



Schadstoffmonitoring in Schwebstoffen der Küstengewässer

Erste Ergebnisse eines Pilotprojekts
im Riffgat bei Norderney 2014



Niedersachsen



Küstengewässer und Ästuar

Band 9

Niedersächsischer Landesbetrieb
für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Dieter Steffen, Tea Behrends, Mathias Ricking,
Kerstin Kolbe & Gabriele Petri

Schadstoffmonitoring in Schwebstoffen der Küstengewässer

**Erste Ergebnisse eines Pilotprojekts
im Riffgat bei Norderney 2014**



Niedersachsen

Herausgeber:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Direktion
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Autoren:

Dr. Dieter Steffen
NLWKN Betriebsstelle Hannover-Hildesheim
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
E-Mail: dieter.steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de

Tea Behrends,
Kerstin Kolbe und
Dr. Gabriele Petri
NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg
AB III.4, Flussgebietsmanagement Übergangs- und Küstengewässer

Mathias Ricking
Freie Universität Berlin
Fachrichtung Geowissenschaften

Projektleitung:

Dr. Dieter Steffen
NLWKN Betriebsstelle Hannover-Hildesheim

Gestaltung:

Kerstin Kolbe, NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg

1. Auflage: Juli 2016, 200 Stück
Schutzgebühr: 5,00 € zzgl. Versandkostenpauschale

**Bezug:**

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Veröffentlichungen
Göttinger Chaussee 76
30453 Hannover
Online verfügbar unter: www.nlwkn.niedersachsen.de
(>Service >Veröffentlichungen >Webshop)

Zitiervorschlag:

Steffen, D. et. al (2016): Schadstoffmonitoring in Schwebstoffen der Küstengewässer - Erste Ergebnisse eines Pilotprojekts im Riffgat bei Norderney 2014 . - NLWKN Küstengewässer und Ästuar Band 9, 22 S. (+ 6 S. Anlagen)

Titelbild:

Die Schwimm-Konstruktion mit Sedimentationskasten wird im Gewässer ausgebracht (Foto: T. Behrends)

Schwebstoffmonitoring im Küstengewässer

Erste Ergebnisse eines Pilotprojekts im Riffgat bei Norderney 2014

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Methoden	2
2.1	Konstruktion	2
2.2	Material.....	4
2.3	Probenahme-Standort.....	5
2.3.1	Häfen und Klappstellen „KS03 Riffgat“ und „K02 Busetief“	6
2.3.2	Südstrandpolder-Siel.....	7
2.4	Probenahme.....	7
2.5	Untersuchungsparameter und Analyse.....	8
2.5.1	Toxizitätsäquivalente bei Dioxinen, Dibenzofuranen und dioxinähnlichen PCB.....	8
2.5.2	Summen- und Mittelwertberechnung	8
2.5.3	Mikroplastik	8
3	Ergebnisse und Diskussion	8
3.1	Korngrößenverteilung und TOC	12
3.2	Schwermetalle und Arsen	13
3.3	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	15
3.4	Zinnorganische Verbindungen	16
3.5	Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	16
3.6	Bromierte Diphenylether	16
3.7	Weitere organische Schadstoffe nach EG-WRRL	17
3.8	dl-PCB	17
3.9	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD und PCDF).....	18
3.10	Nährstoffe.....	19
3.11	Mikroplastik	20
4	Zusammenfassung	21
5	Quellen/Literatur	22

Anlagen

Anlage 1: Analyseergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen Norderney Riffgat 2014	4 Seiten
Anlage 2: Analyseergebnisse der Sedimentuntersuchungen am Südstrandpolder-Siel	2 Seiten

Abbildungen:

