TA Luft ($2 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) beobachtet. An fünf weiteren Beurteilungspunkten wurde der Immissionswert nur knapp unterschritten. Gegenüber dem Vorjahr erhöhte sich die durchschnittliche Cadmium-Deposition im gesamten Beurteilungsgebiet. Im Vergleich mit einem „Fünfjahresmittelwert“ (siehe Anhang, Tabelle A3) wurde eine Zunahme von rund 7 % bei den durchschnittlichen Cadmium-Depositionen verzeichnet.

Bei der entfernungsabhängigen Auswertung der Depositionsbelastungen ergaben sich bei den Blei- und Cadmium-Depositionen unterschiedliche Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Während die maximalen Entfernungen vom Hüttenstandort, bis zu welcher die jeweiligen Immissionswerte überschritten werden, für die für Blei-Depositionen gleich geblieben sind, weitet



sich die entsprechenden Entfernungen für die Cadmium-Depositionen von 980 m auf 1240 m aus. Im Letzteren spiegelt sich die allgemeine Zunahme der Cadmiumbelastung in Bezug auf das gesamte Beurteilungsgebiet wider. Der Radius um das Hüttengelände lag beim Blei kaum verändert bei 1420 m; beim Cadmium dagegen nahm der Abstand gegenüber 2013 um 260 m zu.

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. Während gegenüber dem Jahr 2013 die durchschnittlichen Zinkbelastungen im Beurteilungsgebiet vergleichbar mit den Cadmium-Depositionen zunahmen, wurde in Bezug auf einen „Fünfjahresmittelwert“ (2009 – 2013) eine leichte Abnahme der Belastung bei den Zink-Depositionen gemessen (siehe Anhang, Tabelle A4).

Die mittlere PM_{10} -Feinstaubkonzentration lag im Berichtsjahr 2014 mit $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über dem Niveau der Vorjahre. Der Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert wurde eingehalten. An 10 von 35 zulässigen sogenannten Überschreitungstagen wurden im Jahr 2014 PM_{10} -Tagesmittelwerte von mehr als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Neben der PM_{10} -Feinstaubkonzentration, wurden auch bei den Elementen Blei, Arsen, Cadmium und Nickel als Bestandteile des PM_{10} -Feinstaubes Unterschreitungen der Grenz- bzw. Zielwerte entsprechend der TA Luft bzw. der 39. BImSchV festgestellt. Gegenüber dem Vorjahr haben sich die Konzentrationen von Arsen, Blei und Cadmium zum Teil aber deutlich erhöht, während die Nickel-Konzentration nur unwesentlich zugenommen hat.

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.

Eine belastbare Begründung für den Anstieg einzelner Immissionswerte an den Messorten im Umfeld der Hüttenanlagen ist auf der Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Informationen und vermutlich auch grundsätzlich nicht möglich. In der Tabelle 1 des Immissionsmessberichtes Nordenham 2014 ist eine Übersicht der anlagen-/betriebsbezogenen Quellarten enthalten. Diese gefassten und teilweise diffusen Quellen sind den jeweiligen Anlagen auch immissionsschutzrechtlich zuzuordnen.



Darüber hinaus 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 die Verkehre, die teilweise den Hütten, teilweise anderen Betrieben z.B. der Baustoffbranche zuzuordnen sind und öffentliche Verkehre aber auch durch meteorologischer Effekte wieder aufgewirbelt und tragen zu den Immissionsmessergebnissen bei (Sekundärimmissionen). Der jeweilige Quellanteil ist nicht quantifizierbar. Bautätigkeiten im Nahbereich der Hütten sowie auf dem Hüttengelände selbst führen durch Bodenbewegungen ebenfalls zu Staub- und damit Schwermetallemissionen.

