

Dr. Joachim Haselbach

*Von der IHK Mittlerer Niederrhein
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für
Toxikologie von Kosmetika und Bedarfsgegenständen
Fachtoxikologe DGPT/Eurotox Registered Toxicologist (ERT)*

*Hülser Str. 283
D – 47803 Krefeld*

Phone: +49 (0) 2151 7842563

Fax: +49 (0) 2151 7842565

Mobil: + 49 (0) 173 9635387

E-Mail: joachim.haselbach@tox-consult.de

Internet: www.tox-consult.de

**Zusammenfassende Stellungnahme zur
humantoxikologischen Bewertung des
Partikelniederschlags aus dem Reingaskanal des
Heizkraftwerks Wedel in Schleswig-Holstein
(Ergänzung bzw. Aktualisierung des Gutachtens vom
01/03/2018)**

Auftraggeber:

**Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes
Schleswig-Holstein
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek**

Diese Stellungnahme umfasst einschließlich der Anhänge 207 Seiten; ohne Anhänge 36 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkungen	4
2.	Aufgabenstellung und Vorgehensweise	5
3.	Charakterisierung des Partikelniederschlags und des Belags im Reingaskanal	6
3.1	Stoffkonzentrationen im Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanal	8
3.2	Elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben aus dem Reingaskanal und der Nachbarschaft	12
3.3	Vergleichende Gegenüberstellung aller vorliegenden pH Bestimmungen am Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanal	14
3.4	Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanal/Partikelniederschlags	17
3.5	Zusammenfassung der Charakterisierung des Partikelniederschlags	19
4.	Bestimmung der expositionsrelevanten Daten	20
4.1	Expositionsrelevante Betrachtungen nach Bundesbodenschutzverordnung	21
4.2	Expositionsrelevante Betrachtungen nach TA Luft	23
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse bzgl. expositionsrelevanter Daten	25
5.	Gesetzliche Bewertungsgrundlagen	26
6.	Humantoxikologische Risikobetrachtungen	26
7.	Chemikalienrechtliche Einstufung des Partikelniederschlags	32
8.	Schlussfolgerungen aus den humantoxikologischen Risikobetrachtungen	34
9.	Dokumentation	36

Anhänge

Anhang 1: Zusammenfassende Stellungnahme zur humantoxikologischen Bewertung des Partikelniederschlags aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerks Wedel in Schleswig-Holstein	37
Anhang 2: Humantoxikologische Bewertung von Partikelniederschlag aus dem Heizkraftwerk Wedel in Schleswig-Holstein	63
Anhang 3 Vorläufige Stellungnahme zur humantoxikologischen Bewertung von im Belag aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerkes Wedel in Schleswig-Holstein nachgewiesenen Stoffen	78
Anhang 4: Mineralogische Untersuchungen zur Phasenzusammensetzung und zum Erhärtungs- und Haftverhalten	84
Anhang 5: pH-Bestimmung von Belag des Reingaskanal	101
Anhang 6: BCOP Untersuchung	103
Anhang 7: Fachliche Stellungnahme	117
Anhang 8: Stellungnahme: Untersuchung und Bewertung des Spielsandes	127
Anhang 9: Durchführung von Immissionsmessungen – Zwischenergebnisse	138
Anhang 10: Berechnung der Bodenbedeckung	144
Anhang 11: Staubmonitoring Wedel – typische Partikelanzahl auf den Prüfflächen	147
Anhang 12: Schematische Übersicht über Befunde 18/09/2017 bis 31/01/2018	149
Anhang 13: Anlage vom 01/09/2016 zum Prüfbericht Nr. 2016P512135/1	150
Anhang 14: Ergänzung vom 13/09/2017 zum Prüfbericht Nr. 2017P514160/1	152
Anhang 15: Untersuchung der Partikelproben (IFEM – Erläuterung der Ergebnisse vom 25.07.2019)	153
Anhang 16: Untersuchung aus Rauchgaskanal (Eurofins - Vorbericht vom 13.09.2019)	163
Anhang 17: Untersuchung aus Rauchgaskanal (Eurofins - Prüfbericht vom 18.09.2019)	167
Anhang 18: Stellungnahme der GBA Group Environment	171
Anhang 19: Durchführung von Immissionsmessungen – Abschlussbericht	173
Anhang 20: Stellungnahme zur pH-Wert Messung vom 26.07.2019	202

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Messwerte des Partikelniederschlags erhoben am Belag des Reingaskanals mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung	8
Tabelle 2: Zusammenfassung der morphologischen Charakteristika der untersuchten Proben aus dem Schornstein und aus der Umgebung des HKW-Wedel.....	13
Tabelle 3: Vergleichende Gegenüberstellung von pH Werten erhoben am Belag des Reingaskanals/Partikelniederschlag.....	14
Tabelle 4: Korrigierte Tabelle 1: Vergleich der Volumen korrigierten Messwerte mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung	21
Tabelle 5: Schadstoffdeposition der Metalle As, Cd, Ni, Pb und Cr als Bestandteil des Staubniederschlags an den Messpunkten MP 1 bis MP 4 im Mittel für den Auswertungszeitraum vom 20.04.2017 bis zum 04.05.2018 in der Übersicht.....	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung: Anteil der Messergebnisse von Staubniederschlag StN sowie den Depositionen von Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Chrom an den MP 01 bis MP 04 am jeweiligen Beurteilungswert für den jeweiligen Untersuchungsparameter - Ausschöpfung in %.....	25
---	----

1. Vorbemerkungen

Die nachfolgende Ergänzung bzw. Aktualisierung der im Frühjahr 2018 erstellten „Zusammenfassenden Stellungnahme“ (siehe nachfolgend Nr. (1)) berücksichtigt auftragsgemäß neue Untersuchungsergebnisse zu den Partikelemissionen des Heizkraftwerks Wedel in Schleswig-Holstein, die in der Zwischenzeit erhoben wurden, und stellt insofern eine Aktualisierung der unten genannten Stellungnahme zur humantoxikologischen Bewertung des Partikelniederschlags aus dem Reingaskanal dieses Heizkraftwerks dar.

- (1) Haselbach, J.: „Zusammenfassende Stellungnahme zur humantoxikologischen Bewertung des Partikelniederschlags aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerks Wedel in Schleswig-Holstein“ vom 08/03/2018, ATC GmbH, Hülser Str. 283, 47803 Krefeld, für den Auftraggeber Vattenfall Wärme Berlin AG, Sellenstr. 16, 13353 Berlin (siehe lfd. Nr. 1 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und ohne Anlagen als Anhang 1).

Der zeitliche Verlauf vorhergehender diesbezüglicher Bewertungen/Stellungnahmen ergibt sich aus der chronologischen Abfolge der unter den nachfolgenden Nr. (2) bis (4) genannten Dokumenten:

- (2) Haselbach, J.: „Humantoxikologische Bewertung von Partikelniederschlag aus dem Heizkraftwerk Wedel in Schleswig-Holstein“ vom 01/09/2016, ATC GmbH, Hülser Str. 283, 47803 Krefeld, für den Auftraggeber Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Abt. Technischer Umweltschutz, Zentraldezernat Immissionsschutz, Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek (siehe lfd. Nr. 2 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und ohne Anlagen als Anhang 2),
- (3) Haselbach, J.: „Fachliche Stellungnahme: Hauptkritikpunkte an dem mit Datum vom 01/09/2016 für den Auftraggeber erstellten Gutachten „Humantoxikologische Bewertung von Partikelniederschlag aus dem Heizkraftwerk Wedel in Schleswig-Holstein““ vom 14/12/2016 von ATC GmbH (siehe oben) für den Auftraggeber LLUR (Auftraggeber wie oben) (siehe lfd. Nr. 3 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 7), und
- (4) Haselbach, J.: „Vorläufige Stellungnahme zur humantoxikologischen Bewertung von im Belag aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerks Wedel in Schleswig-Holstein nachgewiesenen Stoffen“ (Entwurfsversion vom 03/09/2017 von ATC GmbH (s. oben)) für den Auftraggeber Vattenfall Wärme Hamburg GmbH, Überseering 12, 22297 Hamburg (siehe lfd. Nr. 4 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und ohne Anlagen als Anhang 3).

Auftragsgemäß soll durch ergänzende Befunde und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der zwischenzeitlich durchgeführten Untersuchungen gemäß den nachfolgenden Nr. (5) bis (9):

- (5) Hünert, R.: „IFEM Untersuchung 4222019 der Partikelproben HKW-Wedel 1-3 vom 25/07/2019, Erläuterung der Ergebnisse“ vom 12/08/2019 von IFEM (keine weiteren Angaben) (siehe lfd. Nr. 5 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 15),
- (6) Jacobsen, M.: „Vorbericht zu Auftrag 31929147 mit Prüfberichtsnummer: PR-19-XF-000030-01, Untersuchung aus Rauchgaskanal“ vom 13/09/2019 von Eurofins Umwelt Nord GmbH, Lise-Meitner-Str. 1 - 7, 24223 Schwentinental (siehe lfd. Nr. 6 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 16).
- (7) Jacobsen, M.: „Prüfbericht zu Auftrag 31929147 mit Prüfberichtsnummer: AR-19-XF-001697-01 mit Datum vom 18/09/2019 von Eurofins Umwelt Nord GmbH, Lise-Meitner-Str. 1 - 7, 24223 Schwentinental (siehe lfd. Nr. 7 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 17).
- (8) Sörensen, J.: „Stellungnahme“ vom 04/10/2019, GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg (siehe lfd. Nr. 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 18), und
- (9) Beuck, H. und Ropertz, A.: „Vattenfall Europe Wärme AG, Durchführung von Immissionsmessungen im Umfeld des Heizkraftwerks Wedel, Abschlussbericht, Bericht Nr. M135042/0“ vom 23/08/2018, Müller-BBM GmbH, Niederlassung Gelsenkirchen, Am Bugapark 1, 45899 Gelsenkirchen (siehe lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 19),

die bestehende „Zusammenfassende Stellungnahme“ nach obiger Nr. (1) ergänzt und aktualisiert werden.

Zusätzlich wurde vom Auftraggeber noch folgendes Dokument nachgereicht:

- (10) Reichert M.: „PH-Wert-Messung vom 26.07.2019“ vom 26/07/2019, Bericht mit Erstellungsdatum vom 07/08/2019, Korro – Praevent, Gartengrund 9, 24620 Bönebüttel (siehe lfd. Nr. 10 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang (20),

das ebenfalls beschrieben und bzgl. seiner humantoxikologischen Relevanz im Hinblick auf das pH des Partikelniederschlags im Wohnumfeld des Heizkraftwerks Wedel (im Folgenden HKW Wedel) in Schleswig-Holstein bewertet werden soll.

Des Weiteren wird diese Ergänzung bzw. Aktualisierung der unter obiger Nr. (1) genannten „Zusammenfassenden Stellungnahme“ dahingehend ergänzt, inwieweit der Partikelniederschlag des HKW Wedel den formalen chemikalienrechtlichen Anforderungen der CLP-Verordnung (s. Abschnitt 7 „Chemikalienrechtliche Einstufung des Partikelniederschlags“) entspricht und somit einer entsprechenden gefahrstoffrechtlichen Einstufung und Kennzeichnung zugänglich wäre und gegebenenfalls entsprechend eingestuft werden müsste.

2. Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Auftragsgemäß soll bei kritischer Berücksichtigung der bereits in den o.g. Bewertungen/Stellungnahmen Nr. (1) bis (4) dargelegten Sachverhalte nachfolgend unter zusätzlicher Hinzuziehung der unter den Nr. (5) bis (10) erhobenen Daten bzw. Untersuchungsbefunde eine Ergänzung bzw. Aktualisierung mit dem Ziel erstellt werden, die vom Auftraggeber aufgeworfene Fragestellung zu beantworten, inwieweit von dem Partikelniederschlag aus dem Kamin des Reingaskanals des Heizkraftwerks Wedel aus humantoxikologischer Sicht ein relevantes Risiko für adverse Effekte auf die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern, ausgeht, und inwieweit die bisherigen Schlussfolgerungen, dass dies bis dato nicht der Fall war, weiterhin aufrecht erhalten werden können.

Hierzu wird ein Bewertungsansatz verfolgt, der eine verlässliche und in sich konsistente Risikobewertung erlaubt: Die bisher für die Stellungnahmen bzw. Bewertungen nach den Nr. (1) bis (4) verfügbaren Daten werden bzgl. ihrer Verlässlichkeit und Relevanz hierzu erneut überprüft und im Hinblick auf die relevante Fragestellung des Auftraggebers bewertet. Anschließend werden diese dann in (meist tabellarisch) zusammengefasster Form unter Hinzuziehung weiterer ergänzender Daten bzw. Untersuchungsergebnisse (gemäß den o.g. Nr. (5) bis (10)), durch die nachfolgende Aktualisierung im Rahmen einer sogenannten Beweiskraftermittlung erneut humantoxikologisch bewertet.

Auf die bereits in den Stellungnahmen bzw. Bewertungen nach den Nr. (1) bis (4) dargelegten Sachverhalte wird, soweit sachlich geboten, nur ausschnittsweise Bezug genommen, um den Umfang und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten; die jeweiligen vertiefenden Details können den in den Anhängen 1, 2 und 3, sowie 7 beigefügten Stellungnahmen bzw. Bewertungen der lfd. Nr. 1 bis 4 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und den dort genannten Anhängen entnommen werden.

Erstmalig werden somit die Daten und Untersuchungsergebnisse der weiteren durchgeführten Untersuchungen gemäß den o.g. Nr. (5) bis (10) beschrieben, spezifisch verglichen und in den durch die Stellungnahmen bzw. Bewertungen nach den Nr. (1) bis (4) vorgegebenen Kontext eingefügt und ebenfalls hinsichtlich der o.g. Aufgabenstellung bewertet.

Als wesentliche Ergänzung der Relevanz einer potenziellen Gesundheitsgefährdung durch den Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerks Wedel müssen die Immissionsmessungen (gemäß Untersuchungsbericht nach o.g. Nr. (9)) angesehen werden, die gemäß den gesetzlichen Vorgaben der TA Luft dokumentiert sind, was bisher, insbesondere bzgl. der Zeitdauer der Messungen, nicht der Fall war.

Insbesondere soll auftragsgemäß untersucht werden, inwiefern die Ergebnisse dieser Immissionsmessungen als kongruent, u.U. sogar als bestätigend, zu den bislang getroffenen Aussagen einer potenziellen Gesundheitsgefährdung des Partikelniederschlags angesehen werden können bzw. müssen.

Des Weiteren sind spezifisch bezugnehmend auf die vom Auftraggeber aufgeworfene Fragestellung der humantoxikologischen Bewertung einer potenziellen Gesundheitsgefährdung durch den Partikelniederschlag nachfolgende Anmerkungen wesentlich:

In den bisherigen Stellungnahmen bzw. Bewertungen folgte die humantoxikologische Risikoableitung der üblichen, sprich insbesondere allgemein akzeptierten, Vorgehensweise, dass eine möglichst umfassende Stoffbeschreibung (hier des relevanten Toxizitätsprofils von Stoffen des Partikelniederschlags bzw. des Belags aus dem Reingaskanal) mit den für Menschen (hier Bewohner (vorzugsweise Kinder) des Wohnumfeldes des HKW Wedel) relevanten Expositionen gegenüber dem Partikelniederschlag verglichen wird, so dass theoretisch abgeleitet werden kann, ob beispielsweise eine solche Exposition höher ist, als sie zur Vermeidung einer Gesundheitsgefährdung sein dürfte.

Es kann bereits jetzt festgehalten werden, dass sich an dieser grundsätzlichen methodischen Vorgehensweise zur Ableitung und Quantifizierung humantoxikologischer Risiken keine Veränderung gegenüber früher ergeben hat; sie entspricht weiterhin dem „state-of-the-art“ und wird dementsprechend auch für die nachfolgenden Ergänzung bzw. Aktualisierung beibehalten.

Die Abschätzung einer humantoxikologisch relevanten Gesundheitsgefährdung hängt somit grundsätzlich von den zur Verfügung stehenden Eingangsdaten in Bezug auf die relevante menschliche Exposition ab.

Dies bedeutet für die insbesondere für Kinder relevante Exposition gegenüber dem Partikelniederschlag, dass der dermale Kontakt bzw. die orale Aufnahme von besonderer Relevanz sind. Die entsprechende Exposition wird durch verlässliche (sehr konservative) Abschätzungen der Bodenbedeckung (durch aus dem Reingaskanal emittierte Partikel) berechnet, in dem die Konventionen der ersichtlich anwendbaren bzw. anzuwendenden Bundesbodenschutzverordnung (s. nachfolgend die Kurzbeschreibung der Bewertungsmaßstäbe gemäß Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) herangezogen werden (können).

Diese durch eine entsprechend verlässliche Datenlage begründete Vorgehensweise (basierend auf Emissionsdaten, die für die dermale und orale Exposition von unmittelbarer Relevanz sind!) erlaubt ein direkte und verlässliche humantoxikologische Risikoableitung für eine potenzielle Gesundheitsgefährdung.