Abb. 1:	Schematische Darstellung eines freihängenden 3-Kammer-Sedimentationskastens „SKF“	2
Abb. 2:	Bojenkonstruktion mit freihängendem Sedimentationskasten.....	3
Abb. 3:	Stark mit Hydrozoen bewachsener Sedimentationskasten im August 2014 und mechanische Reinigung des Gestänges mittels Hochdruckreiniger	4
Abb. 4:	Sedimentationskasten mit Alu-Opferanoden an den Einströmöffnungen	4
Abb. 5:	Lage der Schwebstoff Probenahmestelle im Riffgat südlich von Norderney	5
Abb. 6:	Probenbearbeitung an Land	7
Abb. 7:	Anteil der Feinkornfraktion (< 63 µm) der monatlichen Proben 2014	12
Abb. 8:	TOC-Gehalte (%) der monatlichen Proben 2014	12
Abb. 9:	Schwermetallgehalte der einzelnen Monatsmischproben	14
Abb. 10:	PAK (Summe lt. EPA) in den Monatsmischproben	15
Abb. 11:	Fluoranthen in den Monatsmischproben	15
Abb. 12:	Relation zwischen PAK (Summen) Gehalten und TOC-Gehalten [%]	15
Abb. 13:	Monobutylzinn in den Monatsmischproben	16
Abb. 14:	BDE 209 in den Monatsmischproben	16
Abb. 15:	HBCD (Summe) in den Monatsmischproben	17
Abb. 16:	dl-PCB in den Monatsmischproben	17
Abb. 17:	PCDD und PCDF in den Monatsmischproben	18
Abb. 18:	Kongenerenverteilungsmuster der PCDD/PCDF-Gehalte	18
Abb. 19:	Gesamt-Stickstoff in den Monatsmischproben	19
Abb. 20:	Gesamt-Phosphat in den Monatsmischproben	19

Tabellen:

Tab. 1:	Schadstoffkonzentrationen im Hafenschlick Norddeich und Norderney	6
Tab. 2:	Kenngößen der Untersuchungsergebnisse 2014.....	9
Tab. 3:	Arsen, Chrom, Kupfer und Zink und Umweltqualitätsnormen (UQN) der EG-WRRL	13
Tab. 4:	Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber und OSPAR-Kriterien	13
Tab. 5:	Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber und Schwellenwerte der LAWA (1998).....	13
Tab. 6:	Bilanzierung des prozentualen Anteils der in Schwebstoffen gebundenen Nährstoffe am Gesamt-Nährstoff in unfiltrierten Wasserproben der Messstelle Norderney Hafen	19

Schwebstoffmonitoring im Küstengewässer

Erste Ergebnisse eines Pilotprojekts im Riffgat bei Norderney 2014

1 Einleitung

Viele Schadstoffe weisen die Eigenschaft auf, sich an feinen Feststoffpartikeln eines Gewässersystems anzureichern. Entsprechend kann durch die Untersuchung dieser Matrix eine Aussage über die Belastung des Gewässers mit partikelreaktiven Stoffen getätigt werden. Deshalb werden im Bereich der niedersächsischen Nordseeküste neben der regelmäßigen Umweltüberwachung des Wassers bereits seit 1980 Schadstoffuntersuchungen auch im Kompartiment „Sediment“ durchgeführt (JÄPPELT & STEFFEN 1984; GIRBIG et al. 2011).

Nach der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000) bzw. der nationalen Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2011) besteht mittlerweile die Verpflichtung, die Einhaltung von Umweltqualitätszielen für Schadstoffe in Sediment oder Schwebstoff zu überprüfen. Für prioritäre Stoffe, die dazu neigen, sich in Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen anzureichern, werden Trendaussagen zur langfristigen Entwicklung gefordert. In diesem Zusammenhang werden in den niedersächsischen Küstengewässern gegenwärtig 11 Standorte (Transekte) mit jeweils 3-4 Sedimentproben im 3-jährigen Rhythmus untersucht (NLWKN 2013).

Partikelgebundene Schadstoffe werden mit Schwebstofffrachten über die Flüsse und aus der offenen Nordsee in das Wattenmeer eingetragen, wo diese sich in strömungsberuhigten Zonen ablagern und ins Sediment integriert werden. Das Wattsediment unterliegt bis in eine Tiefe von ca. 10-30 cm einer starken Durchmischung durch hydrodynamische Kräfte und die Grabtätigkeit von Tieren (Bioturbation; IRION 1998). Durch diese Homogenisierung des oberen Horizonts verändern sich die Stoffkonzentrationen in den Sedimenten nur sehr langsam, so dass eine statistische Trendermittlung erst anhand von Langzeituntersuchungen möglich ist, wobei ein Untersuchungsrythmus von 3 Jahren als ausreichend angesehen wird (BFG 2010).

Systematische Untersuchungen in der Matrix „Schwebstoffe“, dem Eintragspfad für partikulär gebundene Schadstoffe, sind bisher nicht in die Umweltüberwachung der Küstengewässer einbezogen worden. Hier soll mit der vorliegenden Untersuchung eine Lücke geschlossen werden.

