



Staatliches Gewerbeaufsichtsamt
Hildesheim



Immissionsmessprogramm Oker – Harlingerode 2021

Staubniederschlag und Staubinhaltsstoffe

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



Niedersachsen

Bericht Nr. 43-22-BI-003

Stand: 30.03.2023

Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim
Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm,
Gefahrstoffe und Störfallvorsorge – ZUS LLGS
Dezernat 43

Postanschrift:
Goslarsche Straße 3
31134 Hildesheim

Dienstgebäude:
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim





Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Allgemeines	5
1.2	Auftraggeber	5
1.3	Anlass und Ziel der Messungen	5
2	Beschreibung der Messaufgabe.....	5
3	Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung	6
3.1	Beurteilungsgebiet	6
3.2	Beurteilungspunkte	6
3.3	Emissionsquellen.....	6
4	Messplanung	7
4.1	Messkomponenten	7
4.2	Geräteeinsatz	8
4.3	Probenahmezyklen	8
5	Beurteilungsgrundlagen	9
6	Durchführung der Messungen und Analysen	10
6.1	Staubniederschlagsmessungen.....	10
6.2	Staubinhaltsstoffanalyse	10
7	Qualitätssicherung.....	10
7.1	Datenverfügbarkeit	10
7.2	Messunsicherheit.....	10
8	Ergebnisse	11
8.1	Staubniederschlag	13
8.2	Arsen-Deposition	13
8.3	Blei-Deposition.....	13
8.4	Cadmium-Deposition	13
8.5	Nickel-Deposition.....	14
8.6	Thallium-Deposition	14
9	Langzeitentwicklung der Depositionsbelastung	14
10	Zusammenfassung.....	17
11	Literatur	19



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der Beurteilungspunkte im Beurteilungsgebiet Oker-Harlingerode	7
Abbildung 2:	Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition an OG11	15
Abbildung 3:	Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition an OG61	15
Abbildung 4:	Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition an OG11	16
Abbildung 5:	Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition an OG61	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	UTM-Koordinaten (ETRS89) der Beurteilungspunkte und Entfernungsangaben zur nächstgelegenen Wohnbebauung sowie Angabe zur Gebietseinstufung anhand der derzeitigen Nutzung	8
Tabelle 2:	Immissionswert für Staubniederschlag nach (TA Luft, Nr. 4.3.1, Tabelle 2)	9
Tabelle 3:	Immissionswerte für Schadstoffdepositionen (TA Luft, Nr. 4.5.1, Tabelle 6)	9
Tabelle 4:	Depositionswerte (TA Luft, Nr. 4.8, Tabelle 8, für Ackerböden und Grünland)	9
Tabelle 5:	Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2021 in der Wohnbebauung	11
Tabelle 6:	Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2021 außerhalb der Wohnbebauung	12

Anhang

Tabelle A1:	Staubniederschläge 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	20
Tabelle A2:	Arsen-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	21
Tabelle A3:	Blei-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	22
Tabelle A4:	Cadmium-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	23
Tabelle A5:	Nickel-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	24
Tabelle A6:	Thallium-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020	25



1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Seit 1977 werden im Umfeld der ehemaligen Bleihüttenanlagen in Oker-Harlingerode die Staubniederschläge sowie die hüttentypischen Blei- und Cadmium-Depositionen überwacht. Ab dem Jahr 2009 sind weitere Elemente, die im Rahmen der routinemäßigen Analysen auffällig geworden waren, mit in die Untersuchungsaufgabe aufgenommen worden. Die labortechnischen Immissionsuntersuchungen werden von der Zentralen Unterstützungsstelle Luftreinhaltung, Lärm, Gefahrstoffe und Störfallvorsorge (ZUS LLGS) im Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim durchgeführt. Über die Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen und der Schadstoffdepositionsanalysen wird jährlich anhand der aktuellen Messdaten berichtet. Daneben werden die Ergebnisse mit den Kenngrößen aus den zurückliegenden Jahren verglichen und anhand der geltenden Immissionswerte bewertet.

Ende Januar 2001 wurden am ehemaligen Hüttenstandort Oker-Harlingerode die letzten Betriebseinheiten der Firma Harz-Metall GmbH zur industriellen Bleierzeugung stillgelegt. Zurzeit wird nur noch die Akkuschrottaufbereitungsanlage (ASA) als einziges Verfahren, in dem bleihaltige Abfallstoffe verarbeitet werden, weiter betrieben. Neben feinkörniger Bleipaste werden auch grobe Pasten (Überkorn) und metallisches Blei (Shreddergut) hergestellt.

1.2 Auftraggeber

Die Immissionsmessungen werden in Absprache mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Braunschweig als Genehmigungs- und Überwachungsbehörde im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes [1] und der ersten allgemeinen Verwaltungsvorschrift (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) [2] durchgeführt.

1.3 Anlass und Ziel der Messungen

Da die Immissionsuntersuchungen im Umfeld der ehemaligen Hüttenanlage in den letzten Jahren, insbesondere bei den hüttenspezifischen Schadstoffdepositionen Blei und Cadmium, noch Überschreitungen der Immissionswerte zeigten, wurden die Messungen auch im Jahr 2021 weitergeführt. Ziel der Immissionsüberwachung ist es, die aktuell vorhandenen Belastungen aufzuzeigen und die langfristige Entwicklung der Immissionsituation zu dokumentieren.

2 Beschreibung der Messaufgabe

Anhand von Staubniederschlagsmessungen soll die Immissionsbelastung durch sedimentierende Partikel in der Nachbarschaft der ehemaligen Bleihütte fortwährend bewertet werden. Neben dem Staubniederschlag werden die Staubinhaltsstoffe Blei und Cadmium sowie weitere Elemente routinemäßig analytisch bestimmt. Zusätzlich zu den hüttenspezifischen Schadstoffdepositionen Blei und Cadmium sind ab dem Jahr 2009 die Arsen- und Nickel-Depositionen und ab 2011 auch die Thallium-Depositionen im Bericht mit aufgeführt.

Wegen der zum Teil unmittelbar an das Werksgelände angrenzenden Wohnbebauung werden die Messungen überwiegend im Nahbereich rund um das ehemalige Hüttengelände durchgeführt.



3 Beschreibung der Messstellen, Messstellenumgebung

3.1 Beurteilungsgebiet

Das nähere Umfeld um die industriell geprägte ehemalige Hüttenanlage in Oker bildet den Kern des Beurteilungsgebiets, siehe Abbildung 1. Westlich und südlich schließen sich dörfliche bis kleinstädtische Strukturen an das Hüttengelände an.

3.2 Beurteilungspunkte

Die Auswahl der Beurteilungspunkte berücksichtigt sowohl die Beurteilungsmöglichkeit der Hintergrundbelastung (nordwestlich gelegene Messstelle OG7) als auch die Belastung des Kerngebietes im näheren Umkreis um das ehemalige Hüttengelände. Mit Hilfe des am weitesten östlich gelegenen Beurteilungspunkts OG9 werden die Immissionen im Lee der ehemaligen Hüttenanlage, in Hinblick auf die Belastung des an das Industriegelände angrenzenden Ortsteils Harlingerode, überwacht. Am Beurteilungspunkt OG5 werden mit zwei separaten Probenahmeeinrichtungen Doppelbestimmungen zur Qualitätssicherung durchgeführt. Dieser Messpunkt, auf einer im Laufe der letzten Jahre mit Birken bewachsenen Freifläche gelegen, wurde im April 2018 um eine Doppelmessstelle erweitert. Der zusätzliche Messpunkt wurde etwas außerhalb des Baumbewuchses aufgestellt und erhielt die Bezeichnung OG5CD. Um auch die Belastung im Ortsteil Göttingerode zu erfassen, wurde dort von Juli 2018 bis Dezember 2021 ein weiterer Messpunkt (OGGE) betrieben. Insgesamt befanden sich somit an 14 Standorten 15 Messstellen.