Für die jetzt in geeigneter Form zur Verfügung stehenden Immissionsdaten nach TA Luft (s. nachfolgend die Kurzbeschreibung der Bewertungsmaßstäbe gemäß Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) wird auftragsgemäß zusätzlich deren Relevanz bzgl. einer potenziellen Gesundheitsgefährdung überprüft.

Somit bleibt das Faktum, dass die Emissionsdaten unter Anwendung der Konventionen der Bundesbodenschutzverordnung für die dermale und orale Exposition verlässliche Risikoaussagen zulassen und die Immissionsdaten nach der TA Luft zusätzlich unterstützend für die Risikobeschreibung herangezogen werden können.

Dies erscheint insgesamt gerechtfertigt, da gemäß der Aussage des Untersuchungsberichtes nach o.g. Nr. (9) (s. lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 19), dass nämlich für Chrom mangels eines Beurteilungskriteriums nach TA Luft, (Zitat auf Seite 3 unten): „das über die BBodSchV abgeleitete Beurteilungskriterium für Chrom“ (ersatzweise) herangezogen wird.

3. Charakterisierung des Partikelniederschlags und des Belags im Reingaskanal

Nachfolgend wird der Partikelniederschlag bzw. der Belag des Reingaskanals des HKW Wedel erneut charakterisiert und dessen Toxizitätsprofil wird anschließend beurteilt.

Hierzu wurden die schon bekannten Ergebnisse aus den Jahren 2016 und 2017 mit den neuen Untersuchungsergebnissen (nach den Berichten mit den o.g. Nr. (6) und (7)) von diesem

Jahr (2019)) verglichen. Die nach Totalaufschluss des Belags des Reingaskanals analytisch nachgewiesenen und konzentrationsmäßig bestimmten Stoffe sind in Tabelle 1 (s. Abschnitt 3.1 „*Stoffkonzentrationen im Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals*“) zusammengestellt.

Zusätzlich wurden die Ergebnisse der elektronenmikroskopischen Untersuchung von Proben aus dem Reingaskanal und der Nachbarschaft mit eingearbeitet (s. Abschnitt 3.2 „*Elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben aus dem Reingaskanal und der Nachbarschaft*“), und es wurden zusätzlich alle vorliegenden pH Bestimmungen ebenfalls vergleichend zusammengetragen und bewertet (s. Abschnitt 3.3 „*Vergleichende Gegenüberstellung aller vorliegenden pH Bestimmungen am Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals*“).

Schließlich wurde erneut die reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals beschrieben (s. Abschnitt 3.4 „*Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlags*“).

Folgender Sachverhalt ist im Zusammenhang mit der Charakterisierung des Partikelniederschlags und des Belags im Reingaskanal besonders zu beachten:

Der jeweils nur in geringer Menge vorhandene Partikelniederschlag wurde in den Jahren 2016 und 2017 vergleichend mit dem Belag des Reingaskanals des HKW Wedel mittels REM/EDX (Rasterelektronenmikroskopie/Energiedispersive Röntgenspektroskopie) vom Institut für Rasterelektronenmikroskopie (IFEM) untersucht.

Anhand der Ergebnisse konnte damals folgendes festgestellt werden:

- für 2016, dass die (Zitat aus der Anlage vom 01/09/2016 zu dem Prüfbericht Nr. 2016P512135/1 lt. Anhang 13):

„in der Probe Rauchgaskanal festgestellten Konzentrationen auf die Proben der Nachbargrundstücke innerhalb einer gewissen Schwankungsbreite übertragbar sind“, und

- für 2017, dass (Zitat aus der Ergänzung vom 13/09/2016 zu dem Prüfbericht Nr. 2017P514160/1 lt. Anhang 14):

„sowohl die von GBA untersuchte Probe als auch die vom Institut für Rasterelektronenmikroskopie untersuchten Proben [weisen] insgesamt eine Übereinstimmung der Hauptelemente auf[weisen].“

In der Zwischenzeit sind weitere Untersuchungen qualitativer und quantitativer Art mit Proben aus dem Rauchgaskanal durchgeführt und in den Berichten nach o.g. Nr. (5), Nr. (6) und (7) dokumentiert worden (s. lfd. Nr. 5 und 6 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und die entsprechenden Anhänge 16 und 17).

Der Vergleich der analytischen Messergebnisse aus den Jahren 2016 und 2017 mit den Ergebnissen der neuen Elementanalysen zeigt erneut, dass sowohl die von Eurofins (s. o.g. Nr. (6) und (7)), als auch die vom Institut für Rasterelektronenmikroskopie (IFEM) untersuchten Proben (s. hierzu o.g. Nr. (5), entsprechend lfd. Nr. 5 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 15) insgesamt eine Übereinstimmung der Hauptelemente und (Zitat aus dem IFEM Bericht): *„morphologisch und hinsichtlich der Zusammensetzung mit den bisher verwendeten Referenzproben aus 2016 und 2017 Ähnlichkeiten“* aufweisen, wenn auch (ebenfalls Zitat): *„erstmal[s] [wurden] hier aber auch weitere, bisher nicht beschriebene Phasen beobachtet [wurden]“*.

Die nach dem IFEM Bericht beobachteten Abweichungen beziehen sich im Wesentlichen auf Aluminium- und Nickelgehalte bei Vergleich mit früheren Untersuchungsergebnissen des IFEM.

Dieses Faktum wird separat nachfolgend durch direkten Vergleich der Messwerte der Jahre 2016 (s. in Tabelle 1 den Hinweis 1), 2017 (s. in Tabelle 1 den Hinweis 2) und (aktuell) 2019 (s. in Tabelle 1 den Hinweis 3) kommentiert.

Vorwegnehmend kann insgesamt wiederum gezeigt werden, dass alle nachfolgend dargestellten Untersuchungsergebnisse als „stellvertretend“ und ausreichend repräsentativ für den Partikelniederschlag angesehen werden können.

Dies wird nachfolgend durch die Schreibweise „Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals“ zum Ausdruck gebracht.

3.1 Stoffkonzentrationen im Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals

Die im Folgenden detailliert dargestellten Untersuchungsergebnissen beziehen sich auf den Belag aus dem Reingaskanal des HKW Wedel (nachgewiesener Maßen repräsentativ für den Partikelniederschlag) und damit auf den Partikelniederschlag selbst.

Dieser Belag wurde analytisch nach Totalaufschluss (Totalaufschluss mittels Königswassers bedeutet, dass die gefundenen Stoffkonzentrationen die maximal möglichen darstellen) mittels ICP (Inductively Coupled Plasma) auf bestimmte Parameter (Schwermetalle) untersucht (s. Abschnitt 3 im Anhang 1 und auch Abschnitt 2 im Anhang 2). Für weitere Details der analytischen Methodik wird auf die in den jeweiligen Anhängen aufgeführten Prüfberichte erwiesen.

Die erhaltenen analytischen Messwerte der Jahre 2016, 2017 und 2019 sind in der nachfolgenden Tabelle jeweils (sofern vorhanden) im Vergleich mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV: s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) dargestellt.

Da wiederum ein Schüttel-Eluat der Belagproben aus dem Reingaskanal untersucht wurde, werden diese analytischen Messergebnisse ebenfalls der Vollständigkeit halber nachfolgend in der Tabelle mit aufgeführt und deren Relevanz wird entsprechend in Bezug auf die plausiblerweise anzuwendenden „Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser“ gemäß BBodSchV kommentiert.

Tabelle 1: Vergleich der Messwerte des Partikelniederschlags erhoben am Belag des Reingaskanals mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung

Parameter	Messwerte für 2016 ^{Hinweis 1}	Messwerte für 2017 ^{Hinweis 2}	Messwerte für 2019 ^{Hinweis 3}	Prüf-/Maßnahmenwert BBodSchV für Wohngebiete
nach Totalaufschluss mittels Königswasser				
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Arsen	50	89	62,7 - 80,0	50
Blei	39	48	33 - 57	400
Cadmium	1,2	1,6	1,5 - 1,8	2
Chrom gesamt	1.340	1.410	1.210 - 1.810	400
Chrom VI	< 20	< 20	n. n.	n. v.
Kupfer	246	166	148 - 153	(1.000 *)
Nickel	1.010	1.230	1.260 - 1.630	140
Quecksilber	< 0,1	0,4	< 0,07	20
Zink	217	200	174 - 207	n. v. ** & n. r.
Summe PAK (EPA)	n. n.	n. v.	n. v.	n. v.
Summe PCDD/DF	n. n.	0,032 [ng/kg]	n. v.	0,0001 ***
Fluorid	n. n.	n. v.	n. n.	n. v.
Aluminium	41.000	38.000	21.800 - 30.100	n. v.
Antimon	2,7	3,0	n. n.	n. v. (lediglich Angabe eines Boden-Grundwasserwertes von 10 µg/L)
Barium	460	97	489 - 507	n. v.
Bor	28	270	40 - 69	n. v.
Calcium	12.000	63.000	62.300 - 84.500	n. v. ** & n. r.
Cobalt	44	50	39-62	n. v.
Eisen (gesamt)	46.000	63.000	29.900 - 34.700	n. v. **

Kalium	3.500	5.100	3.690 - 5.170	n. v. ** & n. r.
Magnesium	4.300	5.800	4.100 - 5.340	n. v. ** & n. r.
Mangan	410	360	372 - 440	n. v.
Molybdän	380	340	213 - 264	n. v. (lediglich Angabe eines Boden-Grundwasserwertes von 50 µg/L)
Natrium	3.900	4.300	5.670 - 14.900	n. v. ** & n. r.
Phosphor (gesamt)	2.600	3.900	2.510 - 3.000	n. v. ** & n. r.
Schwefel (gesamt)	120.000	120.000	136.000 - 157.000	n. v. ** & n. r.
Selen	1.800	1.000	981 - 1.150	n. v. (lediglich Angabe eines Boden-Grundwasserwertes von 10 µg/L)
Strontium	550	810	474 - 793	n. v.
Tellur	n. n.	n. n.	< 5	n. v.
Titan	1.700	1.800	1.190 - 1.440	n. v.
Vanadium	216	220	154 - 184	n. v.
Zinn	20	9.0	n. n.	n. v. (lediglich Angabe eines Boden-Grundwasserwertes von 40 µg/L)
Silicium (KW-unlöslich)	26	28.08	n. n.	n. v. **
nach 24 Stunden als 1:10 Schüttel-Eluat				
Parameter				Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspaths Boden-Grundwasser ****
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[µg/L]
Arsen	n. v.	n. v.	4,22 - 5,00	10
Blei	n. v.	n. v.	0,106 - 0,156	25
Cadmium	n. v.	n. v.	0,114 - 0,140	5
Chrom (gesamt)	68	75	79,4 - 150	50
Kupfer			9,29 - 11,3	50
Nickel	48	103	103 - 178	50
Zink			14,2 - 19,6	500
Fluorid		329		750

Hinweis 1 Messungen mit dem Belag des Rauchgaskanals erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. 2016P512135/1 im Jahre 2016

Hinweis 2 Messungen mit dem Belag des Rauchgaskanals erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. 2017P514160/1 im Jahre 2017

Hinweis 3 Messungen mit Proben aus dem Kamin, sowie Block 1 und 2, erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. AR-19-XF-001697-01 (s. o.g. Nr. (7)) im Jahre 2019 (jeweils Angabe des niedrigsten und des höchsten Wertes).

Die genannten Werte sind praktisch identisch zu denjenigen des Vorberichtes nach o.g. Nr. (6) laut Prüfbericht Prüfberichtsnummer: PR-19-XF-000030-01.

* Aufgrund fehlender humantoxikologischer Relevanz ist kein Prüfwert für Wohngebiete in der BBodSchV aufgeführt; der Wert in Klammern gilt für Grünland.

** Aufgrund fehlender humantoxikologischer Relevanz ist kein Prüfwert in der BBodSchV aufgeführt.

*** Maßnahmenwert!

**** Diese Prüfwerte gelten nur für Sickerwasser nach dessen Durchtritt durch Bodenmaterial (gemessen am Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone). Beim Durchtritt durch die ungesättigte Bodenzone werden Stoffe im Boden zurückgehalten (u.a. durch Absorptionsvorgänge) und dies führt zu Veränderungen der (Schad-)Stoffkonzentrationen im Sickerwasser (hierbei müssen auch die Grundwasserflurabstände und deren Schwankungen, sowie geogen bedingte Hintergrundsituationen der jeweiligen Grundwasserregion berücksichtigt werden). Somit sind die Prüfwerte nicht auf die gemessenen Werte anwendbar und werden nur der Vollständigkeit halber genannt.

n. n.: nicht nachweisbar

n. v.: nicht verfügbar

n. r.: nicht relevant

Aus den Ergebnissen der analytischen Untersuchungen ergaben sich bereits (soweit die Datenlage dies erlaubte) gemäß vorläufiger Stellungnahme nach o.g. Nr. (4) (s. lfd. Nr. 4 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 3) die folgenden Schlussfolgerungen (Zitate), die weiterhin Gültigkeit besitzen:

- *„Da es sich bei den Messungen um „Momentaufnahmen“ handelt, sind bei entsprechendem Vergleich in Grenzen abweichende Messergebnisse zu erwarten, so dass die Konzentrationen für die Stoffe Blei, Cadmium, Chrom gesamt und Zink als praktisch mindestens „unverändert“ anzusehen sind; für Kupfer erscheinen sie sogar (deutlich) erniedrigt.“*
- *„Der Konzentrationswert für Nickel erscheint im Vergleich zum früheren Messwert leicht erhöht.“*
- *„Der Konzentrationswert für Quecksilber erscheint auch erhöht, liegt aber deutlich unter dem entsprechenden Prüf-/Maßnahmenwert der BBodSchV für Wohngebiete.“*

Zusätzlich lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt weitere Schlussfolgerungen aus den neuen Untersuchungen ableiten:

- *Die Elemente Cobalt, Kalium, Magnesium, Mangan, Phosphor und Strontium wurden in unveränderten Konzentrationen nachgewiesen.*
- *Tellur wurde in keiner der Untersuchungen nachgewiesen.*
- *Die Gehalte an Eisen (gesamt), Molybdän, Selen, Titan und Vanadium sind im Vergleich zu den früheren Messwerten jetzt signifikant erniedrigt bzw. im Falle von Antimon, Zinn oder Silicium nicht mehr nachweisbar.*
- *Für Aluminium wurde ebenfalls, anders, als der IFEM Bericht nach Nr. (5) dies beschreibt, eine deutliche Abnahme der Konzentration festgestellt.*
- *Für Nickel läßt sich festhalten, dass die Größenordnung der gemessenen Konzentration praktisch unverändert ist, was wiederum im Widerspruch zu den Aussagen des IFEM Berichtes nach Nr. (5) steht.*
- *Barium, Bor, Calcium, Natrium, Schwefel weisen im Gesamtvergleich der Messergebnisse Schwankungen auf. Diese liegen jedoch in einer (teilweise sehr) ähnlichen Größenordnung (entsprechende Faktoren von 5,2; 9,7; 7; 3,8 und 1,3-fach) und stellen bezogen auf den jeweiligen Stoff somit keine signifikante Abweichung, sondern, unter Berücksichtigung der Herkunft des Belags des Reingaskanals des HKW Wedel, realistischerweise zu erwartende, in Grenzen abweichende, Messergebnisse dar.*

Zusammenfassend lässt sich somit plausibel belegen, dass die oben aufgeführten Messwerte für die verschiedenen Proben aus dem Reingaskanal verlässliche Risikobewertungen erlauben, wenn diese Messwerte als Eingangsparemeter für die Expositionsabschätzung (humantoxikologisch relevanter Elemente) Verwendung finden.

Diese für die für die Expositionsabschätzung wesentliche Tatsache, ergibt sich eindeutig aus der Tatsache, dass analytische Untersuchungen aus drei verschiedenen Jahren und von unterschiedlichen Beprobungsorten zu vergleichbaren bzw. hinreichend ähnlichen Ergebnissen geführt haben.