Diese unterschiedlichen Quellarten beeinflussen je nach Angriffsfläche, Lage und Quellhöhe das Maß der Schwermetallemission. Auf dem Übertragungsweg (Transmission) zum Immissionsmesspunkt sind wiederum verschiedenste Ausbreitungsparameter für die gemessene Immission von Bedeutung:

- Windrichtung, Windstärke, Windstärkenschichtungen, Turbulenzen, Feuchte, Temperatur, ... (meteorologische Einflüsse)
- Strömungshindernisse (Gelände, Bebauung, Bewuchs, Rauigkeiten, ...) führen windrichtungsabhängig z.B. zu „Düseneffekten in Gassen und Leewirbel an Hindernissen etc.
- Messergebnisse sind darüber hinaus prinzipiell mit Unsicherheiten behaftet. (Siehe dazu die Ausführungen in Kapitel 8.2)
- Schließlich besteht bei öffentlich zugänglichen Messpunkten zumindest theoretisch die Möglichkeit von unerkannten Manipulationen; hier gibt es allerdings keine besonderen Verdachtsmomente

Eine Diskussion der Veränderungen an jedem einzelnen Beurteilungspunkt ist nicht zielführend, da die Aussagen nicht belastbar wären. Die Veränderungen hängen von zahlreichen Parametern ab, die nicht quantifizierbar sind. Unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten zeigt sich anhand der Jahresgebietsmittelwerte (JMW im Gebiet; siehe Anhang) ein grundsätzlicher Trend im Beobachtungsgebiet. Danach hat sich im Vergleich zum Vorjahr 2013 und zum Jahresmittel aus 2009 bis 2013 folgende Veränderung ergeben:

Parameter	2014 JMW im Gebiet	2013 JMW im Gebiet	2009-2013 Ø JMW im Gebiet
Staubniederschlag (g/(m ² d))	0,087	0,085	0,078
Bleideposition (µg/(m ² d))	108	112	130
Cadmiumdeposition (µg/(m ² d))	1,8	1,4	1,7
Zinkdeposition (µg/(m ² d))	357	292	369



Die Tabelle zeigt Zunahmen im Vergleich zum Vorjahr 2013 bei allen Messparametern bis auf die Bleideposition. Im Vergleich zum Langzeitjahresmittel (\emptyset JMW im Gebiet) ist aber nur ein Anstieg bezogen auf den Gesamtstaubniederschlag und die Cadmiumdeposition gegeben.

Von den Hütten wurden und werden erhebliche Anstrengungen unternommen, die diffusen Emissionen herrührend von Quellen auf den Hüttengeländen zu minimieren, um dadurch einen entscheidenden Beitrag zu liefern, um zukünftig die Depositionswerte für Blei und Cadmium einzuhalten. Hier sind beispielsweise folgende Maßnahmen zu nennen, die zur Minimierung der diffusen Quellen bereits durchgeführt worden sind bzw. ständig betriebsbegleitend durchgeführt werden:

Zinkhütte

- Reinigen von freien Flächen (Daueraufgabe)
- Verstärkter Einsatz des Sprühwagens (Daueraufgabe)
- Verschließen von Gebäudeöffnungen (Daueraufgabe; nach Stürmen werden die Gebäude auf Beschädigungen überprüft)
- Ausbessern von Straßen und Plätzen (Daueraufgabe; ständiger LKW-Verkehr, Frostschäden)
- Reduzierung des Fahrzeugverkehrs im Werksgelände durch direkte Zufahrt von der Jarofixanlage zur Johannastraße
- Anbindung des Vorstofflagers 2 an die Förderstrecke von der Pier
- Automatische Tore für das Konzentratlager
- Asphaltierung/Ausbesserung der Werkstrasse zur Pier

Bleihütte:

- Schließung der Dachreiter der Raffinationshalle
- Reinigen von freien Flächen (Daueraufgabe)
- Verstärkter Einsatz des Sprühwagens (Daueraufgabe)
- Verschließen von Gebäudeöffnungen (Daueraufgabe; nach Stürmen werden die Gebäude auf Beschädigungen überprüft)
- Ausbessern von Straßen und Plätzen (Daueraufgabe; ständiger LKW-Verkehr, Frostschäden)
- Optimierung des Abhubhandlings

Soweit und solange die Blei- und Cadmiumdepositionswerte die jeweiligen Immissionswerte überschreiten, sind wesentliche Änderungen der Hüttenbetriebe (und der genehmigungsbedürftigen Logistikbetriebe, die mit den betreffenden Schwermetallen umgehen) 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.