In der folgenden Abbildung 1 wird die Lage der Beurteilungspunkte dargestellt. Die nachfolgende Tabelle 1 enthält eine Auflistung der Beurteilungspunkte mit den Breiten- und Längengraden auf der Grundlage des UTM-Koordinatensystems (ETRS89), sowie eine Gebietseinstufung gemäß TA Luft (Nr. 4.5.1, Tabelle 6 und Nr. 4.8, Tabelle 8) unter Berücksichtigung der derzeitigen Nutzung.

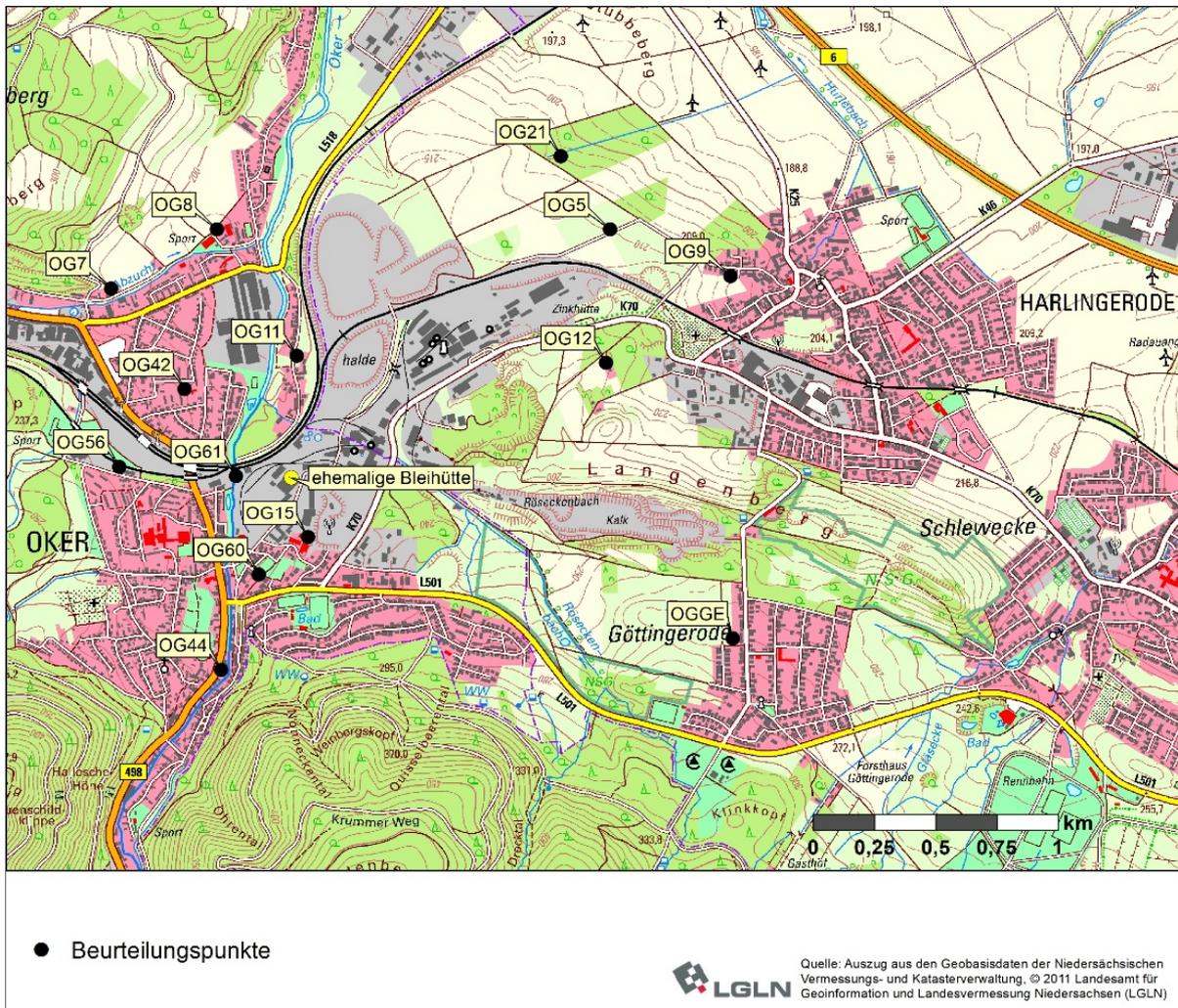
3.3 Emissionsquellen

Im Ortsgebiet von Oker war einst die Bleihütte im Werksverbund mit der Zinkhütte die flächenmäßig größte Industrieansiedlung. Da der Blei produzierende Betrieb eingestellt und dieser Teil des Industriekomplexes stark zurückgebaut wurde, sind die wesentlichen Quellen für die primär zu überwachenden Schadstoffdepositionen Blei und Cadmium nicht mehr vorhanden. Dennoch bleibt das Hauptaugenmerk auf die Stoffe von hüttentypischen Emissionen gerichtet, da insbesondere die schädlichen Bodenveränderungen und die oberflächennahen Altlasten im Umfeld des einstigen Hüttenbetriebes weiterhin als temporäre Quellen in Betracht kommen. Des Weiteren existiert auf dem ehemaligen Hüttengelände auch ein Recyclingbetrieb für elektrische Haushalts- und Großgeräte.

Weil in den letzten Jahren an einzelnen Immissionsorten die Immissionswerte nach TA Luft für einzelne Stoffe nicht eingehalten wurden, hat das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Braunschweig im Rahmen des Projektes Immissionsbeschwerden Oker-Harlingerode (PRIBOH) veranlasst, die Immissionsanteile der Unternehmen ermitteln zu lassen (Ausbreitungsrechnung). Dabei wurde berechnet, wie sich die Emissionen, die im Rahmen der regelmäßigen Emissionsmessungen durch anerkannte Messstellen ermittelt wurden, räumlich im Gebiet Oker-Harlingerode ausbreiten. Die Topographie und die lokalen Windverhältnisse wurden dabei berücksichtigt. Die Ergeb-

nisse zeigen, dass die Emissionen aus den gefassten Emissionsquellen der betrachteten Unternehmen nur in geringem Ausmaß zu den Depositionen beitragen, die in den Bergerhoff-Gefäßen gemessen werden. Die Ursache der gemessenen Schadstoffdepositionen liegt daher entweder in der vorhandenen Belastung der Böden, den Altlasten oder in diffusen Emissionsquellen. Um hierüber weitere Erkenntnisse zu erhalten, wurden im Bereich des „Kalten Feldes“ im Jahr 2021 zusätzliche Bergerhoff-Gefäße aufgestellt. Weitere Informationen können der Internetseite des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Braunschweig entnommen werden: Projekt Immissionsbeschwerden Oker-Harlingerode [3].

Abbildung 1: Lage der Beurteilungspunkte im Beurteilungsgebiet Oker-Harlingerode



Karte im Maßstab 1:30.000 – Die Markierung „OG5“ in der Karte umfasst die Standorte OG5 und OG5C/D im Brachland

4 Messplanung

4.1 Messkomponenten

Neben der gravimetrischen Bestimmung des Staubbiederschlags werden die Staubinhaltsstoffe in den Niederschlagsproben ermittelt. Der Fokus liegt dabei auf den in der TA Luft genannten Schadstoffdepositionen. Aufgrund der angewendeten Untersuchungsmethode, einer Multielement-Analyse mittels ICP-MS, werden neben den Elementen Arsen, Blei und Cadmium auch Nickel und Thallium routinemäßig mit ausgewertet.