Durch ein dichteres Beprobungsintervall, wie es bei der Gewinnung von Schwebstoffproben üblich ist (4-12 Proben/Jahr), ist im Unterschied zur weniger häufigen Beprobung der Sedimente, eine bessere Zuordnung der analysierten Schadstoffgehalte zu zeitlich bestimmbareren Einflüssen und Ereignissen möglich. Auch können Schwankungen der Schadstoffge-

halte im Jahresgang dargestellt werden. Bei der Auswertung von beispielsweise Jahresmittelwerten der Schwebstoffproben wäre bereits 5 Jahre nach Untersuchungsbeginn eine Trendaussage nach den Erfordernissen EG-WRRL bzw. der OGewV möglich. Eine entsprechende Auswertung der im 3-Jahresintervall erhobenen Sedimentdaten kann hingegen erst nach 15 Jahren durchgeführt werden. Da die gesamte Stoffpalette erst seit 2015 analysiert wird, wäre dies im Jahr 2027. Dies gilt ebenfalls für Stoffe, die schon länger zum Analyseumfang gehören, da sich 2015 auch die Bezugsmatrix (Korngrößenfraktion) geändert hat. Insofern könnten Schwebstoffuntersuchungen in den Küstengewässern eine sinnvolle Ergänzung für das Gewässerüberwachungssystem Niedersachsens (GÜN) darstellen. In dem hier vorgestellten Pilotprojekt wurden nun die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen und eine erste Jahreskampagne durchgeführt.

Schwebstoffproben werden bevorzugt in solchen Fließgewässern und Ästuaren entnommen, in denen keine geeigneten feineren Sedimente für die Untersuchung auf partikelgebundene Schadstoffe gewonnen werden können (EC 2010, SCHUBERT et al. 2012). Gängige Entnahmetechniken sind hier Durchflusszentrifugen, Sedimentationsbecken und Sedimentationskästen bzw. -fallen (BFG 2010, STEFFEN 2007). Für die praktische Durchführung von Schwebstoffbeprobungen unter den rauen Bedingungen in marinen Gewässern gab es bislang noch keine Erfahrungen. Deshalb musste für das Pilotprojekt zunächst ein geeignetes Schwebstoff-Probenahmesystem für den routinemäßigen Einsatz im Küstengewässer entwickelt und an einem repräsentativen Standort getestet werden.

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile verschiedener Entnahmetechniken wurde für die Probengewinnung im Küstengewässer ein Sedimentationskasten gewählt. Dieser hat gegenüber einer Durchlaufzentrifuge den Vorteil, dass er über einen längeren Zeitraum vor Ort kontinuierlich Material sammelt, während eine Zentrifugen-Probe nur einer Stichprobe aus einem vergleichsweise kurzen Zeitraum von einigen Stunden gleichkommt. Mit dem Sedimentationskasten kann in einem Zeitraum von rd. einem Monat genügend Material für umfangreiche Untersuchungen gewonnen werden, dies wäre mit einer Zentrifuge nicht möglich, da die Probenmenge i.d.R. maximal 100 g Trockensubstanz ergibt. Auch die niedrigeren Gestellungs- und Unterhaltungskosten sowie die leichte Bedienbarkeit sprechen für die gewählte Methode, die u.a. auch für die Probenbeschaffung der

Umweltprobenbank des Bundes (UPB) in Fließgewässern eingesetzt wird (SCHULZE et al. 2007).

Unter fachlicher Begleitung durch die Freie Universität Berlin (M. Ricking) und zusammen mit dem Betriebshof und der Forschungsstelle Küste der NLWKN Betriebsstelle Norden-Norderney wurde ein seewasser- und seegangstaugliches Probenahmesystem mit freihängendem Sedimentationskasten und konstanter Entnahmetiefe für den Einsatz im Küstengewässer entwickelt und gebaut. Im Laufe des Jahres 2013 wurde ein Standort im Riffgat südlich von Norderney für die Durchführung des Projekts ausgewählt. Im

Jahr 2014 sind mit diesem System erstmals 12 tidengebundene Monatsmischproben entnommen und auf eine umfangreiche anorganische und organische Schadstoffpalette sowie Nährstoffe und Mikroplastik untersucht worden. Diese Strategie entspricht einer kontinuierlichen Überwachung.

Der Verlauf der Entwicklungsphase des Schwebstoff-Probennahmesystems und die ersten Ergebnisse des Pilotprojekts werden im vorliegenden Bericht dokumentiert.