Leerseite



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 06.07.2015
- 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 Staubniederschlags 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 Staubniederschlags 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 Staubniederschlags mit Hilfe der Massenspektrometrie (ICP-MS)
- 9 DIN EN 12341 (1999-3) Ermittlung der PM₁₀-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 – PM₁₀-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



Anhang

Tabelle A1: Staubniederschläge 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 – 2013

Beurteilungspunkt	Staubniederschlag in g/(m ² d)						
	Jahr(e)						
	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2009-2013 ¹⁾
NM1.3	0,044	0,039	0,052	0,083	0,041	0,045	0,052
NM2.6	0,181	0,210	0,124	0,161	0,188	0,153	0,167
NM2.7	0,227	0,243	0,154	0,086	0,157	0,145	0,157
NM3.2	0,043	0,033	0,036	0,045	0,040	0,112	0,053
NM3.3	0,115	0,059	0,081	0,050	0,053	0,050	0,059
NM3.4	0,055	0,069	0,059	0,086	0,046	0,100	0,072
NM3.5	0,054	0,052	0,046	0,048	0,054	0,052	0,050
NM3.6	0,123	0,109	0,087	0,087	0,088	0,093	0,093
NM4.3	0,047	0,061	0,056	0,057	0,051	0,047	0,054
NM4.31	0,078	0,068	0,048	0,083	0,056	0,051	0,061
NM4.32²⁾	0,058	0,059	0,039				
NM4.4	0,093	0,069	0,063	0,070	0,081	0,074	0,071
NM4.5	0,068	0,075	0,118	0,069	0,063	0,071	0,079
NM5.2	0,113	0,109	0,114	0,106	0,100	0,114	0,109
NM5.3	0,046	0,043	0,054	0,061	0,046	0,071	0,055
NM5.4	0,071	0,071	0,053	0,087	0,120	0,058	0,078
NM5.6²⁾	0,178	0,046	0,078				
NM6.5²⁾	0,083	0,132	0,082				
NM8.3	0,043	0,051	0,058	0,054	0,053	0,058	0,055
NM8.31	0,103	0,070	0,064	0,063	0,069	0,101	0,074
NM8.4	0,082	0,057	0,058	0,053	0,086	0,126	0,076
NM10.3	0,068	0,061	0,047	0,057	0,051	0,059	0,055
NM10.31	0,086	0,157	0,051	0,070	0,075	0,111	0,093
Gebietsmittelwert	0,087	0,085	0,071	0,074	0,076	0,085	0,078
Abweichung	11,3 % ³⁾						

¹⁾ Fünfjahresmittelwert der Jahre 2009 – 2013

²⁾ Messstelle ab 2012

³⁾ Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2009 - 2013 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



Tabelle A2: Blei-Depositionen 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 – 2013

Beurteilungspunkt	Blei-Depositionen in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						
	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2009-2013 ¹⁾
NM1.3	20	18	18	18	40	52	29
NM2.6	44	62	51	58	68	71	62
NM2.7	38	52	41	39	61	56	50
NM3.2	19	22	22	30	44	57	35
NM3.3	38	34	32	33	53	58	42
NM3.4	79	61	71	63	88	124	81
NM3.5	96	89	116	120	140	149	123
NM3.6	114	110	80	122	172	107	118
NM4.3	108	97	83	185	223	118	141
NM4.31	116	123	96	189	233	138	156
NM4.32²⁾	155	143	139				
NM4.4	583	432	337	408	430	541	429
NM4.5	219	251	268	300	375	315	302
NM5.2	26	64	28	29	49	46	43
NM5.3	126	80	105	138	165	139	125
NM5.4	84	147	105	94	404	189	188
NM5.6²⁾	24	35	42				
NM6.5²⁾	40	42	36				
NM8.3	60	61	54	91	101	95	80
NM8.31	51	57	51	53	60	119	68
NM8.4	90	84	77	92	137	120	102
NM10.3	79	111	87	147	269	122	147
NM10.31	182	280	239	266	307	348	288
Gebietsmittelwert	108	112	98	124	171	148	130
Abweichung	-16,9 % ³⁾						

¹⁾ Fünfjahresmittelwert der Jahre 2009 – 2013

²⁾ Messstelle ab 2012

³⁾ Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2009 - 2013 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