4.2 Geräteinsatz

Die Niederschlagsuntersuchungen werden gemäß der Bergerhoff-Methode entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] durchgeführt. An den insgesamt 15 Messstellen werden identische Probenahmegeräte mit Auffanggefäßen eingesetzt (Bergerhoff-Geräte), wobei zwei Messstellen für Doppelbestimmungen ausgerüstet sind. Als Sammelgefäße dienen 1,8-Liter-Auffanggefäße aus Kunststoff.

4.3 Probenahmezyklen

Der Probenahmezeitraum bei der Einzelmessung zur Bestimmung des Staubniederschlags beträgt ca. einen Monat (30 +/- 2 Tage). Die etwa im Monatsrhythmus erzeugten Einzelprobenergebnisse werden zur Bewertung der Staubniederschlagsimmissionen zu einem Jahresmittelwert für das jeweilige Kalenderjahr zusammengefasst [2].

Tabelle 1: UTM-Koordinaten (ETRS89) der Beurteilungspunkte und Entfernungsangaben zur nächstgelegenen Wohnbebauung sowie Angabe zur Gebietseinstufung anhand der derzeitigen Nutzung

Messstellen- bezeichnung	X-Wert (m)* Rechtswert	Y-Wert (m)* Hochwert	Abstand zur Wohnbebauung**	Gebietseinstufung
OG5	32603586	5752374	420 m	Grünland/Brachland
OG5CD	32603590	5752371	430 m	Grünland/Brachland
OG7	32601585	5752142	-	Wohngebiet
OG8	32601994	5752379	-	Wohngebiet
OG9	32604142	5752178	-	Wohngebiet
OG11	32602320	5751851	-	Wohngebiet
OG12	32603577	5751821	440 m	Grünland/Brachland
OG15	32602366	5751092	80 m	Gewerbegebiet
OG21	32603419	5752704	560 m	Grünland/Brachland
OG42	32601860	5751712	-	Wohngebiet
OG44	32602011	5750541	-	Wohngebiet
OG56	32601579	5751392	60 m	Gewerbegebiet
OG60	32602165	5750936	-	Wohngebiet
OG61	32602073	5751355	80 m	Grünland
OGGE	32604102	5750671	-	Wohngebiet

*) alle Koordinaten liegen in der Zone 32-Nord

**) Entfernungsangaben der Beurteilungspunkte zu den nächst gelegenen Wohnsiedlungen



5 Beurteilungsgrundlagen

Die nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 zeigen die Immissionswerte, die zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen bzw. zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdepositionen in der TA Luft [2] festgelegt sind. Die Depositionswerte der Tabelle 3 stellen im Regelfall den Schutz von Kinderspielflächen und Wohngebieten sicher. Für die Beurteilung anderer Flächen sind die in Tabelle 4 angegebenen höheren Depositionswerte maßgeblich.

Tabelle 2: Immissionswert für Staubbiederschlag nach (TA Luft, Nr. 4.3.1, Tabelle 2)

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

Tabelle 3: Immissionswerte für Schadstoffdepositionen (TA Luft, Nr. 4.5.1, Tabelle 6)
(Kinderspielflächen und Wohngebiete)

Stoff/Stoffgruppe	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Bezugszeitraum
Arsen und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Arsen	4 µg/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr
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
Nickel und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Nickel	15 µg/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr
Thallium und seine anorganischen Verbindungen, angegeben als Thallium	2 µg/(m ² d)	Jahr	Kalenderjahr

Tabelle 4: Depositionswerte (TA Luft, Nr. 4.8, Tabelle 8, für Ackerböden und Grünland)

Stoff/Stoffgruppe	Ackerböden	Grünland
Arsen	1 170 µg/(m ² d)	60 µg/(m ² d)
Blei	185 µg/(m ² d)	1 900 µg/(m ² d)
Cadmium	2,5 µg/(m ² d)	32 µg/(m ² d)
Thallium	7 µg/(m ² d)	25 µg/(m ² d)



6 Durchführung der Messungen und Analysen

6.1 Staubbiederschlagsmessungen

Die Messungen werden entsprechend der VDI-Richtlinie 4320 Blatt 2 [4] durchgeführt. Zur Probenahme werden die Auffanggefäße in speziellen Halterungen (Bergerhoff-Geräte) für etwa einen Monat im freien Gelände exponiert und beim Transport von und zur Messstelle jeweils mit Deckeln dicht verschlossen. Im Labor werden die Massen der getrockneten Rückstände in Gramm (g) der Proben ausgewogen und in Bezug auf die Expositionsdauer in Tagen (d) und der Öffnungsfläche des Sammelgefäßes in Quadratmeter (m²) als Staubbiederschlag in g/(m²d) angegeben.

6.2 Staubinhaltsstoffanalyse

Der Trockenrückstand wird im Labor einem oxidierenden Mikrowellenaufschluss mittels Salpetersäure und Wasserstoffperoxid unterzogen. Die anschließende Bestimmung der Staubinhaltsstoffe Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Thallium wird, ebenso wie der zuvor beschriebene Aufschluss, entsprechend der Norm DIN EN ISO 15841 [5] (ICP-MS) bzw. VDI 2267 Blatt 2 [6] und den dazugehörigen Standardarbeitsanweisungen durchgeführt. Die Ergebnisangabe der Schadstoffdeposition erfolgt ebenfalls in Bezug auf die Expositionsdauer und der Öffnungsfläche des Sammelgefäßes in µg/(m²d).

7 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung der Staubbiederschlagsuntersuchungen wurde im Hinblick auf die Datenqualitätsziele „Datenverfügbarkeit und Messunsicherheit“ vorgenommen.

7.1 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit bei den Staubbiederschlagsuntersuchungen lag im Jahr 2021 über alle Beurteilungspunkte insgesamt bei 99 %. Bei den Doppelbestimmungen am Beurteilungspunkt OG5 konnten aktuell alle zwölf Monatsproben zum Vergleich der Analytik und für die Berechnung der Messunsicherheit herangezogen werden.

7.2 Messunsicherheit

Für die Berechnung der Messunsicherheiten bei den Niederschlagsproben werden die Ergebnisse der Doppelbestimmungen vom Beurteilungspunkt OG5 für die Endfassung des Berichtes aktuell ermittelt. Die erweiterte Messunsicherheit wird für alle Komponenten aus den jeweiligen parallelen Datenreihen entsprechend des Anhangs B der DIN EN ISO 20988 – Berechnungsmethode A 6 – [7] berechnet

Beim Staubbiederschlag beträgt die erweiterte Messunsicherheit für den einzelnen Monatswert ca. 38,3 % bei 0,07 g/(m²d)), bezogen auf einen Mehrjahresmittelwert von 2017 bis 2021.

Für die Staubinhaltsstoffe Arsen, Blei, Cadmium und Nickel ergaben sich erweiterte Messunsicherheiten zwischen 19 % und 31 %, jeweils in Bezug auf die ermittelten Mehrjahresmittelwerte von 2017 bis 2021. (Arsen 31 % bei 1,3 µg/(m²d); Blei 21 % bei 292 µg/(m²d); Cadmium 29 % bei 7,6 µg/m²d); Nickel 19 % bei 40 µg/(m²d).



8 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 5 werden die Messergebnisse der Staubbiederschlagsuntersuchungen an den Beurteilungspunkten innerhalb der angrenzenden Wohngebiete für das Berichtsjahr 2021 dargestellt. Die Jahresmittelwerte sind nach Anwendung der Rundungsregel (TA Luft, Nr. 2.9) anhand der Immissionswerte gemäß TA Luft zu bewerten, siehe Kapitel 5. Für eine bessere Differenzierung sind die Jahresmittelwerte der Arsen-, Cadmium- und Nickel-Depositionen mit einer Dezimalstelle sowie die Thallium-Depositionen mit zwei Dezimalstellen mehr als der Immissionswert aufgeführt. Immissionswerte, die eingehalten oder unterschritten wurden, sind grün gekennzeichnet.