Die Interpretation der erhaltenen Messwerte im Hinblick auf die BBodSchV erfolgte nach Abschnitt 4.2 der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1 und „Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) nach Anhang 2, u.a. wie folgt (Zitat):

- *„Für die mit Grenzwerten belegten Stoffe Blei, Cadmium und (eingeschränkt) Kupfer, mit Ausnahme von Chrom gesamt, werden die Prüf-/Maßnahmenwerte der BBodSchV für Wohngebiete eingehalten.“*

- „Die Konzentrationen an Blei, Cadmium, Kupfer und die Summe der PCDD/DF liegen durchgängig unter dem jeweiligen Prüf- bzw. Maßnahmenwert der BBodSchV und sind aus humantoxikologischer Sicht deshalb als unkritisch zu anzusehen.“
- „Der Stoff Arsen überschreitet bzgl. seiner Konzentration den entsprechenden Prüf-/Maßnahmenwert der BBodSchV für Wohngebiete.“
- „Zink wurde zwar nachgewiesen, ist aber auf Basis der hier zugrunde gelegten Prüfwerte der BBodSchV ohne praktische Bedeutung, da es aus humantoxikologischer Sicht für den Pfad Boden-Mensch nicht von Relevanz ist.“
- „Chrom VI wurde nicht nachgewiesen; die BBodSchV nennt für diesen Parameter keinen Prüfwert.“
- „Quecksilber wurde nicht nachgewiesen, wobei die Bestimmungsgrenze weit unter dem Prüfwert der BBodSchV liegt.“
- „PAK (EPA) und Fluorid wurden nicht nachgewiesen und sind daher selbst ohne Vergleichswerte als unauffällig zu bewerten.“
- „Als erhöht zu bewerten gegenüber den Prüfwerten der BBodSchV sind die Messwerte für Chrom gesamt (im Folgenden nur noch als „Chrom“ bezeichnet) und Nickel.“

Zusätzlich hierzu können unter besonderer Berücksichtigung der neuen Messwerte (nach o.g. Nr. (7): Prüfbericht mit Prüfberichtsnummer: AR-19-XF-001697-01) noch folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Elemente Phosphor, Schwefel, Kalium, Calcium, Magnesium, (und Stickstoff) gehören zu den konstitutiven Bestandteilen des Bodens (insbesondere auch hinsichtlich von dessen Fruchtbarkeit) und werden deshalb nicht weiter humantoxikologisch bewertet.
- Aluminium, Barium, Bor, Kobalt, Eisen (gesamt), Mangan, Natrium, Strontium, Tellur, Titan, Vanadium und Silicium wurden zwar nachgewiesen, die BBodSchV nennt für diese Stoffe jedoch keinen Prüf- bzw. Maßnahmenwert.
- Antimon, Molybdän, Selen und Zinn wurden zwar nachgewiesen; die BBodSchV nennt für diese Stoffe jedoch nur Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser (Einheit: µg/L).

Trotz der oben spezifizierten Sachlage, dass offensichtlich eine weitgehende Übereinstimmung der Untersuchungsergebnisse bzgl. der analytischen Datenlage erkenntlich ist und sich somit keine gegenüber dem bisherigen Status als wesentliche zu bezeichnende Abweichung ergeben hat, ergibt sich nach Dafürhalten des Auftraggebers erneut die Notwendigkeit, basierend auf den Ausführungen der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1 und der „Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) nach Anhang 2, eine Ergänzung und Aktualisierung in Fortführung des in 2018 verfolgten Bewertungsansatz der BBodSchV (unter zusätzlicher Berücksichtigung der Untersuchungen gemäß den Vorgaben der TA Luft) vorzunehmen und (gemäß ausdrücklicher Zustimmung per E-Mail vom 30/10/2019) die „auffälligen“ Stoffe Arsen, sowie Chrom gesamt und Nickel (in den Tabellen 1 und 4 im Fettdruck) erneut humantoxikologisch zu bewerten (s. hierzu nachfolgend Abschnitt 6 „Humantoxikologische Risikobetrachtungen“).

Es erscheint angebracht und muss betont werden, dass sich die ermittelten Stoffkonzentrationen in Tabelle 1 auf Masse [kg] Partikelniederschlag beziehen (wie bestimmt am Belag des Reingaskanals) und nicht, was an sich notwendig wäre, auf Masse [kg] Boden, für die die Prüf-/Maßnahmenwerte der BBodSchV gelten.

Es wird in diesem Zusammenhang zudem ausdrücklich darauf hingewiesen, dass trotzdem zur Sicherstellung einer höchst konservativen Expositionsabschätzung ein unmittelbarer Massenvergleich durchgeführt worden ist (s. hierzu die grundlegenden Ausführungen im Abschnitt 4 „Bestimmung der expositionsrelevanten Daten“ und zum Vergleich die dortige „korrigierte“ obige Tabelle 1 (jetzt Tabelle 4)).

Zur ausführlichen Begründung dieser Vorgehensweise wird auf Abschnitt 5 „Gesetzliche

Bewertungsgrundlagen" verwiesen; insbesondere wird betont, dass der Bewertungsansatz der BBodSchV mittels Emissionsdaten direkte Expositionsabschätzungen mit nachfolgender Risikoableitung einer potenziellen Gesundheitsgefährdung bei dermalem Kontakt bzw. oraler Aufnahme erlaubt.

Zusätzlich werden auch die Immissionsmessungen nach TA Luft (s. Bericht nach lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 19) für die (humantoxikologische) Bewertung herangezogen (s. Abschnitt 4.2 „*Expositionsrelevante Betrachtungen nach TA Luft*“).

Verwiesen werden soll des Weiteren auf den Abschnitt 5 (bzgl. der Anteile von Chrom und Nickel in einem Eluat) der „*Zusammenfassenden Stellungnahme*“ Nr. (1) nach Anhang 1 und der „*Humantoxikologischen Bewertung*“ Nr. (2) nach Anhang 2.

Wie es schon in den bestehenden Dokumenten nach Nr. (1) (s. Anhang 1) und Nr. (2) (s. Anhang 2) dargelegt wurde, erlaubten die gefundenen Messwerte des Eluats keine weitergehende Interpretation. Neuere Erkenntnisse haben sich hierzu nicht ergeben, so dass sich eine weitergehende Diskussion erneut erübrigt.

Da neue elektronenmikroskopische Untersuchungen des Partikelniederschlags/Belag des Reingaskanals vorliegen (s. Nr. (5), sowie lfd. Nr. 5 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 15), sollen diese nach dem folgenden Abschnitt 3.2 kurz dargestellt werden.

Schließlich sind die Ergebnisse von pH Messungen wässriger Suspensionen des Partikelniederschlags zu diskutieren (s. Abschnitt 3.3 „*Vergleichende Gegenüberstellung aller vorliegenden pH Bestimmungen am Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals*“), da diese einer gewissen Schwankung unterliegen und humantoxikologische Relevanz hinsichtlich reizender/korrosiver Eigenschaften besitzen, wie ausführlich nach Abschnitt 3.4 „*Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlags*“ dargelegt.

3.2 Elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben aus dem Reingaskanal und der Nachbarschaft

Es soll vorab nochmals darauf hingewiesen werden, dass Untersuchungen am Belag des Reingaskanals des HKW Wedel auf den Partikelniederschlag wegen dessen grundsätzlicher Vergleichbarkeit mit diesem Belag übertragen werden können (s. hierzu Abschnitt 3 in der „*Zusammenfassenden Stellungnahme*“ Nr. (1) nach Anhang 1 und der „*Humantoxikologischen Bewertung*“ Nr. (2) nach Anhang 2).

Folgende neue Sachlage ergibt sich für die elektronenmikroskopische Untersuchung des Partikelniederschlags/Belag des Reingaskanals (s. Nr. (5), sowie lfd. Nr. 5 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 15).

Zur Untersuchung standen eine (*Zitat*) „*frische Probe aus dem Schornstein*“, sowie drei in der Umgebung des HKW genommene Proben zur Verfügung. Die Untersuchung dieser Proben wurde mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse mit Anregung durch Elektronenstrahl (EDX-Analyse, Energy Dispersive X-ray fluorescence analysis) mit folgenden zusammenfassenden Ergebnissen durchgeführt (*Zitat* gemäß Prüfbericht nach Anhang 15):

- „*Die hier als Referenz betrachtete Probe aus dem Schornstein weist zwar morphologisch und hinsichtlich der Zusammensetzung mit den bisher verwendeten Referenzproben aus 2016 und 2017 Ähnlichkeiten auf, erstmals wurden hier aber auch weitere, bisher nicht beschriebene Phasen beobachtet.*“
- *Abweichend von den älteren Referenzproben wurden vor allem Phasen beobachtet, die durch hohe Gehalte an Aluminium, Schwefel und Sauerstoff auffallen, bei gleichzeitig niedrigem Gehalt an Calcium. Die analytisch ermittelte Zusammensetzung dieser Phasen weist auf die Stöchiometrie von Aluminiumsulfat hin.*

- Weiterhin wurden Bereiche mit hohen Nickelgehalten zusammen mit Schwefel und Sauerstoff beobachtet sowie Partikel, die auf den Eintrag von Edelstahl in den Verbrennungsprozess hinweisen.
- Diese Ergebnisse sind insbesondere ungewöhnlich, da aufgrund der Rauchgasentschwefelung die Bindung des Schwefels an Calcium zu erwarten ist und zudem aufgrund üblicher mineralischer Bestandteile von Steinkohle kein reaktiv verfügbares Aluminium erwartet werden kann.“

Die in der folgenden Tabelle 2 aufgelisteten morphologischen Beobachtungen und analytischen Ergebnisse wurden dem o.g. Prüfbericht entnommen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der morphologischen Charakteristika der untersuchten Proben aus dem Schornstein und aus der Umgebung des HKW-Wedel

Referenzprobe LLUR vom 10.5.2019 (HKW-Wedel, Schornstein)		
Morphologie	Struktur	Besonderheit
Strukturbestimmende feine silikatische Schmelzkügelchen	Struktur hinweisend für u.a. Ca-Mg-Fe-Silikate	Fehlen größerer Kristallite als Ca/S/O, wie sie nach der Entschwefelung zu erwarten wären
eher nadelförmige Bestandteile	hohe Gehalte an Al/S/O in einem stöchiometrischen Verhältnis, wie es für (wasserfreies) Aluminiumsulfat ($Al_2(SO_4)_3$) charakteristisch ist	
LLUR-Partikelproben aus der Umgebung (Proben 1 - 3; für eine unbekannte Zeit atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt)		
Morphologie	Struktur	Besonderheit
bekannte silikatische Schmelzkugeln (allerdings nicht strukturbestimmend; Probe 1/2)	Struktur hinweisend für u.a. Ca-Mg-Fe-Silikate	---
nadelförmige Bestandteile (Probe 1 und 2)	hohe Gehalte an Al/S/O in einem stöchiometrischen Verhältnis, wie es für wasserfreies & wasserbindendes Aluminiumsulfat ($Al_2(SO_4)_3$) charakteristisch ist	
blättrige filigrane "Aufwachsungen" (Probe 1/2)	höhere Gehalte an Nickel (darin bis ca. 29 (Gew.%) in Gegenwart von überwiegend S und O	
optisch grünlich erscheinende Bereiche (Probe 2)	1) hohe Gehalte an S und O sowie an Fe, Cr und Ni (zusammen ca. 18 Gew.%) 2) niedrige Gehalte an Calcium bei zugleich hohem Schwefelgehalt	1) Hinweisend auf einen Eintrag von Edelstahl

Basierend auf diesen Beobachtungen wurden laut dem Prüfbericht folgende Schlussfolgerungen gezogen (Zitat gemäß Prüfbericht nach Anhang 15):

„Diese Art von nadelförmigen, überwiegend aus Al/S/O bestehenden Bestandteilen war in den bisher zugrunde gelegten Referenzproben (WF16-00741, WF17-00534 und WF17-00628) aus den Jahren 2016 und 2017 nicht beobachtet worden. Es wurde zudem nicht erwartet, dass es in Gegenwart der Rauchgasentschwefelung, in der Schwefel ja gezielt an Kalk gebunden werden soll, zur Ausbildung solcher Phasen kommt.“

Diesbezüglich muss jedoch zusätzlich noch angemerkt werden, dass die nasschemische Analyse der Proben aus 2016 und 2017 Aluminiumgehalte im Bereich von 41.000 bis 38.000 mg/kg ergab. In den neuesten Proben aus 2019 wurde ein erniedrigter Gehalt von 21.000 bis 30.000 mg Aluminium/kg nachgewiesen. Es ist denkbar, dass in den früheren Proben auch vergleichbare nadelförmige Strukturen vorhanden waren, diese aber aus verschiedenen Gründen nicht besonders aufgefallen sind (möglicherweise überdeckt oder überlagert).

Zudem ist nicht plausibel verständlich, warum hier von höheren Aluminium- und Nickelgehalten berichtet wird, sich dies aber in den Messungen (nach Totalaufschluss) am Belag des Reingaskanals („stellvertretend“ für den Partikelniederschlag) nicht ergeben hatte.

Es wird ergänzend bzgl. der erneuten chemikalienrechtlichen Charakterisierung dieser Flugasche des HKW Wedel nochmals darauf hingewiesen, dass Flugaschen als Wirtschaftsgut gemäß der REACH Verordnung (VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18/12/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung

chemischer Stoffe (Amtsblatt L 396 vom 30/12/2006, Seite 1; konsolidierte Version verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20161011&from=EN>) registriert wurden, und dass u.a. umfangreiche Daten zu wichtigen toxikologischen Endpunkten hierzu vorliegen.

Wesentliche Bestandteile der Flugaschen sind z.B. Quarz, Mullit, Magnetit, Calciumsulfat, Hämatit, Calciumoxid, Feldspatminerale). Basierend auf den verfügbaren Daten wurde durch den federführenden Registranten keine Einstufung bezüglich möglicher Gesundheitsgefahren vorgenommen (siehe: REACH Registrierdossier „Ashes (residues), coal“, EC-Nr. 931-322-8; verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/de/registration-dossier/-/registered-dossier/15573/1>).

Ein Abgleich mit den jeweiligen veröffentlichten REACH Registrierdossiers und dem C&L (Classification & Labelling) Verzeichnis der ECHA (verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/cl-inventory-database>) zeigt derzeit weiterhin an, dass die als Mineralphasen identifizierten Produkte (Stoffe) aus der Rauchgasentschwefelung keine Einstufung bezüglich einer möglichen Gesundheitsgefährdung aufweisen, so dass entsprechende adverse Effekte auf die menschliche Gesundheit nicht angenommen werden bzw. dementsprechend auch nicht anzunehmen sind.

3.3 Vergleichende Gegenüberstellung aller vorliegenden pH Bestimmungen am Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals

Wie schon vorgehend, soll vorab erneut darauf hingewiesen werden, dass die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen an Belag des Reingaskanals des HKW Wedel auf den Partikelniederschlag wegen dessen grundsätzlicher Vergleichbarkeit mit diesem Belag übertragen werden können (s. Abschnitt 3 der Dokumente nach Nr. (1) (s. Anhang 1) und Nr. (2) (s. Anhang 2).

Zwischenzeitlich liegen insgesamt 5 Prüfberichte vor, in welchen pH Bestimmungen enthalten sind.

Der Übersichtlichkeit wegen werden hieraus alle relevanten Parameter nachfolgend in der Tabelle 3 aufgeführt.

Danach erfolgen methodische Kurzbeschreibungen, soweit für das Verständnis erforderlich; schließlich wird eine vergleichende Bewertung der pH Messungen unter Berücksichtigung der humantoxikologischen Relevanz vorgenommen.

Die in folgender Tabelle 3 gegenübergestellten Ergebnisse wurden einerseits den Prüfberichten der lfd. Nr. 6, 7 und 8 nach Abschnitt 9 „Dokumentation“, entsprechend den Anhängen 16, 17 und 18, entnommen. Andererseits wurden die in der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1 dargestellten Ergebnisse der dortigen Untersuchungen 5, sowie 10 und 11 entsprechend den dortigen Anhängen 4, 12 und 13 berücksichtigt und zur Vervollständigung des Gesamtbildes erneut hier mit aufgenommen.