2 Methoden

2.1 Konstruktion

Für die Gewinnung der Schwebstoffproben wird ein freihängender 3-Kammer-Sedimentationskasten (SKF; Abb. 1) eingesetzt, wie er bereits seit 2002 für die Umweltprobenbank des Bundes genutzt wird (RICKING et al. 2012, SCHUBERT et al. 2012). Dieser wird so unter einem Schwimmkörper angebracht, dass er waagrecht in 1,6 m Wassertiefe hängt. Der Schwimmkörper wiederum ist mit einem seitlichen Ausleger an einer am Gewässergrund verankerten Boje befestigt (Abb. 2).

Das Längenmaß des Auslegers wurde mithilfe von Wellenmesswerten der NLWKN Forschungsstelle Küste so berechnet, dass eine ruhige Lage des Kastens im Wasser gewährleistet ist und welleninduzierte Kippbewegungen minimiert werden.

Als weiteres stabilisierendes Element ist eine Diagonalverstrebung zwischen Sedimentationskasten und Ausleger montiert worden. Die Ausrichtung der Konstruktion auf dem Wasser folgt dynamisch der tidebedingt wechselnden Strömungsrichtung. So bleibt der Sedimentationskasten stets mit den Einströmöffnungen gegen die Strömungsrichtung gewandt.

Von Oktober bis einschließlich Dezember 2013 wurde das neu entwickelte Probenahmesystem im tide-dominierten Küstenbereich an der ausgewählten Position im Riffgat getestet und optimiert. Zunächst wurde das Verhalten der Konstruktion in der Strömung bei auflaufender Tide vom Schlauchboot aus beobachtet und beurteilt. Nach der Montage der Diagonalstrebe zeigte es die gewünschte Stabilität.

Die Funktionsfähigkeit des Sedimentationskastens wurde ebenfalls überprüft und justiert: In Anpassung an die hohen Schwebstofffrachten wurden 2 der regulär 6 Einströmöffnungen mit Edelstahlschrauben verschlossen, damit nicht zu viel Schwebstoff in kurzer Zeit aufgenommen wird.

Bei einem weiteren Test wurde ein feinmaschiges Netz (Planktonnetz Maschenweite 25 µm) am Ausgang des Sedimentationskastens angebracht, um die Menge des Schwebstoffes abschätzen zu können, der nicht (dauerhaft) im Schwebstoffsammler sedimentiert. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass selbst nach dem Orkan „Christan“ (Ende Oktober 2013 mit Windgeschwindigkeiten von mehr als 130 km/h) im

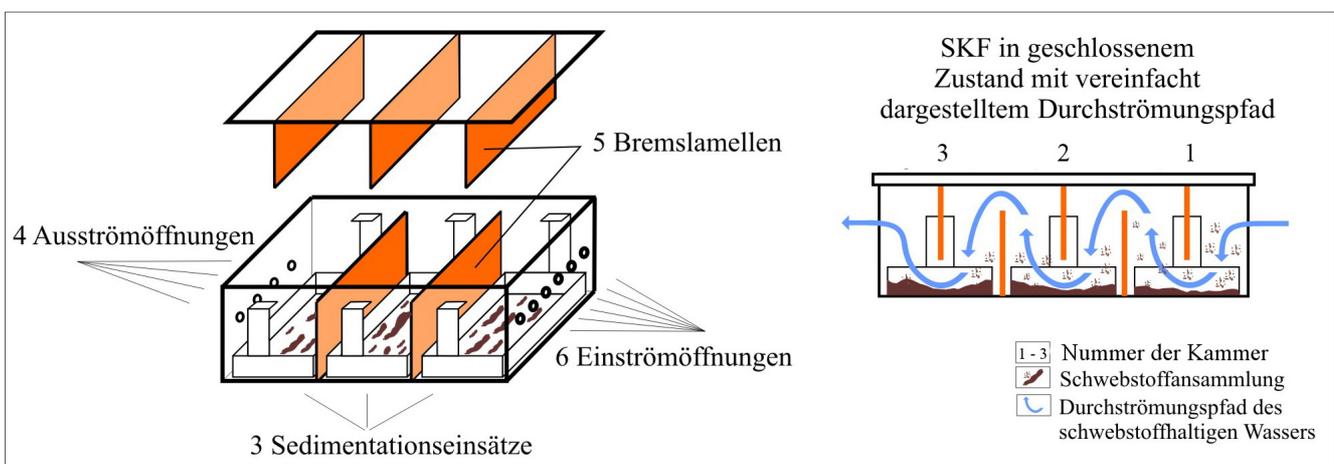


Abb. 1: Schematische Darstellung eines freihängenden 3-Kammer-Sedimentationskastens „SKF“ (RICKING et al. 2012; Zeichnung: B. Schieszl) - Bremslamellen im Innern des Kastens sowie an der Deckelunterseite verlangsamen den Wasserstrom. Sedimentierte Schwebstoffe können mit Hilfe der drei Sedimentationseinsätze leicht entnommen werden.