Bei allen Messpunkten, die in Wohngebieten liegen, wurden 2021 die Immissionswert der TA Luft eingehalten.

Tabelle 5: Jahresmittelwerte des Staubbiederschlags und der Depositionen 2021 in der Wohnbebauung

Beurteilungs- punkt	Staub	Arsen	Blei	Cadmium	Nickel	Thallium	Proben/ Jahr
	g/(m ² d)	µg/(m ² d)					Anzahl
OG7	0,04	0,6	12	0,5	2,2	0,02	11
OG8	0,05	0,9	17	0,2	2,1	0,03	12
OG9	0,03	0,6	53	1,1	5,1	0,03	12
OG11	0,06	2,5	88	0,8	2,4	0,12	11
OG42	0,05	0,5	18	0,3	1,9	0,02	12
OG44	0,07	0,6	23	0,2	2,0	0,02	12
OG60	0,04	0,4	43	0,4	1,5	0,02	12
OGGE	0,06	0,5	13	0,6	1,0	0,03	11
Immissions- werte ¹⁾	0,35	4	100	2	15	2	-

1) Immissionswerte gem. TA Luft, Nr. 4.3.1 und 4.5.1; Beurteilungspunkte in der Wohnbebauung

In der folgenden Tabelle 6 werden die Ergebnisse der Staubbiederschlagsuntersuchungen an den Beurteilungspunkten außerhalb der Wohngebiete für das Berichtsjahr 2021 dargestellt. Die Jahresmittelwerte sind anhand der Immissionswerte gemäß TA Luft zu bewerten, siehe Kapitel 5. Überschreitungen der Immissionswerte der TA Luft sind mit Fußnoten gekennzeichnet. Im Rahmen der Sonderfallprüfung nach Nummer 4.8 der TA Luft können sich dabei andere Einstu-



fungen ergeben. So liegen z.B. die Beurteilungspunkte OG5 und OG5CD außerhalb der Wohnbebauung auf einer Grünfläche in einer Art Brachland. Daher sind die an diesen Punkten gemessenen Belastungswerte eher für einen Vergleich mit den Immissionswerten für Grünland geeignet. Die Anwendung der Tabelle 4 dieses Berichtes (Tabelle 8 der TA Luft) ergibt, dass bei Blei mit $1900 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ im Falle von Grünland der Depositionswert für die Beurteilung einer schädlichen Umwelteinwirkung mit $251 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ im Falle von OG5CD nur zu ca. 13 % ausgeschöpft wird.

Tabelle 6: Jahresmittelwerte des Staubniederschlags und der Depositionen 2021 außerhalb der Wohnbebauung

Beurteilungspunkt	Staub	Arsen	Blei	Cadmium	Nickel	Thallium	Proben/Jahr
	$\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$					Anzahl
OG5	0,07	1,1	186 ¹⁾	3,8 ²⁾	30,2 ³⁾	0,03	12
OG5CD	0,06	1,2	251 ¹⁾	6,1 ²⁾	41,3 ³⁾	0,04	11
OG12	0,04	0,5	88	1,0	5,3	0,02	12
OG15	0,04	0,5	64	0,8	1,7	0,05	12
OG21	0,05	0,6	92	1,0	2,7	0,03	12
OG56	0,04	0,6	24	0,4	1,5	0,02	12
OG61	0,04	0,4	46	0,8	1,5	0,02	10
Immissionswerte ⁴⁾ (Grünland)	-	60	1900	32	-	25	-

1) Keine Überschreitung der Immissionswerte gem. TA Luft, da für Blei und Grünland ein Depositionswert von $1900 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ anzuwenden ist

2) Keine Überschreitung der Immissionswerte gem. TA Luft, da für Cadmium und Grünland ein Depositionswert von $32 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ anzuwenden ist

3) In der Tabelle 8 der TA Luft mit Immissionswerten für verschiedene Schadstoffdepositionen für Grünland und für Ackerflächen ist kein Beurteilungswert für Nickel genannt. Keine Anwendung des Immissionswertes gem. TA Luft Nr. 4.5.1, da der Schutz von Kinderspielplätzen und Wohnbebauung an den Punkten außerhalb von Wohngebieten nicht im Vordergrund steht.

4) Immissionswerte gem. TA Luft, Nr. 4.8, Tabelle 8

Die Anwendung der Tabelle 4 dieses Berichtes (Tabelle 8 der TA Luft) ergibt, dass bei Cadmium mit $32 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ im Falle von OG5CD und Grünland der Depositionswert für die Beurteilung einer schädlichen Umwelteinwirkung mit $6,1 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ zu ca. 19 % ausgeschöpft wird.

Für Nickel findet für die außerhalb der Wohnbebauung liegenden Beurteilungspunkte keine Anwendung der Immissionswerte gem. TA Luft statt, da hier aufgrund der Lage und der Nutzung der Schutz von Kinderspielplätzen und Wohnbebauung nicht im Vordergrund steht (vgl. Tabelle 1). Ein Depositionswert für Nickel ist in der Tabelle 8 der TA Luft nicht vorgesehen.



Bei der Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass die Immissionswerte, die zum Vergleich herangezogen werden, zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich des Schutzes vor schädlichen Bodenveränderungen, unter Annahme einer tolerierbaren Anreicherung über einen langen Zeitraum von 200 Jahren und unter Berücksichtigung verschiedener Bodennutzungen (z. B. Böden in Siedlungsgebieten (Kinderspielflächen), Acker, Grünland) und Wirkungspfade (Boden-Mensch, Boden-Pflanze, Boden-Grundwasser) aufgestellt wurden.

Für eine Diskussion der Emissionsquellen vgl. auch Abschnitt 3.3.

8.1 Staubbiederschlag

Im Jahr 2021 lag die durchschnittliche Staubbiederschlagsbelastung im Beurteilungsgebiet mit $0,05 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$ unter dem Niveau des Vorjahres. Da die mittlere Staubbiederschlagsbelastung im gesamten Beurteilungsgebiet nur bei 14 % des Immissionswertes der TA Luft lag, wurde der Immissionswert für den Staubbiederschlag ($0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$) auch an allen Beurteilungspunkten sicher unterschritten (siehe Tabellen 5 bis 6 und Anhang, Tabelle A1).

8.2 Arsen-Deposition

Die Arsen-Depositionen sind im Mittel über das gesamte Beurteilungsgebiet gegenüber dem Vorjahr gesunken; vor allem an Beurteilungspunkt OG7 lag der Wert, nach der Überschreitung im Vorjahr, wieder unter dem Immissionswert der TA Luft. An drei weiteren Beurteilungspunkten (OG5, OG8 und OG60) hat sich die Arsenbelastung auch deutlich vermindert (Anhang, Tabelle A2). Dagegen hat im Jahresmittel die Arsen-Deposition an Messpunkt OG11 auf $2,5 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ im Jahr 2021 zugenommen, da im September eine erhöhte Belastung an diesem Messpunkt auftrat. Vermutliche Ursache könnten Erdarbeiten in diesem Monat in der näheren Umgebung gewesen sein: Der Beurteilungspunkt OG11 liegt im „Bodenplanungsgebiet Harz im Landkreis Goslar“ im Teilgebiet 1, einem Bereich mit besonderer Bodenbelastung [8]. Insofern kann die durch hohe Einträge im Monat September hervorgerufene Überschreitung des Immissionswertes (Jahresmittel) möglicherweise auf in diesem Monat aufgetretene Bodenverwehungen infolge von Bautätigkeiten zurückgeführt werden.

Der Immissionswert für Arsen-Depositionen wird an allen Beurteilungspunkten eingehalten.