Tabelle 3: Vergleichende Gegenüberstellung von pH Werten erhoben am Belag des Reingaskanals/Partikelniederschlag

Parameter	Messwert aus 2016 (A) Hinweis 1	Messwert aus 2017 (B) Hinweis 2	Messwerte aus 2019 (C) Hinweis 3			Messwerte aus 2017 (D) Hinweis 4		Messwerte aus 2019 (E) Hinweis 5		
pH Wert	1,5	2,1	1,6	1,0	1,6	2,3	2,3	2,0	1,6	1,9 [*]
Messtemperatur (°C)	n. v.	n. v.	22,2	20,1	22,1	22	22	n. v.		
Bestimmungsmethode (wie angegeben)	DIN ISO 10390	DIN EN ISO 10523	DIN 38404-C5: 2009-07			Ph Eur. 2.2.3		DIN EN ISO 10523: 2012-04		
Anmerkungen			Norm inzwischen zurückgezogen und ersetzt durch: DIN							

			EN ISO 10523: 2012-04		
	instrumentelles Verfahren zur routinemäßigen Bestimmung des pH Wertes	Verfahren zur Bestimmung der Wasser- beschaffen- heit: pH im Bereich von 2 bis 12	Verfahren zur Bestimmung der Wasserbeschaffen- heit: pH im Bereich von 3 bis 10	pH Bestimmung in wässrigen Suspensionen	Verfahren zur Bestimmung der Wasserbe- schaffenheit: pH im Bereich von 2 bis 12
	pH Bestimmung in einer Suspension	pH Bestimmung im 24 Stunden Schüttel 1:10 - Eluat nach DIN EN 12457-4	pH Bestimmung im 24 Stunden Schüttel 1:10 - Eluat nach DIN EN 12457-4	pH-Bestimmung im 10 Minuten Schüttel 1:10 - Eluat nach DIN EN 12457-4	pH-Bestimmung im 24 Stunden Schüttel 1:10 - Eluat nach DIN EN 12457-4

Hinweis 1 Messungen mit dem Belag des Rauchgaskanals erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. 2016P512135/1 im Jahre 2016

Hinweis 2 Messungen mit dem Belag des Rauchgaskanals erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. 2017P514160/1 im Jahre 2017

Hinweis 3 Messungen mit Proben aus dem Kamin, sowie Block 1 und 2, erfolgten lt. o.g. Prüfbericht mit Prüfbericht-Nr. AR-19-XF-001697-01 (s. o.g. Nr. (7)) im Jahre 2019

Hinweis 4 Messungen mit Belagsproben aus dem Reingaskanal des HKW Wedel Block 1: Mannlochbereich und Bodenbereich) erfolgten lt. Prüfbericht der Wessling GmbH vom 24/10/2017

Hinweis 5 Messungen mit Proben aus dem Kamin, sowie Block 1 und 2, erfolgten lt. o.g. Nr. (8) (siehe lfd. Nr. 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 18)

n. v.: nicht verfügbar

* Mit dieser Probe wurde von einem dritten Labor ebenfalls in einem 10 Minuten 1:10 - Eluat der pH Wert bestimmt; dieser zeigte mit 1.97 bzw. 2.00 eine gute Übereinstimmung mit dem oben angegebenen Messwert.

Gemäß den Untersuchungen A und B (s. obige Tabelle 3) wurden hierbei nach DIN ISO 10390 (in diesem Verfahren wird keine Eluat-Herstellung vorgenommen) bzw. nach DIN EN ISO 10523 die pH-Werte in einer Suspension von Boden und Wasser (pH-H₂O) oder in einer 1 Mol/L-Kaliumchloridlösung (pH-KCl) oder in einer 0,01 Mol/L-Calciumchloridlösung (pH-CaCl₂), jeweils im Volumenverhältnis 1:5 bestimmt, und zwar für die Jahre 2016 und 2017.

Die beiden neuen vorliegenden Untersuchungen C und E (siehe obige Tabelle 3) wurden 2019 durchgeführt (s. lfd. Nr. 6 bzw. 7 und 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und die zugehörigen Anhänge 16, 17 und 18). Hierbei wurden jeweils 3 Proben von 2 unterschiedlichen Laboratorien mittels leicht abweichender Methoden untersucht.

Gemäß Untersuchung C (s. lfd. Nr. 6 und 7 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und zugehörige Anhänge 16 und 17) wurde ein 24 Stunden 1:10 Schüttel-Eluat nach DIN EN 12457-4 vom Belag am Schornsteinfuß, sowie je einer Probe aus Block 1 und Block 2 hergestellt und dann davon unter Zuhilfenahme der DIN 38404-C5: 2009-07 der pH-Wert bestimmt.

Gemäß Untersuchung D (s. obige Tabelle 3) nach Anhang 5 wurden wässrige Suspensionen (1.000 mg Feststoff/10 mL Wasser) zweier Belagsproben aus dem Reingaskanal (HKW Wedel Block 1: Mannlochbereich und Bodenbereich) hergestellt und die zeitliche Entwicklung des pH-Wertes durch potentiometrische Bestimmung nach der Ph.Eur. 2.2.3 ermittelt.

Für Untersuchung E (s. lfd. Nr. 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 18) wurde in gleicher Weise ein 24 Stunden 1:10 Schüttel-Eluat erstellt, in welchem der pH-Wert dann nach DIN EN ISO 10523: 2012-04 bestimmt wurde.

Die adäquate Berücksichtigung aller vorhandenen Messwerte zum pH zeigt eindeutig, dass zwar die einzelnen Untersuchungen gewisse Schwankungen hinsichtlich des gemessenen pH Wertes aufweisen, diese jedoch insgesamt in einer vergleichbaren, nach Meinung der Autoren auch akzeptierbaren, Größenverteilung vorliegen.

Neben Methoden bedingten Schwankungen bei den gemessenen pH Werten der einzelnen Proben sind weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen, wie z.B. die, dass es sich bei den zu untersuchenden Proben um keine homogenen Materialien handelt. Je nach Ort der Probennahme und/oder auch dem Zeitpunkt nach Emission aus dem Reingaskanal des HKW Wedel kann die Zusammensetzung der Proben variieren und dementsprechend auch deren Löslichkeitsverhalten in einem wässrigen System.

Dies zeigen deutlich auch die von IFEM durchgeführten Röntgenfluoreszenzanalysen (s. lfd. Nr. 5 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 15) der neuen Proben aus dem Schornstein und der Partikelniederschläge in der Umgebung des Kraftwerkes, die unterschiedlich ausgeprägte Bereiche mit nadelförmigen, blättrigen Strukturen ausweisen.

Wenn es sich hier, wie vom IFEM vermutet, um Aluminiumsulfat handeln sollte, ist erklärbar, dass das pH, je nach Gehalt an Aluminiumsulfat und dessen Lösungsverhalten variieren kann. Vor diesem Hintergrund läßt aber die gelegentliche freiwillige Einstufung von Aluminiumsulfat mit Eye Dam 1 keine Rückschlüsse auf das tatsächliche, praktisch relevante korrosive Verhalten am Auge/auf Schleimhäuten zu.

In dem REACH Registrierdossier wird für Aluminiumsulfat ein pH mit $> 1 - \leq 2.9$ (bei 1 g/1 mL) angegeben.

Zu beachten ist hier bereits die erhebliche Bandbreite des angegebenen pH Wertes, und dies für einen Reinstoff!

Die Art der Probenvorbereitung für die pH Bestimmung kann auch einen Einfluss auf die ermittelten Ergebnisse haben.

Zur pH Messmethode im Bericht von Eurofins (s. Untersuchung C entsprechend lfd. Nr. 6 und 7 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhänge 16 und 17) ist anzumerken, dass hier zunächst ein 10:1 Schütteluat nach DIN EN 12457-4 hergestellt wurde. Es wurde für 24 Stunden eluiert. Dies entspricht den Vorgaben der LAGA EW 98: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall: „Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich: Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten“ (Kurzbezeichnung: EW 98). Danach wurde nach der DIN 38404-C5: 2009-07 der pH Wert mit der pH-Glaselektrode bestimmt mit dem Ergebnis: 1,0; 1,6; 1,6.

Die pH Werte, der im Auftrag des Betreibers des HKW Wedel untersuchten Proben, wurden nach DIN EN ISO 10523 2012-04 bestimmt (s. Untersuchung E, lfd. Nr. 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 18), die die Nachfolgeversion der alten Norm DIN 38404 darstellt. Daher kann hier nicht von wesentlich unterschiedlichen Messmethoden gesprochen werden.

Über die Art der Herstellung der Messlösung wurden keine Angaben gemacht. Als Ergebnis der pH Bestimmungen wurden erhalten: 1,6; 1,9; 2,0, so dass sich keine sehr deutlichen Unterschiede aufzeigen. Wie oben bereits begründet, können diese geringen Schwankungen durch die unterschiedliche Beschaffenheit und durch Alterungsprozesse der Proben begründet sein.

Die in der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1 von 2018 (s. lfd. Nr. 1 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und ohne Anlagen als Anhang 1) aufgeführten pH Werte der Wessling GmbH (s. Untersuchung D der o.g. Tabelle 3 und Anhang 5) wurden nach Ph.Eur. 2.2.3 in einer Suspension mit 1 g/10 mL gemessen. Hier lag der pH-Wert nach 10 Minuten bei ca. 2,3. Die eingesetzte Probenmenge war hier allerdings kleiner.

Die Variation der Ergebnisse scheint sich des Weiteren teilweise auch durch die unterschiedlichen Rührzeiten/Elutionszeiten erklären zu lassen. Je länger gerührt/eluiert wird, desto mehr Partikel-/Stoffbestandteile (wie z.B. angenommenerweise Aluminiumsulfat) können in der wässrigen Phase lösen, so dass folglich auch der pH Wert absinkt.

Die Elutionsmethode nach LAGA EW 98 spiegelt allerdings eher die realen Umweltbedingungen mit dem Einfluss von Witterungsverhältnissen (Regen) wider und sollte aus diesem Grund grundsätzlich Bevorzugung finden.

Es wird jetzt aber bereits darauf hingewiesen, dass die Methode LAGA EW 98 Expositionsbedingungen am Auge oder auf der Haut nicht adäquat abbildet, weil beispielsweise eine 24-stündige Extraktionszeit praktisch nicht gegeben ist, denn Fremdkörper im/am Auge bzw. dessen Schleimhäuten werden umgehend mit dem Tränenfluss ausgewaschen.

Im Bericht der GBA von 2016 wurde nach DIN ISO 10390 mittels pH Messung in einer Suspension ein Wert von 1,5 ermittelt (s. Untersuchung A der o.g. Tabelle 3; auch Abschnitt 5 der „Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) nach Anhang 2 entsprechend dem Dokument nach lfd. Nr. 2 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 13)). Die Rührzeit wird hier nicht angegeben.

Möglicherweise sind für die zu beobachtenden Schwankungen der gemessenen pH Werte auch (unbekannte) Laboratorium spezifische Einflussgrößen zu berücksichtigen, denn im Bericht von GBA nach Nr. (8) (s. lfd. Nr. 8 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 18) wird festgehalten (Zitat):

„Die pH-Werte von Eurofins [Anmerkung der Autoren: Es handelt sich um die Berichte nach den Nr. (6) und (7)] liegen jedoch um 0,3 bis 0,6 niedriger als die der GBA.“

Es erscheint nichtsdestotrotz unter ausdrücklicher Berücksichtigung mancher „Ungenauigkeiten“ statthaft, das arithmetische Mittel, einschließlich der Standardabweichung, für alle pH Messwerte zu berechnen; es ergibt sich ein Wert von $1,79 \pm 0,4$, der anzeigt, dass die ermittelten pH Werte eine grundsätzliche Übereinstimmung aufweisen und nicht sehr breit „streuen“.

Die Autoren betrachten den genannten pH Wert von $1,79 \pm 0,4$ als indikativ für den Belag des Reingaskanals bzw. den Partikelniederschlag, wenn per Konvention festgelegte analytische Methoden für dessen Messung zur Anwendung kommen.

Inwieweit der o.g. pH Wert gleichermaßen verlässlich eine Aussage zur reizenden/korrosiven Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals bzw. dem Partikelniederschlag erlaubt, wird nachfolgend im Abschnitt 3.4 „Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlags“ untersucht.

Hingewiesen werden soll abschließend auf die Stellungnahme „PH-Wert-Messung vom 26.07.2019“ nach Nr. (10) (s. lfd. Nr. 10 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 20).

Der dort aufgeführte pH Wert von < 2 kann keinesfalls als ein zuverlässiger Wert angesehen werden; die Bestimmungsmethodik mittels eines Papier basierten Indikators zur pH Bestimmung (sogenannter Lackmus Streifen) erlaubt allenfalls eine „grobe Abschätzung“ (wie sie für Schwimmbadwasser ausreichend sein mag), aber keine verlässliche Messung.

3.4 Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlags

In der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) (entsprechend lfd. Nr. 1 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 1) wird beschrieben, das 2018 mit dem Belag des Reingaskanals des HKW Wedel ein sogenannter Bovine Corneal Opacity and Permeability (BCOP) Test (s. Anhang 6) durchgeführt wurde.

Dieser Test stellt eine *in vitro* Testmethode dar, die es erlaubt, Stoffe und Gemische zu identifizieren, die entweder schwere Augenschäden hervorrufen, somit korrosive, sprich ätzende Wirksamkeit besitzen (Kategorie 1 nach der CLP Verordnung: s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) oder keiner Einstufung bedürfen (siehe hierzu: OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, No. 437, adopted 09. October 2017; verfügbar unter: https://echa.europa.eu/documents/10162/21650280/oecd_test_guidelines_eye_irritation_en.pdf/0b39b86e-a3b5-4022-a43c-26d35bd45b75).

Zwei Belagsproben aus dem Reingaskanal (WF17-00642: Block 1, Bodenbereich und WF17-00628: Block 1, Mannlochbereich) wurden als Mischung mit dem oben beschriebenen *in vitro* Testsystem untersucht.

Wie oben schon mehrfach ausgeführt wird, sind Untersuchungsergebnisse erhoben am Belag des Reingaskanals des HKW Wedel auf dessen Partikelniederschlag selbst übertragbar.

Die untersuchte Mischprobe zeigte einen sogenannten IVIS-Wert von 44,29, so dass sich formalrechtlich nach der CLP Verordnung keine Einstufung als augenschädigend der Kategorie 1 (korrosive Wirksamkeit) ergab. Augenreizende Eigenschaften konnten allerdings mit diesem Testergebnis nicht ausgeschlossen werden, da der ermittelte IVIS-Wert methodenbedingt keine weitere Voraussage zulässt.

Dieses *lege artis* erzeugte Testergebnis steht in gewissem Widerspruch zu den gemessenen pH Werten, denn es entspricht gängiger Ableitung, dass ein pH Wert von unter 2 indikativ für Korrosivität (irreversible Schädigung) von Haut, Augen bzw. Schleimhäuten ist (s. so auch die Argumentation in der Stellungnahme „*PH-Wert-Messung vom 26.07.2019*“ nach Nr. (10) (s. lfd. Nr. 10 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 20).

Allerdings werden folgende Aspekte hinsichtlich einer solchermaßen mehr pauschalierenden Schlussfolgerung nicht (ausreichend) berücksichtigt:

- Eine praktisch relevante reizende/korrosive Wirksamkeit hängt wesentlich von der Konzentration und der Einwirkdauer einer relevanten Konzentration ab.

Das Auge bzw. dessen Schleimhäute sind „dynamisch“ sich verändernde Oberflächen, die jegliche Stoffkonzentration sofort und unmittelbar (durch die den Schleimhautzellen aufliegende „Feuchtigkeit“ bzw. (zusätzlich) dem Tränenfluss) verdünnen und (unter besonderer Unterstützung des Wimpernschlags) für einen umgehenden Austrag sorgen (insbesondere, weil auch der Tränenfluss (auch wegen der möglicherweise vorhandenen mechanischen Reizung durch ein Partikel) sofort angeregt wird.

Offensichtlich reichen sogar bei einem statischen Testsystem, wie es der BCOP darstellt, weder Konzentration noch Zeitdauer aus, korrosive Effekte hervorzurufen.

- Die Expositionsverhältnisse zwischen „*Partikelniederschlag auf dem Autodach*“ und „*Partikelniederschlag auf der Augenschleimhaut*“ sind keinesfalls vergleichbar. Eine Gleichsetzung, wie dies die Stellungnahme „*PH-Wert-Messung vom 26.07.2019*“ nach Nr. (10) (s. lfd. Nr. 10 des Abschnitts 9 „*Dokumentation*“ und Anhang 20) vornimmt, ist nicht statthaft.

Das Auge bzw. dessen Schleimhäute besitzen, anders als das Autodach, ein „dynamisches“ Schutzsystem (wie oben vorgehend beschrieben). Langandauernder, anbackender Kontakt (über Tage) mit einer gewissen (für eine Nacht typischen) Feuchtigkeitsmenge ist offensichtlich mit der relevanten menschlichen Exposition nicht vergleichbar.

Letztendlich mag es aus humantoxikologischer Sicht dahingestellt sein, ob der Partikelniederschlag auf dem Autodach Lackschäden verursacht, ein „Beweis“ für eine ebenfalls korrosive Wirksamkeit auf Augen/Schleimhäute wäre es keinesfalls. Der Vergleich ist *per se* nicht zulässig!

Die zu konstatierende Tatsache, dass nach derzeitigem Kenntnisstand der Autoren bislang über keine adversen Wirkungen auf Haut, insbesondere Augen und deren Schleimhäute, berichtet wurde, die dem Partikelniederschlag des HKW Wedel zugerechnet worden wären, bestätigt im Wesentlichen die Ergebnisse der *in vitro* Studie und ist in plausibler Übereinstimmung mit den oben aufgeführten Gründen, weshalb eine pauschalierende Gleichsetzung eines bestimmten pH Wertes mit einer „automatisch“ hiermit einhergehenden reizenden/korrosiven Wirksamkeit nicht gerechtfertigt ist.