Tabelle A3: Cadmium-Depositionen 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 – 2013

Beurteilungspunkt	Cadmium-Depositionen in µg/(m²d)						
	Jahr(e)						
	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2009-2013 ¹⁾
NM1.3	0,36	0,26	0,36	0,43	0,49	0,77	0,46
NM2.6	0,96	1,11	0,81	1,01	1,12	1,21	1,05
NM2.7	0,52	0,78	0,61	0,58	0,86	0,96	0,76
NM3.2	0,35	0,26	0,25	0,39	0,47	0,65	0,40
NM3.3	0,70	0,41	0,46	0,53	0,70	0,75	0,57
NM3.4	1,25	0,95	1,55	1,19	1,69	1,96	1,47
NM3.5	1,90	1,49	1,73	1,60	1,85	2,25	1,78
NM3.6	1,87	2,19	2,50	1,90	2,88	2,54	2,40
NM4.3	1,33	0,94	0,76	1,24	2,57	1,49	1,40
NM4.31	1,84	1,19	0,95	1,54	2,38	1,73	1,56
NM4.32²⁾	1,89	1,48	1,24				
NM4.4	9,41	4,15	4,84	5,21	6,49	9,15	5,97
NM4.5	4,75	3,51	3,24	3,47	3,03	3,45	3,34
NM5.2	0,39	0,75	0,31	0,38	0,65	0,71	0,56
NM5.3	1,24	0,80	0,63	1,02	1,90	2,00	1,27
NM5.4	1,07	1,57	1,20	1,15	3,59	2,30	1,96
NM5.6²⁾	0,48	0,36	0,49				
NM6.5²⁾	0,47	0,62	0,42				
NM8.3	0,83	0,77	0,55	0,85	1,18	1,19	0,91
NM8.31	0,98	0,83	0,91	0,89	1,03	1,91	1,11
NM8.4	1,92	1,53	2,01	2,00	2,38	2,26	2,04
NM10.3	1,18	1,02	0,86	1,10	2,34	2,23	1,51
NM10.31	3,42	3,58	1,64	2,32	4,75	3,87	3,23
Gebietsmittelwert	1,81	1,40	1,31	1,44	2,12	2,17	1,69
Abweichung	7,4 % ³⁾						

¹⁾ Fünfjahresmittelwert der Jahre 2009 – 2013

²⁾ Messstelle ab 2012

³⁾ Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2009 - 2013 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)



Tabelle A4: Zink-Depositionen 2014 im Vergleich mit den Jahren 2009 – 2013

Beurteilungspunkt	Zink-Depositionen in µg/(m²d)						
	Jahr(e)						
	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2009-2013 ¹⁾
NM1.3	53	43	62	72	92	137	81
NM2.6	185	231	203	155	216	248	210
NM2.7	96	117	101	116	153	153	128
NM3.2	41	43	40	69	98	163	82
NM3.3	102	94	103	86	161	153	119
NM3.4	236	186	330	246	300	376	288
NM3.5	316	308	387	291	366	451	361
NM3.6	486	455	409	334	478	408	417
NM4.3	225	202	170	266	618	369	325
NM4.31	231	169	160	308	499	347	297
NM4.32²⁾	353	364	403				
NM4.4	2475	1402	2034	1899	1754	2269	1872
NM4.5	863	761	887	821	680	763	782
NM5.2	92	143	95	117	227	234	163
NM5.3	164	132	111	165	359	292	212
NM5.4	208	382	168	201	570	613	387
NM5.6²⁾	59	72	69				
NM6.5²⁾	69	116	60				
NM8.3	116	98	83	186	277	208	171
NM8.31	159	150	180	157	187	342	203
NM8.4	354	298	443	450	509	450	430
NM10.3	181	159	147	209	471	343	266
NM10.31	546	476	260	499	1125	624	597
Gebietsmittelwert	357	292	319	332	457	447	369
Abweichung	-3,5 % ³⁾						

¹⁾ Fünfjahresmittelwert der Jahre 2009 – 2013

²⁾ Messstelle ab 2012

³⁾ Abweichung bezogen auf den "Fünfjahresmittelwert" 2009 – 2013 (NM4.32, NM5.6, NM6.5 unberücksichtigt)