8.3 Blei-Deposition

Die durchschnittliche Blei-Deposition des gesamten Beurteilungsgebietes ist gegenüber dem Vorjahr um 35 % gesunken. Mit Ausnahme des Messpunktes OG11 (Zunahme um 22 %) – wie beim Arsen wurde hier für September eine erhöhte Belastung ermittelt (siehe oben) – liegen alle anderen Messpunkte unter ihrem jeweiligen Vorjahreswert. Die Einzelbetrachtung der Messpunkte innerhalb der Wohnbebauung oder auf Grün- und Brachlandflächen zeigt keine Überschreitung der jeweils geltenden Immissionswerte (Anhang, Tabelle A3). Für den Gebietsmittelwert 2021 ergibt sich eine deutliche Abnahme, bezogen auf den Mittelwert des fünfjährigen Vergleichszeitraums.

8.4 Cadmium-Deposition

Für die Cadmium-Deposition ergibt sich an den einzelnen Messpunkten, gegenüber dem Vorjahr eine überwiegend abnehmende Tendenz. Auch der Gebietsmittelwert 2021 fällt niedriger aus, als



der im Vorjahr oder der des Vergleichszeitraums (Anhang, Tabelle A4). Sowohl für die Messpunkte innerhalb der Wohnbebauung als auch für die auf Grün- und Brachlandflächen werden die Immissionswerte der TA Luft eingehalten.

8.5 Nickel-Deposition

Mit Ausnahme der Messpunkte OG5/OG5CD wurde an allen übrigen Beurteilungspunkten der Immissionswert (nach TA Luft, Nr. 4.5.1) für die Nickel-Deposition sicher unterschritten. Messpunkt OG5/OG5CD liegt auf einer Brachfläche. In der Tabelle 8 der TA Luft mit Immissionswerten für verschiedene Schadstoffdepositionen für Grünland und für Ackerflächen ist kein Beurteilungswert für Nickel genannt.

Am Messpunkt OG5 treten seit dem Jahr 2011 deutlich erhöhte Nickel-Depositionen auf. Der Immissionswert der TA Luft für Wohngebiete ($15 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$), der hier nicht zur Anwendung kommt (s.o.), wäre im Jahr 2021 um das Doppelte überschritten, in anderen Jahren um das bis zu 3,5-fache (Anhang, Tabelle A5). Auch der Wert für die zulässige Fracht über alle Wirkungspfade (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [9], Anhang 2, Nr. 5) von $100 \text{ g}/(\text{ha}\cdot\text{a})$, entsprechend $27 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$, wird überschritten. In den letzten sechs Jahren liegen die an diesem Punkt gemessenen Jahresmittelwerte über dieser Richtgröße. Im aktuellen Berichtsjahr wurde mit $30,2 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ eine Abnahme der Nickel-Deposition gemessen. Am Parallelmesspunkt OG5CD lag die Nickel-Deposition mit $41,3 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ noch über OG5, aber ebenfalls unter dem Vorjahreswert.

8.6 Thallium-Deposition

Die Thallium-Depositionen haben in Bezug auf den Immissionswert bereits seit dem Jahr 2014 keine Relevanz mehr. Die mittlere Belastung im Beurteilungsgebiet liegt unter 2 % des Immissionswertes der TA Luft. Seit dem Abriss der Hütten-Laugerei scheint auch am Beurteilungspunkt OG15 keine nennenswerte Thalliumquelle mehr vorhanden zu sein [10].

9 Langzeitentwicklung der Depositionsbelastung

Die folgenden Abbildungen (2 und 4 für OG11, 3 und 5 für OG61) zeigen anhand der gleitenden Jahresmittelwerte (gl. JMW) die Entwicklung der Blei- und Cadmium-Depositionen in der Kielschen Straße (OG11), einem Wohnbereich an einer angrenzenden Halde, und an Messpunkt OG61, der am Flusslauf der Oker unmittelbar am ehemaligen Hüttengelände angrenzt, dargestellt über einen Zeitraum von 8 Jahren. Neben den gleitenden Jahresmittelwerten enthalten die Abbildungen die Monatswerte der Depositionen (MMW) als Balken. Die y-Achse der Grafiken ist an die Höhe des jeweiligen Immissionswertes angepasst.

Seit Mitte 2016 liegt der gleitende Jahresmittelwert für die Blei-Deposition an OG11 unter dem Immissionswert der TA Luft. Im aktuellen Berichtsjahr wurde für die Blei-Deposition im September das Maximum der Monatswerte dieses Jahres gemessen. Diese Belastungsspitze findet sich nicht in den Messwerten am Punkt OG61. Eine Überschreitung der Immissionswerte (bzgl. Wohngebiet bzw. Grünland) resultiert daraus weder an OG11 (Wohngebiet) noch an OG61 („Grünland“).



Die Langzeitentwicklung der Cadmium-Deposition an den beiden Messpunkten ist vergleichbar zum Verlauf der Blei-Belastung. Gegenüber dem Vorjahr ist die mittlere Cadmium-Belastung am Messpunkt OG61 weiter rückläufig. An beiden Messpunkten, deutlicher für OG61, liegt die mittlere Belastung für Cadmium aber immer noch unter dem jeweils zulässigen Immissionswert.