Nach derzeitigem Kenntnisstand muß bzgl. reizender/korrosiver Wirksamkeit des Partikelniederschlags dem Stoff Aluminiumsulfat besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, weil einerseits vermutet wird, dass er in den Partikeln (entsprechend dem Belag des Reingaskanals)

vorliegen könnte (s. hierzu die Ausführungen zu den mineralogischen Phasen nach Abschnitt 3.2), andererseits dessen Wirkpotenz nicht eindeutig „klar“ ist, wie nachfolgend dargelegt:

Gemäß den Untersuchungen zur Hautreizung, wie im REACH Registrierdossier niedergelegt (s. unter: <https://echa.europa.eu/de/registration-dossier/-/registered-dossier/16061/7/4/1>) besitzt pulverförmiges Aluminiumsulfat keine die Haut reizende/korrosive Wirksamkeit.

Basierend auf Untersuchungen, bei denen in das Kaninchenauge (Konjunktivalsack) 0,1 g festes Aluminiumsulfat instilliert worden war und nicht ausgespült wurde, konnte ein Augen schädigendes Potenzial festgestellt werden und entsprechend ist der Stoff (gelegentlich) freiwillig eingestuft mit Eye Dam. 1; eine harmonisierte Einstufung nach CLP Verordnung liegt nicht vor.

In Bezug auf die potenzielle augenschädigende Wirkung des Belags im Reingaskanal/des Partikel-niederschlags ist anzumerken, dass für den darin vermuteten anorganischen Stoff Aluminiumsulfat [CAS# 10043-01-3; EC# 233-135-0] in seiner Reinform (≥ 80 %-ig) im Jahre 2013 eine Stoffbewertung nach dem CORAP (Community Rolling Action Plan) initialisiert (verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/documents/10162/66fbb77a-ac18-438e-85e2-fbe7fa4dee09>) und 2017 abgeschlossen wurde (verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/documents/10162/46a15bd6-c4e3-d57e-1d3e-2b2e5336e793>).

In dieser Stoffbewertung wird noch einmal erwähnt, dass Aluminiumsulfat (ohne Kristallwasser: „anhydrous“) nicht als hautschädigend oder hautreizend eingestuft wird (Zitat: „As AC [Anmerkung der Autoren: Aluminium Chloride] is classified skin corrosive in category 1B and as aluminium sulphate anhydrous is not irritating to the skin, for animal welfare reasons, AS seems a more suitable substance to investigate the systemic effects of aluminium soluble salts than aluminium chloride“).

Offensichtlich ist das Reizpotenzial von Aluminiumsulfat weniger stark ausgeprägt, als es die pH Bestimmungen vermuten lassen, was evtl. auch darauf zurückzuführen ist, dass Aluminiumsulfat in den Partikeln nicht in Reinform vorliegt (bislang ist dessen Vorhandensein nur vermutet, nicht aber nachgewiesen worden), sondern „vergesellschaftet“ mit vielen anderen Elementen/Stoffen. Diese wiederum dürfte dessen Lösungseigenschaften in Wasser und in der Folge ebenso das reizende/korrosive Potenzial deutlich beeinflussen, wie dies die BCOP Untersuchungen andeuten.

Die mittlerweile wiederholte Durchführung von Untersuchungen zu den Elementen und der Morphologie (s. obiger Abschnitt 3.2), der qualitativen und quantifizierten Zusammensetzung (s. obiger Abschnitt 3.1), sowie dem pH (s. obiger Abschnitt 3.3) des Belags des Reingaskanals des HKW Wedel ergibt insgesamt – trotz gewisser Schwankungen – eine „Einheitlichkeit“ in der Zusammensetzung der untersuchten Proben (und somit auch „stellvertretend“ für den Partikel-niederschlag), so dass deren reizende/korrosive Wirkpotenz folgerichtig auch als hinreichend vergleichbar angesehen werden muß.

Somit kann mit hoher Sicherheit angenommen werden, dass ein weiterer BCOP Test zu keinem wesentlich abweichenden Ergebnis führen wird, d.h. die IVIS Werte werden sich in der gleichen Größenordnung bewegen, so dass zwar Korrosivität („damage“) ausgeschlossen werden kann, eine weitergehende Interpretation aber ebenso, wenig wie beim bereits durchgeführten Test, möglich sein wird.

Es wird betont, dass durch die o.g. Ausführungen dem Kritikpunkt möglicher „uneinheitlicher“, sprich voneinander abweichender, BCOP Testergebnisse bei Verwendung mehrerer unterschiedlicher Proben, plausibel und nachvollziehbar begegnet werden kann (s. im Detail die Abschnitte 3.1 bis 3.3).

3.5 Zusammenfassung der Charakterisierung des Partikel-niederschlags

Zusammenfassend ergibt sich aus den Untersuchungen zur Charakterisierung des Partikel-niederschlags im Vergleich zu und an Hand des Belags im Reingaskanal, dass

- anhand der neuen analytischen Untersuchungen (innerhalb gewisser Schwankungen) wiederum eine sehr ähnliche Zusammensetzung im Vergleich zu den entsprechenden Untersuchungen früherer Proben belegt werden kann,
- die Stoffe (Schwermetalle) Arsen, Chrom gesamt und Nickel (verglichen mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der BBodSchV für Wohngebiete; s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) als „auffällig“ zu betrachten sind, somit einer erneuten humantoxikologischen Risikobewertung bedürfen,
- mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse die mineralogische Phasenzusammensetzung des Belags im Rheingaskanal/des Partikelniederschlags untersucht wurde, die zum einen Strukturen ergab, die u.a. auf Ca-Mg-Fe-Silikate hinweisen, sowie auch Strukturen ergab, die aus Aluminium, Sauerstoff und Schwefel bestehen, deren stöchiometrisches Verhältnis auf das Vorhandensein wasserfreien Aluminiumsulfats hinweist, und
- wässrige Suspensionen des Belags des Reingaskanals, somit auch die des Partikelniederschlags, einen pH Wert von 1.79 ± 0.4 haben und somit *a priori* als potenziell korrosiv (insbesondere am Auge/auf Schleimhäuten) anzusehen wären.

Dennoch lässt sich aus den ermittelten pH Werten ohne Berücksichtigung spezifischer Expositionsgegebenheiten keine Wirkpotenz ableiten, die eine Einstufung in die Kat. 1 für Augen schädigende Wirksamkeit (Korrosivität) rechtfertigen würde, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des *in vitro* Modells BCOP Test steht und offensichtlich der derzeitigen Beobachtung entspricht, dass nach Kenntnis der Autoren über entsprechende adverse Wirkungen beim Menschen, insbesondere bei Kindern, aus dem Wohnumfeld des HKW Wedel bislang nicht berichtet wurde.

Während eine korrosive Wirksamkeit (vorzugsweise am Auge bzw. dessen Schleimhäuten, definitiv ausgeschlossen werden kann, erscheinen reizende Wirkungen grundsätzlich möglich, würden aber mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls nicht spezifisch auffällig sein, da „kantige“ Partikel *per se* zu einer mechanisch bedingten Reizwirkung führen können.

Somit dürfte eine Stoff bzw. pH verursachte Reizwirkung nicht zu unterscheiden sein von einer Reizwirkung, wie sie auch von Bodenbestandteilen, wie Sand beispielsweise, auf Grund von abrasiver Wirkung verursacht wird.

4. Bestimmung der expositionsrelevanten Daten

Nachfolgend werden die praktisch relevanten Randbedingungen der Exposition des Menschen, vorzugsweise der von Kindern, dargelegt, so dass diese in plausibler Weise in die humantoxikologischen Risikobetrachtungen einfließen können.

Relevant sind hierzu die formalrechtlichen Anforderungen der Bundesbodenschutzverordnung (s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“), denn der Partikelniederschlag befand sich zu Beginn auf, z.T. dann nach Durchmischung auch schon im Boden, und kann somit als „schädliche Einwirkung auf den Boden“ betrachtet werden (s. hierzu die ausführliche Begründung dieser Vorgehensweise in der „Fachlichen Stellungnahme“ Nr. (3) (s. lfd. Nr. 3 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 7) im dortigen Abschnitt 2.1 unter Bezugnahme auf die „Humantoxikologische Bewertung“ Nr. (2).

Zusätzlich dazu erfolgte in Fortführung des 2018 verfolgten Ansatzes (s. „Zusammenfassende Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1) die erneute sachdienliche Interpretation der (massenbezogenen) Daten unter Anwendung der Anforderungen der Bundesbodenschutzverordnung.

Des Weiteren sind die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen der TA Luft (s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) zu betrachten, für die neue (zeitbasierte) Immissionsdaten zur Verfügung stehen (s. hierzu Abschnitt 4.2 „Expositionsrelevante Betrachtungen nach TA Luft“).

4.1 Expositionsrelevante Betrachtungen nach Bundesbodenschutzverordnung

In der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1) wurde Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal des HKW Wedel bzgl. seiner potenziellen Gesundheitsgefährdung humantoxikologisch beurteilt.

Hierzu war es aufgrund der eingeschränkten Datenlage notwendig, eine Abschätzung zur Bodenbedeckung im Umfeld des HKW Wedel vorzunehmen, so dass dann auf eine mögliche menschliche Exposition vorzugsweise nach oraler Aufnahme (zusammen mit Bodenbestandteilen) und auf eine direkte lokale Exposition von Haut bzw. Augen/Schleimhäuten (vorzugsweise bei Kindern) geschlossen werden konnte.

Wie schon in der „Fachlichen Stellungnahme“ Nr. (3) nach Anhang 7 im dortigen Abschnitt 2.5 unter Bezugnahme auf die „Humantoxikologische Bewertung“ Nr. (2) (dort unter Abschnitt 3.4) dargelegt, wurde hierbei unterstellt, dass der Partikelniederschlag auf dem Boden nicht nur flächig aufliegt, sondern dass eine mehr oder weniger starke Durchmischung mit dem Boden stattfindet, somit praktisch im Partikelniederschlag vorhandene Stoffkonzentrationen (deutlich) „verdünnt“ werden, so dass auch die menschliche Exposition wegen des dann (deutlich) vergrößerten Bodenanteils abnimmt.

Hiernach wurde in der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) beschrieben, dass - bei einer Bodenbedeckung von 5 % (s. unten) und einer Durchmischung mit den ersten 10 cm des Bodens - die Stoffkonzentrationen (beispielsweise der Messwerte von 2016 nach Tabelle 1) um den Faktor 0,0005 zu korrigieren sind gemäß nachfolgender Tabelle 4 (dort in Fettdruck als „Volumen korrigierter Wert“ bezeichnet), so dass nun (richtigerweise) als Bezugsgröße die Bodenmasse [kg] angesprochen wird, und damit die unmittelbare Vergleichbarkeit mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der BBodSchV gegeben ist.

Tabelle 4: Korrigierte Tabelle 1: Vergleich der Volumen korrigierten Messwerte mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung

Parameter	Messwerte aus 2016	Messwerte aus 2017	Messwerte aus 2019	Volumen-korrigierte Messwerte aus 2016	Volumen-korrigierte Messwerte aus 2017	Volumen-korrigierte Messwerte aus 2019	Prüf-/Maßnahmenwert BBodSchV für Wohngebiete
Totalaufschluss mittels Königswasser							
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]			[mg/kg]
Arsen	50	89	62,7 - 80,0	0,025	0,0445	0,03135 - 0,04	50
Blei	39	48	33 - 57	0,0195	0,024	0,0165 - 0,0285	400
Cadmium	1,2	1,6	1,5 - 1,8	0,0006	0,0008	0,00075 - 0,0009	2
Chrom gesamt	1.340	1.410	1.210 - 1.810	0,67	0,705	0,605 - 0,905	400
Chrom VI	< 20	< 20	n. n.	< 0,01	< 0,01	n. n.	n. v.
Kupfer	246	166	148 - 153	0,123	0,083	0,074 - 0,0765	(1.000 *)
Nickel	1.010	1.230	1.260 - 1.630	0,505	0,615	0,63 - 0,815	140
Quecksilber	< 0,1	0,4	< 0,07	< 0,00005	0,0002	< 0,000035	20
Zink	217	200	174 - 207	0,1585	0,1	0,087 - 0,1035	n. v. ** & n. r.
Summe PAK (EPA)	n. n.	n. v.	n. v.	n. n.	n. v.	n. v.	n. v.
Summe PCDD/DF	n. n.	0,032 [ng/kg]	n. v.	n. n.	0,000016 [ng/kg]	n. v.	0,0001 ***
Fluorid	n. n.	n. v.	n. n.	n. n.	n. v.	n. n.	n. v.
Aluminium	41.000	38.000	21.800 - 30.100	20,5	19	10,9 - 15,05	n. v.

Antimon	2,7	3,0	n. n.	0,00135	0,0015	n. n.	n. v. (lediglich Angabe eines Boden- Grundwasser- wertes von 10 µg/L)
Barium	460	97	489 - 507	0,23	0,0485	0,2445 - 0,2535	n. v.
Bor	28	270	40 - 69	0,014	0,135	0,02 - 0,0345	n. v.
Calcium	12.000	63.000	62.300 - 84.500	6	31,5	31,15 - 42,25	n. v. ** & n. r.
Cobalt	44	50	39 - 62	0,022	0,025	0,0195 - 0,031	n. v.
Eisen (ges.)	46.000	63.000	29.900 - 34.700	23	31,5	14,95 - 17,35	n. v. **
Kalium	3.500	5.100	3.690 - 5.170	1,75	2,55	1,845 - 2,585	n. v. ** & n. r.
Magnesium	4.300	5.800	4.100 - 5.340	2,15	2,9	2,05 - 2,67	n. v. ** & n. r.
Mangan	410	360	372 - 440	0,205	0,18	0,186 - 0,22	n. v.
Molybdän	380	340	213 - 264	0,19	0,17	0,1065 - 0,22	n. v. (lediglich Angabe eines Boden- Grundwasser- wertes von 50 µg/L)
Natrium	3.900	4.300	5.670 - 14.900	1,95	2,15	2,835 - 7,45	n. v. ** & n. r.
Phosphor (ges.)	2.600	3.900	2.510 - 3.000	1,3	1,95	1,255 - 1,5	n. v. ** & n. r.
Schwefel (ges.)	120.000	120.000	136.000 - 157.000	60	60	68 - 78,5	n. v. ** & n. r.
Selen	1.800	1.000	981 - 1.150	0,9	0,5	0,4905 - 0,575	n. v. (lediglich Angabe eines Boden- Grundwasser- wertes von 10 µg/L)
Strontium	550	810	474 - 793	0,275	0,405	0,237 - 0,3965	n. v.
Tellur	n. n.	n. n.	< 5	n. n.	n. n.	< 0,0025	n. v.
Titan	1.700	1.800	1.190 - 1.440	0,85	0,9	0,595 - 0,72	n. v.
Vanadium	216	220	154 - 184	0,108	0,11	0,077 - 0,092	n. v.
Zinn	20	9,0	n. n.	0,01	0,0045	n. n.	n. v. (lediglich Angabe eines Boden- Grundwasser- wertes von 40 µg/L)
Silicium (KW- unlöslich)	26	28,08	n. n.	0,013	0,01404	n. n.	n. v. **

* Aufgrund fehlender humantoxikologischer Relevanz ist kein Prüfwert für Wohngebiete in der BBodSchV aufgeführt; der Wert in Klammern gilt für Grünland.

** Aufgrund fehlender humantoxikologischer Relevanz ist kein Prüfwert in der BBodSchV aufgeführt.

*** Maßnahmenwert!

n. n.: nicht nachweisbar

n. v.: nicht verfügbar

n. r.: nicht relevant

Der Vergleich der Volumen-korrigierten Messwerte für die „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel mit den Prüf-/Maßnahmenwerten der BBodSchV für Wohngebiete zeigt erneut eindrucksvoll deren unkritische Konzentration im Boden, eine Tatsache, die wesentlich durch die völlig unkritischen Messwerte der Spielsanduntersuchungen bestätigt wird (s. Anhang 8).

Es soll erneut darauf hingewiesen werden, dass aufgrund von nicht vollständiger Durchmischung mit den ersten 10 cm des Bodens davon auszugehen ist, dass die tatsächlich anzunehmenden Konzentrationen im Boden theoretisch zwar oberhalb der Volumen korrigierten Werte der Tabelle 4 liegen dürften, im Ergebnis aber deutlich unterhalb der Auffälligkeitsgrenze nach BBodSchV.

Für die nachfolgenden humantoxikologischen Risikobetrachtungen wurde erneut die stark konservativ angenommene Bodenbedeckung von 5 % herangezogen (s. „Zusammenfassende Stellungnahme“ Nr. (1) im Anhang 1).

Zusätzlich wurde im Zwischenbericht (s. Anhang 9) für den Abschlussbericht „Beuck, H. und Ropertz, A.: Vattenfall Europe Wärme AG, Durchführung von Immissionsmessungen“ Nr. (9) (s. lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 19) angemerkt, dass typischerweise 5 bis 15 Partikel in der Größenordnung von 1 bis 3 mm aufgefunden wurden.