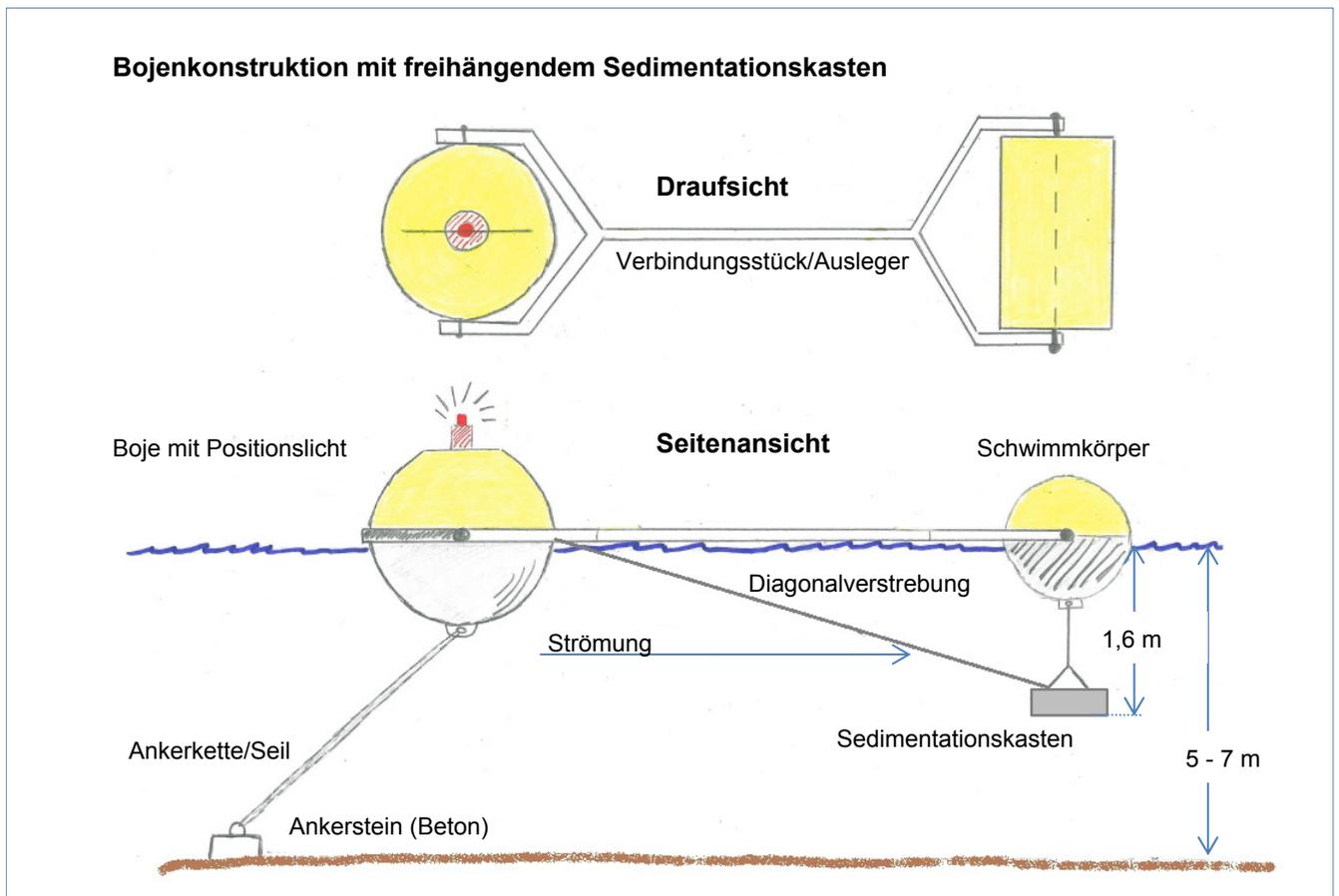


Abb. 2: Bojenkonstruktion mit freihängendem Sedimentationskasten
 oben: Konstruktionszeichnung;
 links unten: Entnahme der Konstruktion mittels Kran;
 rechts unten: Konstruktion in Wasserlage (Fotos u. Zeichnung: T. Behrends)