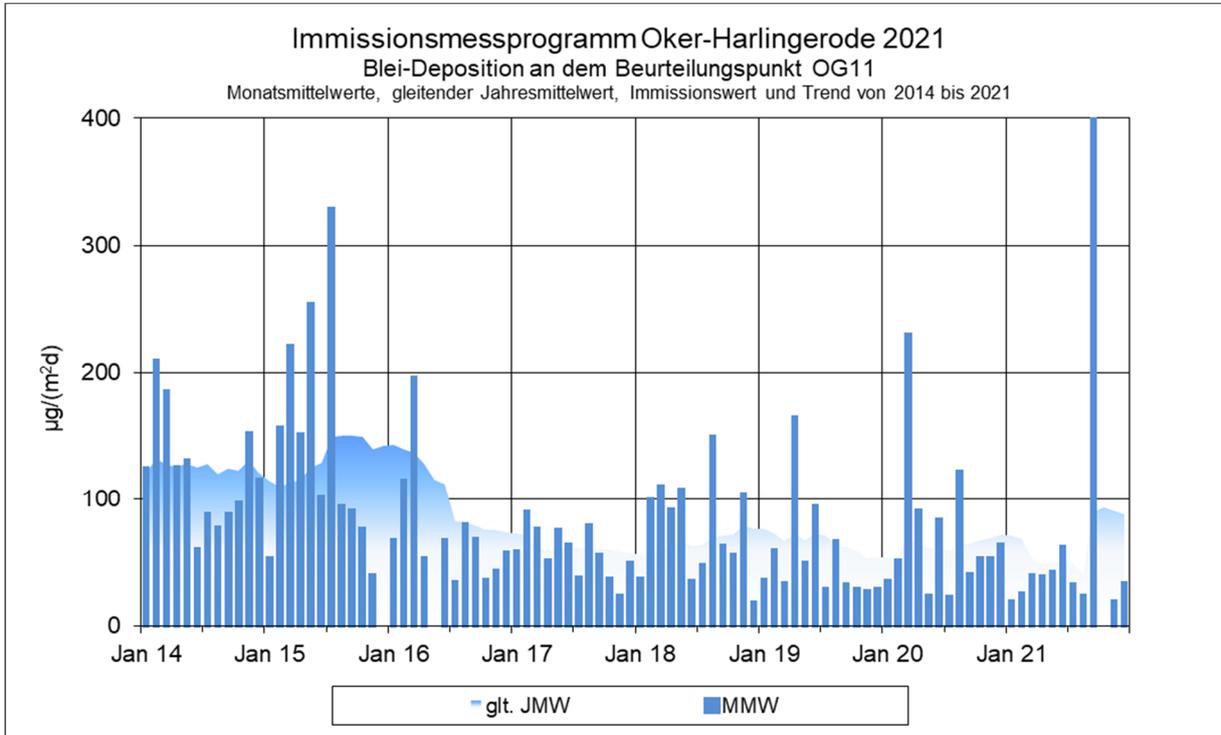


Abbildung 2: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition an OG11

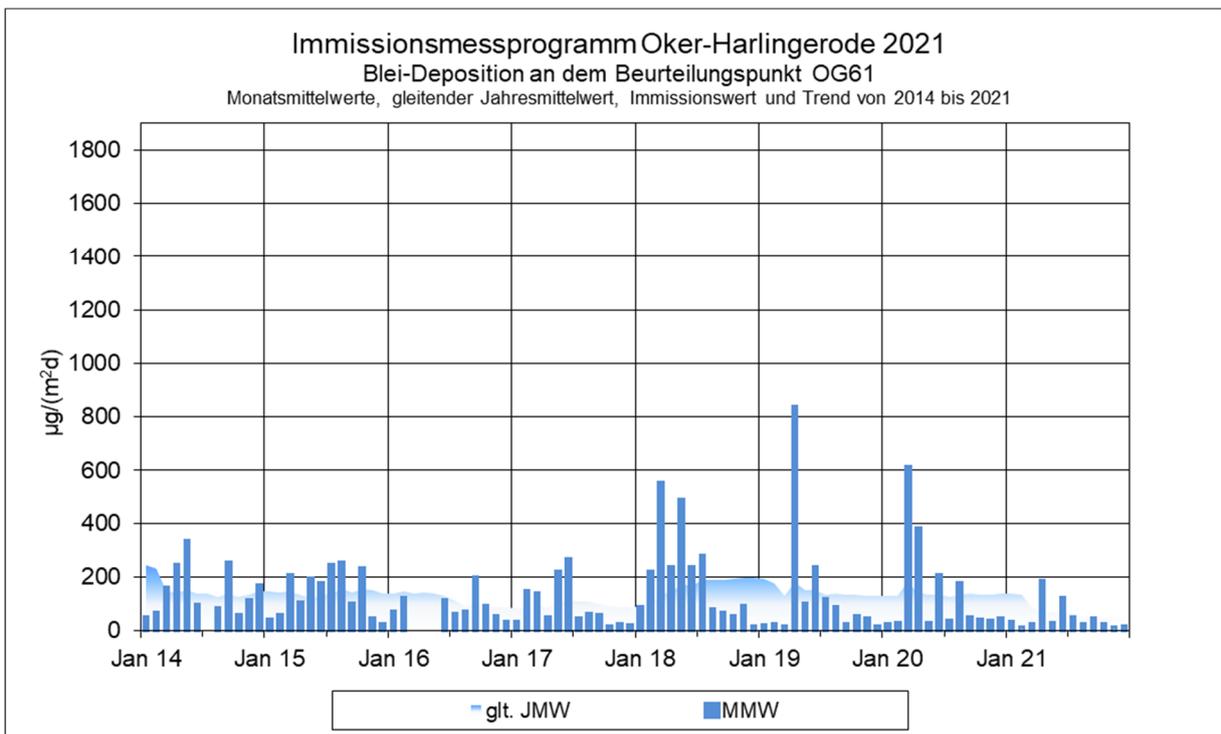


Abbildung 3: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Blei-Deposition an OG61