Im Bericht (nach Anhang 10) wurden Berechnungen der Bodenbedeckung durchgeführt. Unter Berücksichtigung der gefundenen Maximalwerte von Partikelanzahl und -größe ließ sich aufzeigen, dass eigentlich nur eine Bodenbedeckung von ca. 0.02 % zu erwarten ist, woraus zu schließen ist, dass (Zitat lt. „Zusammenfassende Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1):

- „die den Berechnungen nach Anhang 10 zu Grunde liegende Bodenbedeckung von ca. 0,3 % (s. oben) schon vergleichsweise hoch ist und somit offensichtlich ein singuläres Emissionsereignis widerspiegelt,
- die tatsächlichen Partikelniederschläge vergleichsweise als geringfügig angesehen werden müssen, zumal deren Herkunft in der Mehrzahl der Fälle nicht eindeutig dem HKW Wedel zugeschrieben werden konnte, und
- die Zugrundelegung einer 5 %igen Bodenbedeckung (wie nachfolgend aus konservativen Gründen verwendet) als extrem „robust“ bezeichnet werden kann.“

Für die sachgerechte Expositions-betrachtung wurde erneut für die dermale Exposition nur der Anteil eines Stoffes berücksichtigt, der sich aus dem Belag des Reingaskanals/dem Partikelniederschlag herauslösen lässt.

Während sich für die orale Aufnahme eine vollständige Freisetzung der hier „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel wegen des pH Wertes der Magensäure hinreichend begründen lässt, trifft dies nicht für die dermale Exposition zu.

Hierzu wird erneut auf die ausführliche Darlegung der „Fachlichen Stellungnahme“ Nr. (3) (s. lfd. Nr. 3 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und nach Anhang 7 auf den dortigen Abschnitt 2.4) verwiesen.

4.2 Expositionsrelevante Betrachtungen nach TA Luft

Zwischenzeitlich liegt der Abschlussbericht „Beuck, H. und Ropertz, A.: Vattenfall Europe Wärme AG, Durchführung von Immissionsmessungen im Umfeld des Heizkraftwerks Wedel“ Nr. (9) (s. lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 19) für den Zeitraum 20/04/2017 bis 04/05/2018 vor.

Die nachfolgenden Ausführungen (Zitate) wurden diesem Abschlussbericht entnommen; zur Begrenzung des Umfangs dieses Berichtes wird auf die Übernahme der tabellarischen Zusammenstellungen weitgehend verzichtet:

- „Die ausgewerteten meteorologischen Messdaten weisen bei einem Vergleich mit den langjährigen Verhältnissen eine sehr hohe Übereinstimmung auf. In Bezug auf die hier insbesondere relevanten Parameter Windrichtung und Windgeschwindigkeit können die meteorologischen Verhältnisse während des Messzeitraums als repräsentativ für den Standort angesehen werden.“
- Im Mittel über den 12-monatigen Auswertungszeitraum wurden Staubbiederschlagswerte von 0,06 g/(m² × d) und 0,07 g/(m² × d) an den Messpunkten MP 2 und MP 3, sowie 0,12 g/(m² × d) und 0,14 g/(m² × d) an den MP 1 und MP 4 gemessen.
- Der Beurteilungswert gemäß TA Luft von 0,35 g/(m² × d) als Jahresmittelwert wurde somit an allen Messpunkten deutlich und sicher eingehalten.
- Die höchsten Einzelwerte wurden im Oktober 2017 gemessen. In diesem Monat waren Windrichtungen aus Südwesten dominierend. Ein entsprechender Einfluss des im Lee der vorherrschenden Windrichtung liegenden Kraftwerks kann als unwahrscheinlich erachtet werden.“

Zusätzlich zu den Staubbiederschlagsmessungen (s. oben) wurden die Depositionen der Metalle Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Chrom bestimmt.

Die Messergebnisse der Schadstoffdeposition werden nachfolgend in Tabelle 5 aufgeführt, die dem vorliegenden Abschlussbericht entnommen wurde (bzgl. Details wird auf „Beuck, H. und Ropertz, A.: „Vattenfall Europe Wärme AG, Durchführung von Immissionsmessungen im Umfeld des Heizkraftwerks Wedel“ Nr. (9) verwiesen (s. lfd. Nr. 9 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 19)).

Tabelle 5: Schadstoffdeposition der Metalle As, Cd, Ni, Pb und Cr als Bestandteil des Staubbiederschlags an den Messpunkten MP 1 bis MP 4 im Mittel für den Auswertungszeitraum vom 20.04.2017 bis zum 04.05.2018

Metall	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	Beurteilungswert	VDI 2267 Bl. 15 - Tab. 2 ³⁾		
	µg/(m ² ·d)	µg/(m ² ·d)	µg/(m ² ·d)	µg/(m ² ·d)	µg/(m ² ·d)	Quelle	ländlich	städtisch
Arsen	0,7	0,5	0,7	0,6	4	1)	0,1 bis 1,4	0,7 bis 2,2
Cadmium	0,2	0,2	0,2	0,2	2	1)	0,2 bis 0,6	0,3 bis 1,0
Nickel	3,0	2,4	1,7	2,6	15	1)	1 bis 3	5 bis 20
Blei	4,6	4,5	4,0	4,9	100	1)	10 bis 20	20 bis 35
Chrom	6,0	4,7	2,9	4,1	80	2)	1 bis 5	5 bis 10

¹⁾ Immissionswert nach Nr. 4.5.1 TA Luft

²⁾ Hilfswert, hergeleitet über Anhang 2 Nr. 5 der BBodSchV

³⁾ Typische Niederschlagsbereiche gemäß VDI 2267 Blatt 15 - Tab. 2

Die diesbezüglichen Schlussfolgerungen des Abschlussberichts sind folgende (Zitat):

- „Die Immissionswerte der TA Luft für Arsen, Cadmium, Nickel und Blei wurden im Auswertungszeitraum deutlich und sicher eingehalten. Das über die BBodSchV abgeleitete Beurteilungskriterium für Chrom wurde ebenfalls deutlich und sicher eingehalten.“
- Das Belastungsniveau war für alle Inhaltsstoffe vergleichbar mit typischen ländlichen bis niedrigen städtischen Hintergrundwerten und auch plausibel in Bezug auf die von April bis September 2017 in Hamburg-Rissen realisierten Messungen.
- Die Anteile der Messergebnisse (Mittelwerte) von Staubbiederschlag StN sowie den Depositionen von Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Chrom am jeweiligen Beurteilungswert (als Ausschöpfung in %) zeigt nachstehende Abbildung.“

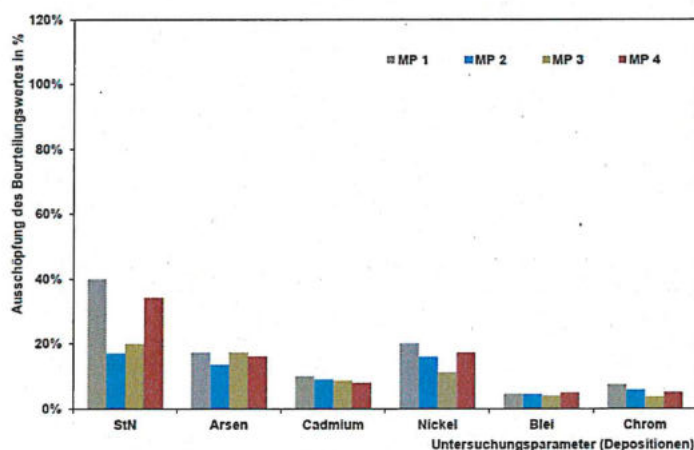


Abbildung: Anteil der Messergebnisse von Staubbiederschlag StN sowie den Depositionen von Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Chrom an den MP 01 bis MP 04 am jeweiligen Beurteilungswert für den jeweiligen Untersuchungsparameter - Ausschöpfung in %.

- „Für den hier realisierten 12-monatigen Messzeitraum dokumentieren die Ergebnisse an den Messpunkten MP 1 bis MP4 im Umfeld des HKW Wedel im Sinne der TA Luft in Zusammenfassung einen hinreichenden Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Staubbiederschlag und vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Depositionen der untersuchten Inhaltsstoffe.“
- Mit nur einer Ausnahme (am MP 3 in Juni I, mit $8,8 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ Arsen) wurden die auf Jahresmittelwerte zu beziehenden Beurteilungswerte nicht nur im Mittel, sondern auch in allen einzelnen Expositionszeiträumen unterschritten. In diesem Expositionszeitraum lagen fast ausschließlich westliche Windrichtungen vor. Ein Einfluss des östlich gelegenen Kraftwerks auf diesen Einzelwert erscheint daher sehr unwahrscheinlich.“

Infolgedessen belegen die Ergebnisse der Immissionsmessungen nach der Bergerhoff-Methode, dass im 12-monatigen Messzeitraum die mittleren Staubbiederschläge und die Immissionswerte (als Depositionswerte) für Arsen, Cadmium, Nickel, Blei und Chrom deutlich unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte der TA Luft lagen und somit kein erhöhtes Belastungsniveau für das Wohnumfeld des HKW Wedel im Vergleich zu typischen ländlichen bis niedrigen städtischen Hintergrundwerten gegeben ist, so dass nach Aussage der Autoren des o.g. Abschlussberichtes (Zitat) „ein hinreichender Schutz [] vor schädlichen Umwelteinwirkungen vorhanden ist.“

Es wird angemerkt, dass durch die o.g. inzwischen abgeschlossenen Immissionsmessungen unter Berücksichtigung der Anforderungen der TA Luft (s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“) dem damaligen Kritikpunkt bzgl. eines Mangels der „Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) wegen Nichtberücksichtigung dieser Rechtsgrundlage (und der diesbezüglichen Diskussion in der „Fachlichen Stellungnahme“ Nr. (3)) jetzt nachhaltig begegnet werden kann.

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse bzgl. expositionsrelevanter Daten

Bezüglich der obigen Darlegungen und der Diskussion expositionsrelevanter Daten kann folgendes zusammengefasst werden:

- Der für die humantoxikologischen Risikobetrachtungen verwendete Grad der Bodenbedeckung des Partikelnieberschlags von 5 % ist als sehr konservativ anzusehen; sie ist außerordentlich robust aus dem fotografisch dokumentierten Sachverhalt (s. Anhang 10), dem Staubbmonitoring (s. Anhang 11) und den obigen theoretischen Überlegungen abgeleitet.

Im Übrigen erscheint sie in plausibler Übereinstimmung mit den Immissionsmessungen bzgl. der Staubdeposition, die als (sehr) niedrig angesehen werden muß (s. hierzu die jeweiligen Ausschöpfungsgrade der Beurteilungswerte der TA Luft).

- Die per Totalaufschluss des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlag erhaltenen Messwerte (bzgl. der Konzentrationen der „auffälligen“ Elemente Arsen, Chrom gesamt und Nickel) zeigen eine deutliche Übereinstimmung für die verschiedenen Proben der Jahre 2016, 2017 und 2019 auf (s. zum Vergleich beispielsweise Tabelle 4) und belegen damit deren Validität hinsichtlich ihrer Verwendung zur Ableitung eines potenziellen Risikos adverser gesundheitlicher Wirkungen.

Diese Konzentrationswerte sind allerdings, wie schon in der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1) angemerkt, bestenfalls für die orale Aufnahme von Partikeln (mit anhängendem Boden) als relevant anzusehen; für die dermale Exposition (einschließlich der von Augen/Schleimhäuten) stellen sie eine (deutliche) Überschätzung dar, da nur der tatsächliche Migrationsanteil (die sogenannte Metalllässigkeit) humantoxikologisch relevant ist und entsprechend zu berücksichtigen wäre.

- Wenn auch die Auswertung des Abschlussberichts zu den Immissionsmessungen (unter Berücksichtigung der „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel) bei Anwendung der Beurteilungswerte der TA Luft keine Auffälligkeiten ergibt, so muß doch auf einen wesentlichen Unterschied zur Bewertung nach der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) hingewiesen werden.

Die humantoxikologischen Risikobetrachtungen unter Anwendung der Konventionen der BBodSchV erlauben, basierend auf (konservativ) abgeleiteten Expositionsberechnungen ein gesundheitliches Risiko nach dermale Kontakt bzw. oraler Aufnahme der in Frage stehenden Elemente für z.B. Kinder zu bestimmen.

5. Gesetzliche Bewertungsgrundlagen

Für diese Ergänzung bzw. Aktualisierung der „Zusammenfassenden Stellungnahme“ Nr. (1) nach Anhang 1 wurden die nachfolgenden gesetzlichen Grundlagen berücksichtigt, um in möglichst transparenter Weise formalrechtliche Beurteilungskriterien zur Auswahl „auffälliger“ Stoffe (in Abhängigkeit der zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweils vorhandenen Datenlage) zu erhalten, und um Hilfestellung bei der Beurteilung einer möglichen menschlichen Exposition mittels Prüf-/Maßnahmenwerten der Bundesbodenschutzverordnung bzw. der Beurteilungswerte der TA Luft zu gewinnen:

- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554); zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert; verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschr/bbodschr.pdf>
- TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511; 01.12.2014, S. 1603); verfügbar unter: http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwbund_24072002_IGI2501391.htm

Durch die o.g. inzwischen abgeschlossenen Immissionsmessungen unter Berücksichtigung der Anforderungen der TA Luft kann dem damaligen Kritikpunkt bzgl. eines Mangels der „Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) wegen Nichtberücksichtigung dieser Rechtsgrundlage (s. hierzu die ausführliche Darlegung des gesamten Sachverhalts in der „Fachlichen Stellungnahme“ Nr. (3)) jetzt nachhaltig begegnet werden.

Die jetzt mögliche Anwendung der Anforderungen der TA Luft bzgl. einer potenziellen „schädlichen Umwelteinwirkung“ durch (den) Partikelniederschlag ist (mit Einschränkungen) geeignet, die Argumentationstiefe „zu verdichten“ und im Sinne der o.g. Beweiskraftermittlung die nachfolgende humantoxikologischen Risikobetrachtungen plausibel und nachvollziehbar zu unterstützen.

6. Humantoxikologische Risikobetrachtungen

Zu den Details der humantoxikologischen Risikobetrachtungen im Hinblick auf die begründet anwendbaren Eingangsparameter nach BBodSchV wird auf die ausführlichen Darlegungen der

„Humantoxikologischen Bewertung“ Nr. (2) verwiesen; hier insbesondere auf deren Abschnitte 3.1 und 3.4) (s. lfd. Nr. 2 des Abschnitts 9 „Dokumentation“ und Anhang 2).

Hervorgehoben wird allerdings, da von grundsätzlicher Bedeutung im Sinne einer realistischen Risikobetrachtung, dass zwei sehr unterschiedliche Expositionspfade zu unterscheiden sind, d.h. die orale Aufnahme (von Partikelniederschlag mit anhängendem Boden) ist vom lokal dermalen Kontakt (auch von Augen/Schleimhäuten) ebenfalls von Partikelniederschlag mit anhängendem Boden zu unterscheiden.

Für die nachfolgenden Berechnungen werden die Messwerte der Tabelle 1 bzgl. der Konzentrationen im Belag des Reingaskanals („stellvertretend“ für den Partikelniederschlag) herangezogen.

Des Weiteren werden bzgl. der humantoxikologisch relevanten Effektschwellen für adverse Wirksamkeit nur diejenigen verwendet, die von internationalen wissenschaftlichen Gremien nach einem „Review“ Prozess festgelegt wurden.

Für den Stoff **Arsen** wurde von der EFSA 2010 ein „Scientific Opinion on Arsenic in Food“ veröffentlicht (EFSA Journal 2009; 7(10):1351; verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2009.1351/epdf>), in dem der bislang von dem Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) festgelegte „provisional tolerable weekly intake“ (PTWI) von 15 µg/kg Körpergewicht (und Woche) als nicht mehr adäquat angesehen wurde, weil (Zitat): „inorganic arsenic causes cancer of the lung and urinary bladder in addition to skin, and that a range of adverse effects had been reported at exposures lower than those reviewed by the JECFA.“

Für ein „1 % extra risk“ wurde eine sogenannte „benchmark dose lower confidence limit“ (BMDL01) von 0,3 und 8 µg/kg Körpergewicht und Tag identifiziert.

Im Jahre 2014 veröffentlichte EFSA einen „SCIENTIFIC REPORT: Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population“ (EFSA Journal 2014;12(3):3597; verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3597/epdf>), in dem die aktuellsten Daten zur Arsenexposition von u.a. Kindern zusammengetragen wurden (Zitat): „mean dietary exposure among infants, toddlers and other children ranged from 0.20 to 1.37 µg/kg b.w. per day“. Reis, Milch und Milchprodukte steuern hierzu den größten Anteil bei.