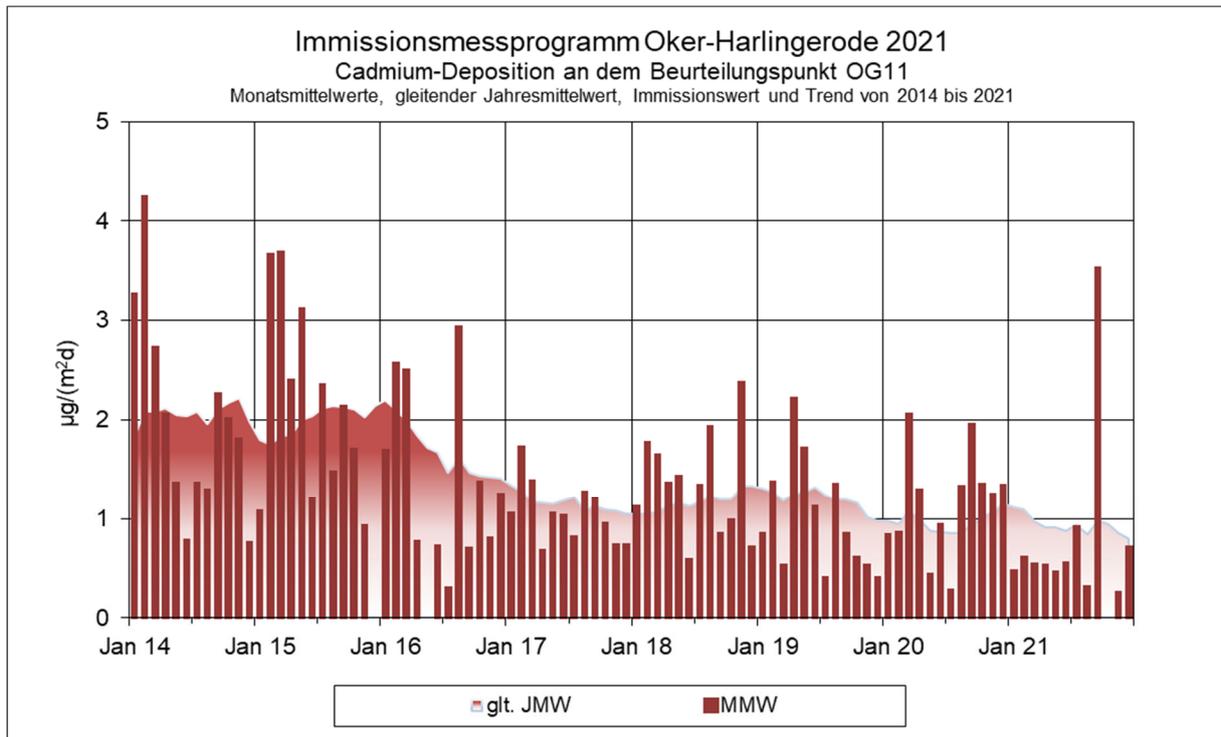


Abbildung 4: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition an OG11

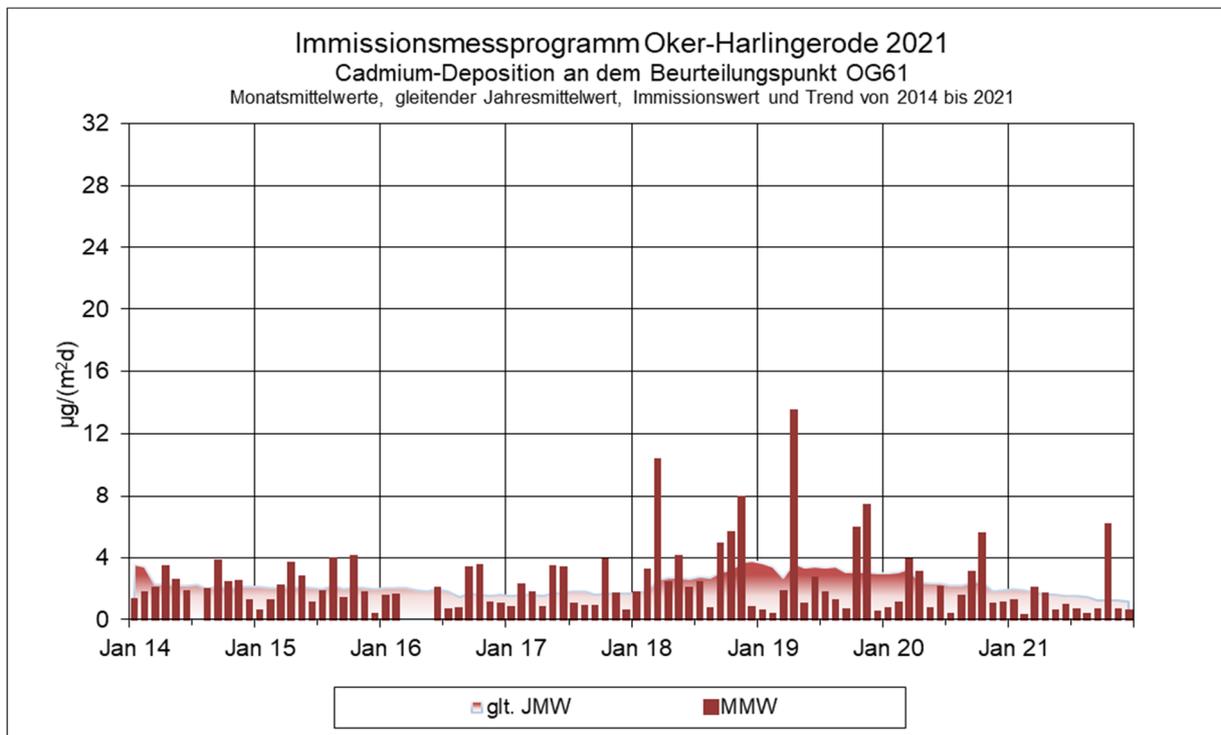


Abbildung 5: Monatsmittelwerte und gleitender Jahresmittelwert der Cadmium-Deposition an OG61



10 Zusammenfassung

Die durchschnittliche Staubbiederschlagsbelastung im gesamten Beurteilungsgebiet lag im Berichtsjahr 2021 mit $0,05 \text{ g}/(\text{m}^2\text{d})$, etwas unter dem Vorjahreswert, bei 14 % des Immissionswertes (siehe 8.1 sowie im Anhang Tabelle A1). Der Immissionswert für den Staubbiederschlag ($350 \text{ mg}/(\text{m}^2\text{d})$) wurde an allen Beurteilungspunkten sicher unterschritten.

Der Immissionswert für Arsen wird, ausgenommen OG7 im Jahr 2020, seit dem Jahr 2013 an allen Beurteilungspunkten eingehalten (siehe 8.2 sowie im Anhang Tabelle A1).

Bei den Blei-Depositionen wurden, entsprechend der Zuordnung der Messpunkte zu den verschiedenen Gebietseinstufungen, keine Überschreitungen der Immissionswerte festgestellt. Die durchschnittliche Blei-Deposition des gesamten Beurteilungsgebietes ist mit $58 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ gegenüber dem Vorjahr mit $90 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ deutlich niedriger als das Niveau der letzten 5 Jahre (siehe 8.3 und Anhang Tabelle A3).

Der Gebietsmittelwert von $0,90 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ für die Cadmium-Deposition im Berichtsjahr 2021 ist gegenüber dem Vorjahr mit $1,55 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ weiter gesunken und liegt unter dem Mittelwert über die letzten 5 Jahre. Der Immissionswert wurde an keinem Messpunkt überschritten.

Mit Ausnahme des Beurteilungspunktes OG5, an dem seit 2011 anhaltende erhöhte Nickel-Depositionen festgestellt werden, wird an den übrigen Beurteilungspunkten der Immissionswert beständig unterschritten (siehe 8.5 und Anhang Tabelle A5). Der Gebietsmittelwert der Nickel-Deposition ist mit $4,62 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ gegenüber dem Vorjahr ($6,86 \text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) wieder rückläufig und liegt unter dem Gebietsmittelwert für die letzten 5 Jahre.

Bei den Thallium-Depositionen wird der Immissionswert der TA Luft nach wie vor an allen Beurteilungspunkten seit dem Jahr 2014 sicher eingehalten (siehe 8.6 sowie im Anhang Tabelle A6).

Die Gebietsmittelwerte für alle berichteten Komponenten liegen sowohl unter den Vorjahreswerten als auch unter den 5-Jahresmittelwerten.

Auch im Jahr 2021 traten nicht nur in der wärmeren Jahreszeit wieder vor allem trockene und teils heiße Monate auf [11], so dass trockenes, aufgewirbeltes Bodenmaterial leicht verweht werden konnte.

Inwieweit anlagenbezogene Emissionsquellen der ansässigen Unternehmen hier einen relevanten Beitrag zur Immissionsbelastung liefern, wurde im Rahmen des Projektes PRIBOH näher untersucht (siehe Abschnitt 3.3).

Die vom Landkreis Goslar beauftragte Durchführung eines umweltmedizinischen Gutachtens, um beurteilen zu können, ob eine Gesundheitsgefährdung infolge der Depositionsbelastungen mit Blei und Cadmium bestehen könnte, wurde pandemiebedingt verschoben, konnte jedoch im Herbst 2021 begonnen werden [12]. Die Ergebnisse liegen mittlerweile vor und können über den Landkreis Goslar bezogen werden [13]. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass bisher an allen Messpunkten innerhalb der Wohnbebauung keine Überschreitungen der anzuwendenden Immissionswerte auftraten, mit Ausnahme der geringfügigen Überschreitung bei der Arsen-Deposition an einem Messpunkt im Jahr 2020, die aber im Jahr 2021 nicht mehr auftrat. Die Messpunkte, an denen höhere Schwermetalldepositionen festgestellt wurden, befinden sich abseits der Wohnbebauung auf Grün- bzw. Brachflächen. Die dort gemessenen Depositionen liegen unter den für das Grünland in der TA Luft festgelegten höheren Werten.



Zur Minderung der Schwermetalldepositionen im näheren Hüttenumfeld auf dem Betriebsgelände und um den Bereich der Räumaschelhalden und den Deponien sollten vorrangig Maßnahmen durchgeführt werden, bei denen die Verminderung von Bodenverwehungen im Vordergrund steht. Hier sollten insbesondere bei Baumaßnahmen entsprechende Minderungsmaßnahmen, insbesondere durch Befeuchtung des bewegten Erdreiches, ergriffen werden.



Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I Nr. 69, S. 4458) in Kraft getreten am 1. Oktober 2021
- [2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (bzw. vom 14. September 2021, gültig ab 01. Dez. 2021)
- [3] „Projekt Immissionsbeschwerden Oker-Harlingerode“, siehe https://www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/startseite/wir_uber_uns_aktuelles_lokal/gewerbeaufsichtsamter/gaa_braunschweig/termine_aktuelles/projekt-immissionsbeschwerden-okker-harlingerode-160261.html
- [4] VDI 4320 Blatt 2 (2012-01), Messung atmosphärischer Depositionen – Bestimmung des Staubniederschlags nach der Bergerhoff-Methode
- [5] DIN EN 15841 (2010-04), Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung von Arsen, Cadmium, Blei und Nickel in atmosphärischer Deposition
- [6] VDI 2267 Blatt 2 (2019-02), Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft - Messen von Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, V und Zn als Bestandteil der atmosphärischen Deposition nach Probenahme mit Bulk- und Wet-only-Sammlern mittels GF-AAS, ICP-OES und ICP-MS
- [7] DIN EN ISO 20988 (2007-09), Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit
- [8] Bodenplanungsgebiet Harz im Landkreis Goslar:
<https://www.landkreis-goslar.de/index.phtml?sNavID=1749.280>
- [9] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I Nr. 29, S. 1328) in Kraft getreten am 27. Juni 2020
- [10] Auszüge aus der „Goslarsche Zeitung“ (www.goslarsche.de) zum Thema Abriss der Hütten-Laugerei: Artikel vom 16.08.12, 21.08.12, 22.08.12, 24.08.12, 28.10.12, 06.11.12 und 23.11.12
- [11] Jahresbericht 2021, Kapitel 3, Lufthygienische Überwachung Niedersachsen (LÜN), https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/luftqualitaet/lufthygienische_uberwachung_niedersachsen/berichte/jahresberichte/bewertung-der-luftqualitaet-2018-9127.html
- [12] Landkreis Goslar, Umwelt und Gesundheit im Gebiet Oker / Harlingerode
<https://www.landkreis-goslar.de/index.phtml?object=tx,1749.10.1&ModID=7&FID=94.14865.1&sNavID=94.34&mNavID=94.34&La=1>
- [13] Landkreis Goslar, Umwelt und Gesundheit im Gebiet Oker / Harlingerode
<https://www.landkreis-goslar.de/index.phtml?sNavID=94.140&La=1>



Anhang

Tabelle A1: Staubniederschläge 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungs- punkt	Staubniederschlag in g/(m ² d)						
	Jahr(e)						
	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2016–2020 ¹⁾
OG5	0,068	0,078	0,087	0,075	0,073	0,062	0,075
OG7	0,042	0,053	0,064	0,046	0,040	0,028	0,046
OG8	0,052	0,078	0,080	0,066	0,069	0,062	0,071
OG9	0,032	0,038	0,041	0,045	0,054	0,040	0,044
OG11	0,058	0,056	0,059	0,074	0,059	0,044	0,058
OG12	0,041	0,047	0,048	0,050	0,050	0,038	0,047
OG15	0,036	0,041	0,040	0,062	0,043	0,036	0,044
OG21	0,054	0,050	0,052	0,052	0,055	0,045	0,051
OG42	0,050	0,054	0,046	0,058	0,063	0,041	0,052
OG44	0,070	0,057	0,077	0,071	0,063	0,062	0,066
OG56	0,042	0,056	0,051	0,058	0,049	0,047	0,052
OG60	0,040	0,053	0,063	0,065	0,053	0,039	0,055
OG61	0,040	0,056	0,061	0,089	0,068	0,030	0,061
Gebietsmittel- wert	0,048	0,055	0,059	0,062	0,057	0,044	0,056
Abweichung	-14 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)



Tabelle A2: Arsen-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungspunkt	Arsen-Deposition in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						2016–2020 ¹⁾
2021	2020	2019	2018	2017	2016		
OG5	1,07	1,81	1,54	1,31	1,14	1,16	1,39
OG7	0,58	4,64	1,67	1,27	0,45	0,62	1,73
OG8	0,90	2,19	1,17	1,37	1,12	1,53	1,48
OG9	0,57	0,51	0,67	0,72	0,55	0,54	0,60
OG11	2,50	0,66	0,49	0,75	0,50	0,51	0,58
OG12	0,48	0,75	0,81	0,73	0,56	0,49	0,67
OG15	0,55	0,76	0,97	1,39	0,60	0,63	0,87
OG21	0,57	0,77	1,00	0,70	0,54	0,65	0,73
OG42	0,48	0,43	0,45	0,61	0,44	0,35	0,46
OG44	0,56	0,51	0,43	0,52	0,41	0,56	0,49
OG56	0,58	0,51	0,42	0,64	0,43	0,51	0,50
OG60	0,42	1,20	0,70	0,67	0,44	0,52	0,71
OG61	0,39	0,55	0,67	0,93	0,60	0,44	0,64
Gebietsmittelwert	0,74	1,18	0,85	0,89	0,60	0,65	0,83
Abweichung	-11 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)



Tabelle A3: Blei-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungs- punkt	Blei-Deposition in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						
	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2016–2020 ¹⁾
OG5	186	333	380	280	296	345	327
OG7	12	29	24	21	16	17	21
OG8	17	25	21	30	24	33	27
OG9	53	59	77	57	74	73	68
OG11	88	72	54	76	58	74	67
OG12	88	129	108	110	169	120	127
OG15	64	83	84	121	82	99	94
OG21	92	126	131	90	113	119	116
OG42	18	26	27	35	25	31	29
OG44	23	27	19	27	21	33	25
OG56	24	40	33	53	30	52	42
OG60	43	87	57	78	49	75	69
OG61	46	136	130	198	88	88	128
Gebietsmittel- wert	58	90	88	90	80	89	88
Abweichung	-34 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)



Tabelle A4: Cadmium-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungs- punkt	Cadmium-Deposition in µg/(m ² d)						
	Jahr(e)						2016–2020 ¹⁾
2021	2020	2019	2018	2017	2016		
OG5	3,78	8,34	9,64	7,92	8,5	6,70	8,22
OG7	0,51	0,46	0,30	0,38	0,23	0,30	0,33
OG8	0,23	0,43	0,41	0,37	0,29	0,37	0,37
OG9	1,06	1,33	2,34	1,89	1,79	1,41	1,75
OG11	0,80	1,15	0,98	1,33	1,04	1,41	1,18
OG12	1,04	2,00	1,99	2,35	2,39	2,04	2,15
OG15	0,82	1,14	1,27	2,2	1,5	1,63	1,55
OG21	0,98	1,39	1,82	1,53	1,71	1,82	1,65
OG42	0,28	0,40	0,52	0,54	0,40	0,47	0,47
OG44	0,22	0,33	0,33	0,43	0,33	0,68	0,42
OG56	0,35	0,48	0,44	0,66	0,47	0,66	0,54
OG60	0,38	0,85	0,61	0,99	0,94	1,26	0,93
OG61	0,76	1,91	3,00	3,75	1,66	1,61	2,39
Gebietsmittel- wert	0,86	1,55	1,82	1,87	1,63	1,57	1,69
Abweichung	-49 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)



Tabelle A5: Nickel-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungs- punkt	Nickel-Deposition in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						
	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2016–2020 ¹⁾
OG5	30,23	47,48	52,14	38,05	33,83	29,03	40,11
OG7	2,15	4,37	3,50	3,66	4,23	4,46	4,04
OG8	2,07	3,16	3,09	2,93	2,95	4,07	3,24
OG9	5,13	6,19	9,83	5,78	5,73	4,73	6,45
OG11	2,38	3,85	3,71	4,82	3,17	3,24	3,76
OG12	5,28	7,99	6,45	7,44	5,14	4,76	6,36
OG15	1,74	2,26	2,47	3,73	2,37	2,50	2,67
OG21	2,69	3,59	4,00	4,89	3,37	3,31	3,83
OG42	1,90	2,05	2,55	2,90	2,54	2,92	2,59
OG44	2,04	1,97	1,85	1,94	1,78	2,14	1,94
OG56	1,54	1,91	1,76	2,73	1,85	2,27	2,10
OG60	1,46	2,08	2,05	2,78	1,70	2,21	2,16
OG61	1,47	2,36	2,91	4,78	2,41	2,51	2,99
Gebietsmittel- wert	4,62	6,86	7,41	6,65	5,47	5,24	6,33
Abweichung	-27,0 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)



Tabelle A6: Thallium-Depositionen 2021 im Vergleich mit den Jahren 2016 – 2020

Beurteilungs- punkt	Thallium-Deposition in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$						
	Jahr(e)						
	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2016–2020 ¹⁾
OG5	0,03	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05
OG7	0,02	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03
OG8	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05
OG9	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04
OG11	0,12	0,06	0,06	0,08	0,12	0,05	0,07
OG12	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
OG15	0,02	0,10	0,09	0,18	0,08	0,08	0,11
OG21	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
OG42	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
OG44	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03
OG56	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
OG60	0,02	0,05	0,03	0,06	0,04	0,03	0,04
OG61	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05
Gebietsmittel- wert	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05
Abweichung	-40,0 % ²⁾						

¹⁾ Mittelwert der Jahre 2016 – 2020

²⁾ Abweichung bezogen auf einen Mittelwert der letzten fünf Jahre (2016 – 2020)