Die Eingangsparameter der Expositionsabschätzung sind somit:

- Zu betrachtende Population: Kinder
- Körpergewicht: 10 kg
- Gehalt an Arsen im Belag des Reingaskanals, entsprechend angenommen für Partikelniederschlag: 89 mg/kg oder 0,089 µg/mg („worst-case scenario“: der Wert aus den Messungen in 2017 ist höher als im Jahr 2019; siehe Tabelle 1, Spalte 2)
- Tägliche orale Bodenaufnahme: 16,5 mg/kg Körpergewicht (für ein Kind)
- Korrekturfaktor aufgrund der gering bedeckten Bodenoberfläche: 0,05 (entsprechend 5 % Bodenbedeckung)
- Tägliche Partikelaufnahme unter Anwendung des Korrekturfaktors: 16,5 mg/kg Körpergewicht x 0,01 = 0,83 mg/kg Körpergewicht

Die rechnerische Expositionsabschätzung für die tägliche Aufnahme von Arsen aus dem Partikelniederschlag ergibt somit:

$$0,83 \text{ mg/kg Körpergewicht} \times 0,089 \text{ µg/mg} = 0,07 \text{ µg Arsen/kg Körpergewicht.}$$

Zur Risikoabschätzung könnte diese rechnerisch ermittelte tägliche Aufnahme von 0,07 µg Arsen/kg Körpergewicht mit dem oben zitierten PTWI von 15 µg/kg Körpergewicht (und Woche!) verglichen werden. Der Abstandsfaktor (hier Margin of Exposure: MoE) würde dann (15 µg/kg Körpergewicht pro Woche / 7 Tage) $2,1 / 0,07 = \text{ca. } 30$ betragen, ein Faktor, der für eine im Wesentlichen mehr akute, statt einer chronischen Exposition wegen der bereits in der Ableitung des PTWI verwendeten Sicherheitsfaktoren als völlig ausreichend anzusehen ist.

Da dieser PTWI allerdings als nicht mehr adäquat im Hinblick auf das humantoxikologisch relevante Toxizitätsprofil von Arsen angesehen wird (s. oben), kann stattdessen eine Abschätzung erfolgen, inwiefern bei Vergleich mit der (praktisch unvermeidlichen) Aufnahme von Arsen über die Nahrung eine signifikante Zusatzbelastung durch Arsen aus dem Belag/Partikelniederschlag gegeben ist.

Der Vergleich zeigt, dass im ungünstigsten Fall die tägliche Aufnahme von theoretisch 0,07 µg Arsen/kg Körpergewicht deutlich unter dem niedrigsten Wert von 0,2 µg/kg Körpergewicht liegen würde und in Anbetracht der Bandbreite der Aufnahme über die Nahrung von fast 700 % nicht bedeutend ist, insbesondere wenn berücksichtigt wird, dass allen Vergleichswerten die tägliche, lebenslange Exposition zu Grunde liegt.

Da zudem eine als kritisch anzusehende Zusatzbelastung weder durch eine orale Aufnahme durch Spielsand noch durch Immissionen erfolgt, ist mit der eher kurzzeitigen potenziellen Exposition gegenüber Arsen aus Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals kein relevantes (Zusatz)Risiko für die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern, verbunden.

Da die akute Toxizität (systemisch, wie auch lokal dermal) relativ gering ist, spielt sie bzgl. einer entsprechend geringen Exposition keine Rolle.

Abschließend ist für eine Gewichtung der Größe der in dem Belag des Reingaskanals („stellvertretend“ für den Partikelniederschlag) des HWK Wedel gefundenen Arsenkonzentration zu bemerken, dass der Prüfwert nach der BBodSchV für Kinderspielflächen 25 mg/kg TM beträgt; die nicht anthropogen verursachte, somit natürliche Bodenkonzentration in etwa 10 mg/kg beträgt.

Somit ergibt sich unter Berücksichtigung und Gewichtung aller Faktoren die insgesamt unkritische Konzentration von Arsen in dem Belag des Reingaskanals bzw. dem Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal.

Diese Risikobetrachtung ist auch aus folgendem Grund außerordentlich robust, denn, wie schon weiter oben betont, werden die Partikel bezogenen Massen (gemessene Konzentration von hier Arsen im Belag des Reingaskanals) direkt den Boden bezogenen Massen (angenommene Konzentration von hier Arsen im Boden) gleichgesetzt. Tatsächlich aber erfolgt eine Durchmischung der Partikel mit den oberen Bodenschichten (was einer „Verdünnung“ um den Faktor 2.000 entspricht), so dass die in Tabelle 4 aufgeführten Volumen korrigierten Konzentrationen heranzuziehen wären.

Für den Stoff **Chrom** (hier als Chrom gesamt betrachtet) liegt bzgl. des toxikologisch relevanten Effektwertes ein von der EFSA abgeleiteter TDI von 300 µg/kg Körpergewicht (und Tag) vor (Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water: EFSA Journal 2014;12(3):3595; verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3595/epdf>).

Die Eingangsparameter der Expositionsabschätzung sind:

- Zu betrachtende Population: Kinder
- Körpergewicht: 10 kg
- Gehalt an Chrom im Belag des Reingaskanals, entsprechend Partikelniederschlag: 1.810 mg/kg oder 1,81 µg/mg (höchster gemessener Wert vom Jahr 2019; siehe Tabelle 1, Spalte 3)
- Tägliche orale Bodenaufnahme: 16,5 mg/kg Körpergewicht (für ein Kind)
- Korrekturfaktor aufgrund der gering bedeckten Bodenoberfläche: 0,05 (entsprechend 5 % Bodenbedeckung)
- Tägliche Partikelaufnahme unter Anwendung des Korrekturfaktors: 16,5 mg/kg Körpergewicht x 0,05 = 0,83 mg/kg Körpergewicht

Die rechnerische Expositionsabschätzung für die tägliche Aufnahme von Chrom aus dem Partikelniederschlag ergibt somit:

$$0,83 \text{ mg/kg Körpergewicht} \times 1,81 \text{ µg/mg} = 1,50 \text{ µg Chrom gesamt/kg Körpergewicht.}$$

Zur Risikoabschätzung kann diese rechnerisch ermittelte tägliche Aufnahme von 1,50 µg Chrom

gesamt/kg Körpergewicht mit dem oben zitierten täglich tolerierbaren TDI-Wert der EFSA von 300 µg/kg Körpergewicht verglichen werden.

Da der TDI-Wert nur zu 0,5 % ausgeschöpft wird, ergibt sich selbst bei einer lebenslangen täglichen potenziellen Exposition gegenüber Chrom aus dem Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals kein relevantes Risiko für die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern.

Da zudem eine als kritisch anzusehende Zusatzbelastung weder durch eine orale Aufnahme durch Spielsand noch durch Immissionen erfolgt, ist mit der eher kurzzeitigen potenziellen Exposition gegenüber Chrom gesamt aus dem Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals kein relevantes (Zusatz)Risiko für die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern verbunden.

Da die akute Toxizität (systemisch, wie auch lokal dermal) gering ist, spielt sie bzgl. einer entsprechend geringen Exposition keine Rolle.

Abschließend ist für eine Gewichtung der Größe der in dem Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals des HWK Wedel gefundenen Chromkonzentration zu bemerken, dass der Prüfwert nach der BBodSchV für Kinderspielflächen 200 mg/kg TM beträgt; die nicht anthropogen verursachte, somit natürliche Bodenkonzentration (in Deutschland) in etwa 10 bis 90 mg/kg beträgt.

Somit ergibt sich unter Berücksichtigung und Gewichtung aller Faktoren die insgesamt unkritische Konzentration von Chrom gesamt in dem Belag des Reingaskanals bzw. dem Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal.

Diese Risikobetrachtung ist auch aus folgendem Grund außerordentlich robust, denn, wie schon weiter oben betont, werden die Partikel bezogenen Massen (gemessene Konzentration von hier Chrom im Belag des Reingaskanals) direkt den Boden bezogenen Massen (angenommene Konzentration von hier Chrom im Boden) gleichgesetzt. Tatsächlich aber erfolgt eine Durchmischung der Partikel mit den oberen Bodenschichten (was einer „Verdünnung“ um den Faktor 2.000 entspricht), so dass die in Tabelle 4 aufgeführten Volumen korrigierten Konzentrationen heranzuziehen wären.

Für den Stoff **Nickel** wurde durch die EFSA ebenfalls ein TDI-Wert abgeleitet und zwar von 2,8 µg/kg Körpergewicht (und Tag) (Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water: EFSA Journal 2015; 13 (2):4002; verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2015.4002/epdf>).

In den USA wurde für in Wasser lösliche Nickelsalze unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 1000 eine Reference Dosis (RfD) von 8 µg Nickel/kg Körpergewicht abgeleitet (Toxicological Review of Soluble Nickel Salts, Metal Finishing Association of Southern California, Inc., U. S. Environmental Protection Agency, and Health Canada, March 1999; verfügbar unter: <http://www.tera.org/ART/Nickel/Ni%20main%20text.PDF>).

Zudem liegt für Nickel und Nickelverbindungen seit kurzem ein Bericht des "Committee for Risk Assessment" (RAC) vor als: Opinion on scientific evaluation of occupational exposure limits for Nickel and its compounds, ECHA/RAC/A77-O-0000001412-86-189/F, 9 March 2018; verfügbar unter: https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/nickel_opinion_en.pdf/9e050da5-b45c-c8e5-9e5e-a1a2ce908335.

In diesem Dokument, welches unter anderem die Erkenntnisse des EFSA Berichts aus dem Jahr 2015 mit einbezieht, wird ein „Occupational Exposure Limit“ (OEL) als 8-Stunden Zeit-gewichteter Durchschnitt (8-hours TWA) angegeben.

Hierbei liegt der genannte Wert für die einatembare Fraktion („inhalable dust“) bei 0,03 mg/m³ und der Wert für die lungengängige Fraktion („respirable dust“) bei 0,005 mg/m³ (gültig für Nickelmetall und Nickelverbindungen). Da die lungengängige Fraktion schätzungsweise 10 bis 20 % der einatembaren Fraktion ausmacht, wird angemerkt, dass die beiden abgeleiteten Werte miteinander übereinstimmen. Zusätzlich wird berichtet, dass Nickel und Nickelverbindungen als (verdächtig) krebserregend, entsprechend Kategorie 2, einzustufen sind, allerdings kann unter Berücksichtigung des „mode of action“ quasi eine Schwellenwert der krebserzeugenden Wirksamkeit unterstellt

werden, so dass bei Expositionen unterhalb des vorgeschlagenen Grenzwertes (OEL) für Arbeitnehmer am Arbeitsplatz kein signifikantes Restkrebsrisiko erwartet wird.

Schließlich wird in dem Bericht noch angemerkt, dass die systemische Bioverfügbarkeit von Nickel nach dermalen Kontakt mit verschiedenen Nickelverbindungen begrenzt ist, da ein Großteil der verabreichten Dosis auf der Hautoberfläche oder im *Stratum corneum* verbleibt. Daher wird kein besonderer Vermerk für die dermale Exposition vorgeschlagen.

Unter Berücksichtigung dieser vor Kurzem erst abgeleiteten OEL Werte von 0,03 mg/m³ für die einatembare („*inhalable*“) und von 0,005 mg/m³ für lungengängige („*respirable*“) Fraktion, kann prinzipiell eine externe Dosis und eine interne Dosis für die Bevölkerung, vor allem für Kinder, abgeleitet werden, die auch als Referenzdosen (RfD) betrachtet werden könnten.

Nach dem RIVM Report, Tabelle 36 der „*General Fact Sheet: General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014*“ (verfügbar unter: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf>) atmet ein Kind mit dem Körpergewicht von 9,8 kg (1 bis 2 Jahre altes Kind) 0,42 m³ Luft/Stunde ein, was über 24 Stunden in einem Volumen von 10,08 m³ resultieren würde.

Dies entspricht dann 5 µg Nickel/kg Körpergewicht für die lungengängige Fraktion und 30 µg/kg Körpergewicht für die einatembare Fraktion für ein Kind von 1 bis 2 Jahren.

Die Eingangsparameter der Expositionsabschätzung sind:

- Zu betrachtende Population: Kinder
- Körpergewicht: 10 kg
- Gehalt an Nickel im Belag des Reingaskanals, entsprechend Partikelniederschlag: 1.630 mg/kg oder 1,63 µg/mg (höchster gemessener Wert vom Jahr 2019; siehe Tabelle 1, 3. Spalte)
- Tägliche orale Bodenaufnahme: 16,5 mg/kg Körpergewicht (für ein Kind)
- Korrekturfaktor aufgrund der gering bedeckten Bodenoberfläche: 0,05 (entsprechend 5 % Bodenbedeckung)
- Tägliche Partikelaufnahme unter Anwendung des Korrekturfaktors: 16,5 mg/kg Körpergewicht x 0,05 = 0,83 mg/kg Körpergewicht

Die rechnerische Expositionsabschätzung für die tägliche Aufnahme von Nickel aus dem Partikelniederschlag ergibt somit:

$$0,83 \text{ mg/kg Körpergewicht} \times 1,63 \text{ µg/mg} = 1,35 \text{ µg Nickel/kg Körpergewicht.}$$

Zur Risikoabschätzung kann diese rechnerisch ermittelte tägliche Aufnahme von 1,35 µg Nickel/kg Körpergewicht mit dem oben zitierten täglich tolerierbaren TDI-Wert der EFSA von 2,8 µg/kg Körpergewicht verglichen werden.

Der Vergleich zeigt, dass die potenzielle tägliche orale Aufnahme unter dem tolerierbaren Aufnahmewert liegt. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass in der Ableitung des TDI bereits ausreichend hohe Sicherheitsfaktoren enthalten sind, und unter weiterer Berücksichtigung, dass diesem Schwellenwert eine tägliche, lebenslange Exposition zu Grunde liegt, die Exposition durch (den) Partikelniederschlag aber eher kurzzeitiger Natur ist, ergibt die *potenzielle orale Exposition gegenüber Nickel aus dem Belag/Partikelniederschlag kein relevantes Risiko für die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern.*

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei Anwendung der o.g. RfD, wie u.a. von der US EPA abgeleitet; der hier zu Grunde gelegte Sicherheitsfaktor beträgt 1000.

Der Vergleich der potenziellen Expositionsdosis von 1,35 µg Nickel/kg Körpergewicht mit dem potenziell verfügbaren (externen) Dosis von 5 µg/kg Körpergewicht für lungengängige Fraktion und der internen Dosis von 30 µg/kg Körpergewicht für die einatembare Fraktion, ergibt entsprechend ausreichende Sicherheitsfaktoren von 3,7 und 22, sodass ein relevantes Risiko für die menschliche Gesundheit ausgeschlossen werden kann.

Nickel wird von Kindern mit der Nahrung in der Größenordnung von ca. 5 bis 15 µg/kg Körpergewicht

aufgenommen, Urin enthält Nickel in der Größenordnung von 1 bis 10 µg/L und die Serumkonzentration beträgt 0,2 bis 0,5 µg/L. Die orale Resorptionsrate beträgt unter 15 %, so dass der überwiegende Anteil oral aufgenommenen Nickels unmittelbar ohne systemische Wirksamkeit wieder ausgeschieden wird.

Da zudem eine als kritisch anzusehende Zusatzbelastung weder durch eine orale Aufnahme durch Spielsand noch durch Immissionen erfolgt, ist mit der eher kurzzeitigen potenziellen Exposition gegenüber Nickel aus dem Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals kein weiteres relevantes (Zusatz)Risiko verbunden.

Weiterhin ist die akute Toxizität (systemisch, wie auch lokal dermal) gering und spielt somit bzgl. einer entsprechend geringen Exposition keine Rolle.

Besonders zu beachten ist für Nickel die Haut sensibilisierende Potenz von (löslichem!) Nickel, somit ist nicht die Gesamtmenge an Nickel in dem Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals nach einem Totalaufschluss tatsächlich relevant, sondern diejenige, die migrationsfähig ist (als Nickellässigkeit bezeichnet).

Da hierzu keine als verlässlich anzusehenden Daten vorliegen, praktisch auch nicht theoretisch abgeleitet werden können, zudem die Masse an Partikelniederschlag, die auf die Haut gelangen kann (eine vollflächige Bedeckung der Bodenoberfläche liegt nicht vor, sondern es sind zu Beginn nur einzelne Partikel über die Oberfläche verstreut), und dort für längere Zeit (mehrere Stunden über mehrere Tage) anhaften bleibt, nur sehr grob abgeschätzt werden kann, ist eine diesbezügliche theoretische quantitative Ableitung zur menschlichen dermalen Exposition ausgesprochen schwierig.

Wird exploratorisch die nach Anhang 10 photographisch dokumentierte Situation herangezogen, dann kann von einem (1) Partikel von ca. 2 mm Durchmesser/cm² Bodenfläche (tatsächlich ausgezählt wurden in etwa 10 Partikel/100 cm² Bodenfläche) konservativ ausgegangen werden.

Unter Zugrundelegung einer Dichte des Partikels von 1 entspricht dies bei einem Volumen von 0,03 cm³ einer Partikelmasse von 0,03 g und einem absoluten Gehalt an Nickel von 0,05 mg (bei 1.630 mg Nickel/kg Partikelniederschlag bzw. Belag des Reingaskanals; s. obiger Messwert).

Somit wäre eine Exposition von 1 cm² Hautoberfläche mit 50 µg Nickel zu unterstellen, vorausgesetzt die enthaltene Nickelmasse ist (in kurzer Zeit!) vollständig aus dem Partikel heraus lösbar und eine länger andauernde Hautexposition müsste gleichermaßen unterstellt werden.

Literaturmäßig ist für Nickel zur Auslösung, sprich zur Induktion, einer Allergie beim Menschen, ein Wert von 154 µg/cm² genannt worden (sogenannter NESIL: No Expected Sensitization Induction Level) (RIVM Report 320025001, Wijnhoven SWP *et al.*: Allergens in Consumer Products, 2008; verfügbar unter: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320025001.pdf>) ein Wert, der offensichtlich bei Weitem nicht durch die dermale Exposition gegenüber dem Partikelniederschlag erreicht wird.

Abschließend ist für eine Gewichtung der Größe der in dem Belag des Reingaskanals („stellvertretend“ für Partikelniederschlag) des HWK Wedel gefundenen Nickelkonzentration zu bemerken, dass der Prüfwert nach der BBodSchV für Kinderspielflächen 70 mg/kg TM Boden beträgt; die nicht anthropogen verursachte, somit natürliche Bodenkonzentrationen in etwa bis zu 80 mg/kg betragen können.

Somit ergibt sich unter Berücksichtigung und Gewichtung aller Faktoren die insgesamt unkritische Konzentration von Nickel in dem Belag des Reingaskanals bzw. dem Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal.

Diese Risikobetrachtung ist auch aus folgendem Grund außerordentlich robust, denn, wie schon weiter oben betont, werden die Partikel bezogenen Massen (gemessene Konzentration von hier Nickel im Belag des Reingaskanals) direkt den Boden bezogenen Massen (angenommene Konzentration von hier Nickel im Boden) gleichgesetzt. Tatsächlich aber erfolgt eine Durchmischung der Partikel mit den oberen Bodenschichten (was einer „Verdünnung“ um den Faktor 2.000

entspricht), so dass die in Tabelle 4 aufgeführten Volumen korrigierten Konzentrationen heranzuziehen wären.

7. Chemikalienrechtliche Einstufung des Partikelniederschlags

Im Folgenden soll dargelegt werden, ob der Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal einerseits überhaupt den formalrechtlichen Anforderungen der CLP Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16/12/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, ...; Amtsblatt L 353 vom 31/12/2008, Seite 1, verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=DE>) unterliegt, und ob andererseits eine entsprechende chemikalienrechtliche Einstufung vorgenommen werden könnte bzw. müsste.

Gemäß Artikel 1(1)(a) erfasst die CLP Verordnung u.a. die Harmonisierung der Kriterien für die Einstufung von Stoffen und Gemischen und definiert einen Stoff nach Artikel 2 Nr. 7 als (*Zitat; Unterstreichung durch Autor*) „*chemisches Element und seine Verbindungen in natürlicher Form oder gewonnen durch ein Herstellungsverfahren*, ...“.

Offensichtlich wird Partikelniederschlag aus dem Reingaskanal des HKW Wedel (ebenso wenig wie der Belag im Reingaskanal selbst) nicht „hergestellt“, unterliegt somit, anders als die oben bereits angeführten Flugaschen (s. Abschnitt 3.2), auch keinen spezifischen chemikalienrechtlichen Regelungen.

Somit ist die CLP Verordnung formalrechtlich für den Partikelniederschlag nicht anwendbar, wird sie dennoch in exploratorischer Weise zur Beschreibung potenzieller Stoffgefährdungen herangezogen, dann gilt Nachfolgendes.

Das Prinzip der eigenverantwortlichen Einstufung (Selbsteinstufung) der Hersteller/Importeure von Stoffen und Gemischen besteht darin, die gefahrenrelevanten Informationen für den Stoff oder das Gemisch durch geeignete Methoden für die jeweilig relevanten öko/toxikologischen Endpunkte zu ermitteln und zu entscheiden, ob die in der CLP Verordnung vorgegebenen Einstufungskriterien zutreffen.

Dabei können zum einen Daten zu den gefährlichen Eigenschaften der Mischung als solche, sofern diese vorliegen, als auch Informationen zu den einzelnen Bestandteilen der Mischung herangezogen werden.

Wenn zu dem Gemisch selbst oder einem vergleichbaren Gemisch eine einschlägige Studie vorliegt, wird das Ergebnis mit den Kriterien im Anhang I der CLP Verordnung verglichen und damit die Einstufung festgelegt.

Liegen keine Daten zur Gesamtmischung vor, wird bei Gesundheits- und Umweltgefahren meistens der Gehalt einzelner Inhaltsstoffe mit einem sogenannten Konzentrationsgrenzwert verglichen, der als Schwellenwert für die Einstufung des Gemisches dient.

Werden die o.g. formalrechtlichen Prinzipien auf den Partikelniederschlag als einem Stoffgemisch angewendet, dann ergibt sich folgendes.

1. Zum Partikelniederschlag liegen bis auf Untersuchungen zum pH-Wert und zur *in vitro* Reizwirkung/Korrosivität am Auge keine weiteren Untersuchungen vor, die eine auf experimentellen Daten basierende Einstufung erlauben würden; anders als z.B. für Flugaschen, für die die entsprechenden Daten vorliegen, aus denen sich ergibt, dass eine Einstufung nicht notwendig ist (s. Abschnitt 3.2).
2. Zwar wurden mit dem Totalaufschluss des Belags aus dem Reingaskanal bestimmte Stoffe (hier Schwermetalle) analytisch bestimmt, deren eigentliche Stoffidentität (deren chemische Struktur) kann hiermit aber nicht festgelegt werden, so dass eine formalrechtliche Einstufung *per se* nicht möglich ist und/oder der jeweilig anzuwendende Konzentrationsgrenzwert als Schwellenwert der Einstufung nicht mit den tatsächlich vorliegenden Konzentrationen der jeweiligen chemischen Verbindungen abgeglichen werden kann (s. Abschnitt 3.1).

3. Die mineralogischen Untersuchungen der Phasenzusammensetzung mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie nach Anhang 4 sind methodenbedingt nicht geeignet, die genaue stoffliche Zusammensetzung bzgl. der in dem Partikelniederschlag vorhandenen chemischen Stoffidentitäten zu belegen.
4. Diese Aussage gilt uneingeschränkt auch für die neuen Messungen mittels Röntgenfluoreszenzanalyse mit Anregung durch Elektronenstrahl (EDX-Analyse, Energy Dispersive X-ray fluorescence analysis) einer (*Zitat*) "*frischen Probe aus dem Schornstein*", sowie drei in der Umgebung des HKW Wedel genommenen Proben. Zwar ergaben sich bestimmte morphologische Beobachtungen bzw. analytische Ergebnisse (wie Strukturen die hinweisend sind für u.a. Ca-Mg-Fe-Silikate, sowie Phasen mit hohen Gehalten an Aluminium, Schwefel und Sauerstoff, deren stöchiometrisches Verhältnis auf das Vorhandensein von Aluminiumsulfat hinweist), aber es kann auch hiermit keine Aussage darüber getroffen werden, ob ein solches Gemisch formalrechtlich eingestuft werden müsste (s. Abschnitt 3.5).
5. Alle vorhandenen Messdaten des pH Wertes des Belags vom Reingaskanal/dem Partikelniederschlag wurden einander gegenübergestellt (s. Abschnitt 3.3), so dass begründet ein pH Wert von $1,79 \pm 0,4$ als indikativ für den Belag des Reingaskanals bzw. den Partikelniederschlag angenommen werden kann.

Nach Anhang I der CLP Verordnung gilt (*Zitat*):

„3.2.3.1.2 Ein Gemisch gilt dann als ätzend für die Haut (hautätzend der Kategorie 1), wenn es einen pH-Wert von höchstens 2 bzw. von mindestens 11,5 hat.“ und

„3.3.3.1.2 Ein Gemisch gilt dann als schwere Augenschäden verursachend (Kategorie 1), wenn es einen pH-Wert von $\leq 2,0$ bzw. von $\geq 11,5$ hat.“

Unter Berücksichtigung der im Abschnitt 3.4 „*Reizende/korrosive Wirkpotenz des Belags des Reingaskanals/Partikelniederschlags*“ ausführlich dargelegten Argumentation ist eine pauschalierende Anwendung der o.g. Einstufungsregeln nicht angebracht, denn für den Belag des Reingaskanals/Partikelniederschlags kann eine praktisch relevante Augen schädigende (korrosive) Wirkpotenz mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass eine chemikalienrechtlich begründbare und notwendige Einstufung des Partikelniederschlags bzw. des Belags des Reingaskanals als korrosiv (für Haut, Auge und dessen Schleimhäute) ausgeschlossen werden kann.

Da die im Abschnitt 6 dargelegten Risikobetrachtungen, insbesondere, unter (gewichteter) Berücksichtigung aller bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Informationen kein für den potenziell exponierten Menschen, einschließlich von Kindern, relevantes Toxizitätsprofil aufzeigen, ist die Frage einer möglicherweise weitergehenden Einstufung nach CLP Verordnung *per se* nicht relevant.

Sie ist ebenfalls nicht relevant für eine nicht (völlig) auszuschließende reizende (stofflich bedingte) Wirksamkeit insbesondere am Auge/auf Schleimhäuten, denn jegliche Reizwirkung könnte wegen der dem Partikelniederschlag eigenen körnigen/"kantigen" Struktur und dessen abrasiver Wirksamkeit in Verbindung mit seiner Durchmischung mit Bodenbestandteilen (u.a. auch auf Spielsandflächen), nicht von einer stofflich bedingten unterschieden werden.

Im Übrigen soll noch einmal betont werden (s. zum Vergleich Abschnitt 3.2 „*Elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben aus dem Reingaskanal und der Nachbarschaft*“), dass der Abgleich mit den jeweiligen veröffentlichten REACH Registriertdossiers und dem C&L (Classification & Labelling) Verzeichnis der ECHA (verfügbar unter: <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/cl-inventory-database>) zeigt, dass auch die als Mineralphasen identifizierten Produkte (Stoffe) aus der Rauchgasentschwefelung keine Einstufung bezüglich einer möglichen Gesundheitsgefährdung aufweisen, so dass entsprechende adverse Effekte auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind.

8. Schlussfolgerungen aus den humantoxikologischen Risikobetrachtungen

Die im obigen Abschnitt 1 erneut aufgeworfene Fragestellung, ob von dem Partikelniederschlag aus dem Kamin des Heizkraftwerks Wedel auf die Umgebung (einschließlich von Wohngebieten) aus humantoxikologischer Sicht ein relevantes Risiko für adverse Effekte auf die menschliche Gesundheit, einschließlich der von Kindern, ausgeht, ist folgendermaßen zu beantworten:

Die analytischen Messwerte für die verschiedenen Proben aus dem Reingaskanal des Heizkraftwerkes Wedel erlauben verlässliche Risikobewertungen, wenn diese Messwerte als Eingangsparameter für die Expositionsabschätzung (humantoxikologisch relevanter Elemente) Verwendung finden.

Dies ergibt sich eindeutig aus der Tatsache, dass analytische Untersuchungen aus drei verschiedenen Jahren und von unterschiedlichen Beprobungsorten zu vergleichbaren bzw. hinreichend ähnlichen Ergebnissen geführt haben, somit die einzelnen Untersuchungen zwar einen Stichprobencharakter haben, aber hinreichend verlässlich den Belag im Reingaskanal/den Partikelniederschlag bzgl. seiner im Wesentlichen konstanten Zusammensetzung charakterisieren.

Basierend hierauf ergibt sich für die Risikobewertung folgendes:

1. Die im Partikelniederschlag/Belag des Reingaskanals (nach Totalaufschluss) nachgewiesenen „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel sind unter Berücksichtigung sehr konservativer Eingangsgrößen für die Expositionsabschätzung (bzgl. z.B. von Bodenbedeckung, Durchmischung mit Boden, überwiegend kurzzeitiger statt chronischer Exposition) humantoxikologisch sowohl für die orale Aufnahme, als auch für den dermalen bzw. Augen/Schleimhautkontakt, auch bei besonderer Berücksichtigung von Kindern, unkritisch.

Ein relevantes Risiko für adverse Wirkungen auf die menschliche Gesundheit kann somit mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden.

Aus den bisherigen Untersuchungen zum Staubmonitoring in Verbindung mit Immissionsmessungen lässt sich ableiten, dass keine humantoxikologisch relevante Zusatzbelastung durch die „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel vorhanden ist, da sowohl die Stoffkonzentrationen selbst, als auch die Staubbelastung gering sind.

Die (sichere) Einhaltung der Immissionswerte nach der TA Luft für die „auffälligen“ Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel belegt, dass der „Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Deposition luftverunreinigender Stoffe, einschließlich der Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen“, sichergestellt ist (gemäß Zitat nach Nr. 4.5.1 Immissionswerte für Schadstoffdepositionen der o.g. TA Luft (s. Abschnitt 5 „Gesetzliche Bewertungsgrundlagen“).

2. Die für adverse Effekte auf die menschliche Gesundheit notwendigen Stoffkonzentrationen sind zu gering, als dass sie bei oraler Aufnahme (durch Verschlucken von an Bodenpartikeln anhaftendem Partikelniederschlag) oder dermale Kontakt (von an Bodenpartikeln anhaftendem Partikelniederschlag) eine Gesundheitsgefahr darstellen, was plausibel durch Daten zu Spielsanduntersuchungen und Immissionsmessungen begründet werden kann, denn es wurden u.a. auch für die als „auffällig“ angesehenen Stoffe Arsen, Chrom gesamt und Nickel weder im Spielsand, noch durch Immissionsmessungen „schädliche Umwelteinwirkungen“ nachgewiesen.

Die entsprechenden Grenzwerte einschlägiger rechtlicher Vorgaben nach Bundesbodenschutzverordnung und TA Luft werden (bei Weitem) eingehalten.

3. Der Partikelniederschlag/Belag aus dem Reingaskanal des HKW Wedel besitzt einen sauren pH von im Mittel $1,79 \pm 0,4$.

Trotz dieses pH besitzt er keine korrosive Wirksamkeit (auf Augen), wie in einem empfindlichen *in vitro* Modell, dem BCOP-Test, nachgewiesen.

4. Eine reizende Wirksamkeit des Partikelniederschlags ist nicht auszuschließen, aus praktischer Sicht aber auch humantoxikologisch nicht relevant, da sie für den vorliegenden Fall der Bewertung von Partikelniederschlag auf/im Boden von der abrasiven Wirksamkeit von Bodenpartikeln (besonders zutreffend für Sand im Auge als einem für spielende Kinder gängigen Expositionsmuster) nicht zu unterscheiden ist.

Der Partikelniederschlag/Belag aus dem Reingaskanal des HKW Wedel ist den Einstufungskriterien der CLP Verordnung aus formalrechtlichen Gründen nicht zuzuordnen (der Partikelniederschlag wird als Gemisch von Stoffen nicht „hergestellt“).

Für die vorhandenen Stoffdaten (hinsichtlich pH Wert und Haut/Augen schädigender Wirkpotenz) ergäbe sich bei Anwendung der Einstufungskriterien der CLP Verordnung und unter plausibler Berücksichtigung tatsächlich relevanter Expositionsgegebenheiten kein zwingend zu befolgender Hinweis auf eine entsprechende (theoretische) Einstufung.

Unter Berücksichtigung aller Einzelelemente, wie vorhergehend unter Rückgriff auf die bereits vorhandene „Zusammenfassende Stellungnahme“ Nr. (1), die „Humantoxikologische Bewertung“ Nr. (2), die „Fachliche Stellungnahme“ Nr. (3) und die „Vorläufige Stellungnahme“ Nr. (4) dargelegt, ergibt sich ein insgesamt konsistentes Bild der humantoxikologischen Relevanz des Partikelniederschlags/Belags des Reingaskanals hinsichtlich einer potenziellen adversen Wirksamkeit auf die Gesundheit von Menschen, insbesondere der von Kindern.

Eine derartige (adverse) Wirksamkeit muss demnach verneint werden; durch die vorgenommene Beweiskraftermittlung ist sie als nicht wahrscheinlich anzusehen.

Nach Kenntnis der Autoren ist diese humantoxikologische Bewertung in offensichtlicher Übereinstimmung mit den tatsächlichen Beobachtungen im Wohnumfeld des HKW Wedel, denn bislang wurde weder von gesundheitsrelevanten Effekten des Partikelniederschlags berichtet, noch wurden solche dem Partikelniederschlag zugeschrieben.



2019-12-12
Dr. Joachim Haselbach
ö.b.u.v. Sachverständiger für die Toxikologie von
Kosmetika und Bedarfsgegenständen
Fachtoxikologe DGPT/Eurotox Registered Toxicologist (ERT)



2019-12-12
Natalia Jansen- Bouriatchenko
Regulatory Affairs Manager
Expertin für toxikologische Risikobewertungen