Abb. 3: links: Stark mit Hydrozoen bewachsener Sedimentationskasten im August 2014, Pfeile: Aluminium-Opferanoden; rechts: mechanische Reinigung des Gestänges mittels Hochdruckreiniger (Fotos: T. Behrends)

Planktonnetz nur eine vergleichsweise geringe Menge von etwa 200 g festgehalten worden war, gegenüber ca. 7 kg Schwebstoffmasse in den Sedimentationskammern des Schwebstoffsammlers. Die Menge an feinkörnigen Partikeln, die nicht im Sedimentationskasten zurückgehalten wurde, etwa 3 % der gesamten erfassten Schwebstoffmenge, war somit relativ gering.

Die Verteilung der Korngrößen wurde mittels einer Korngrößenanalyse der in den einzelnen Sedimentationskammern erfassten Schwebstoffe analysiert. Erwartungsgemäß nahm der Gehalt der feineren Kornfraktionen von einer zur nächsten Sedimentationskammer zu. Deswegen wurden die späteren Analysen jeweils an Teilproben einer vereinigten Gesamt-Mischprobe durchgeführt.

Die Gesamtauswertung ergab, dass der Feinkornanteil < 63 µm dominierte.

2.2 Material

Da im Rahmen der Schwebstoff-Untersuchungen hauptsächlich organische Schadstoffe erfasst werden sollen, wurde der Sedimentationskasten wie die gesamte Konstruktion vollständig aus V4A-Stahl (X6CrNiMoTi17-12-2; 1.4571) gefertigt. Als Korrosionsschutz sind am System verteilt Opferanoden aus Aluminium angebracht, die nach Bedarf erneuert werden (Abb. 3, Abb. 4).

Obwohl auch Untersuchungen auf Schwermetalle durchgeführt werden, war von einer gravierenden Kontamination der Schwebstoffproben durch den Edelstahl des Absetzbeckens erfahrungsgemäß zunächst nicht auszugehen, zumal sich die ermittelten

Schwermetall-Konzentrationen im mg/kg-Bereich bewegen.

Die gewählte Konstruktion hat sich im Betrieb bewährt. Im Sommer 2014 auftretende Korrosion an den Sedimentationskästen konnte durch zusätzliche Aluminium-Opferanoden unterbunden werden, die direkt neben den Einströmöffnungen angebracht wurden (Abb. 4).

Bei Verwendung eines Kunststoff-Absetzbeckens wäre die Gefahr einer Kontamination im Zusammenhang mit der Analyse von organischen Schadstoffen von vornherein wesentlich größer gewesen, da sich diese Schadstoffkonzentrationen im µg/kg-Bereich bewegen und somit diesbezüglich wesentlich empfindlicher sind. Zudem könnten z. B. Weichmacher, wie beispielsweise DEHP, die Probe kontaminieren. Dabei sind Memory-Effekte zu bedenken.

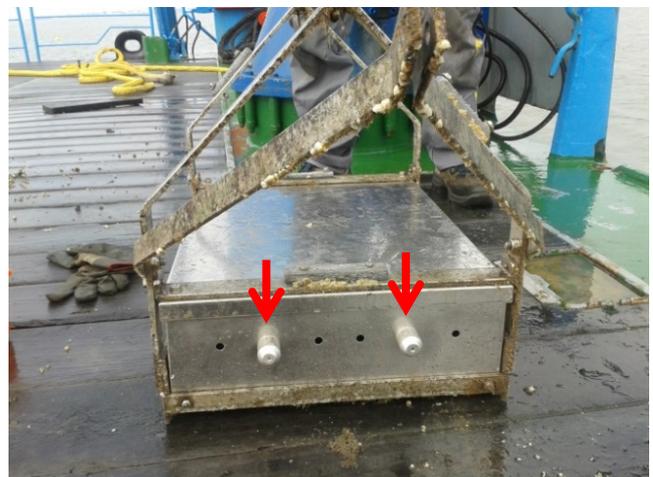


Abb. 4: Sedimentationskasten mit Aluminium-Opferanoden neben den Einströmöffnungen (Foto: M. Klün)

2.3 Probenahme-Standort

Bei der Suche nach einem geeigneten Probenahme-Standort war zu berücksichtigen, dass er möglichst repräsentativ für einen gewissen Küstenabschnitt ist, die Lage möglichst sturmgeschützt ist und sich der logistische Aufwand der Probenahme durch möglichst kurze Schiffsanfahrten in Grenzen hält.

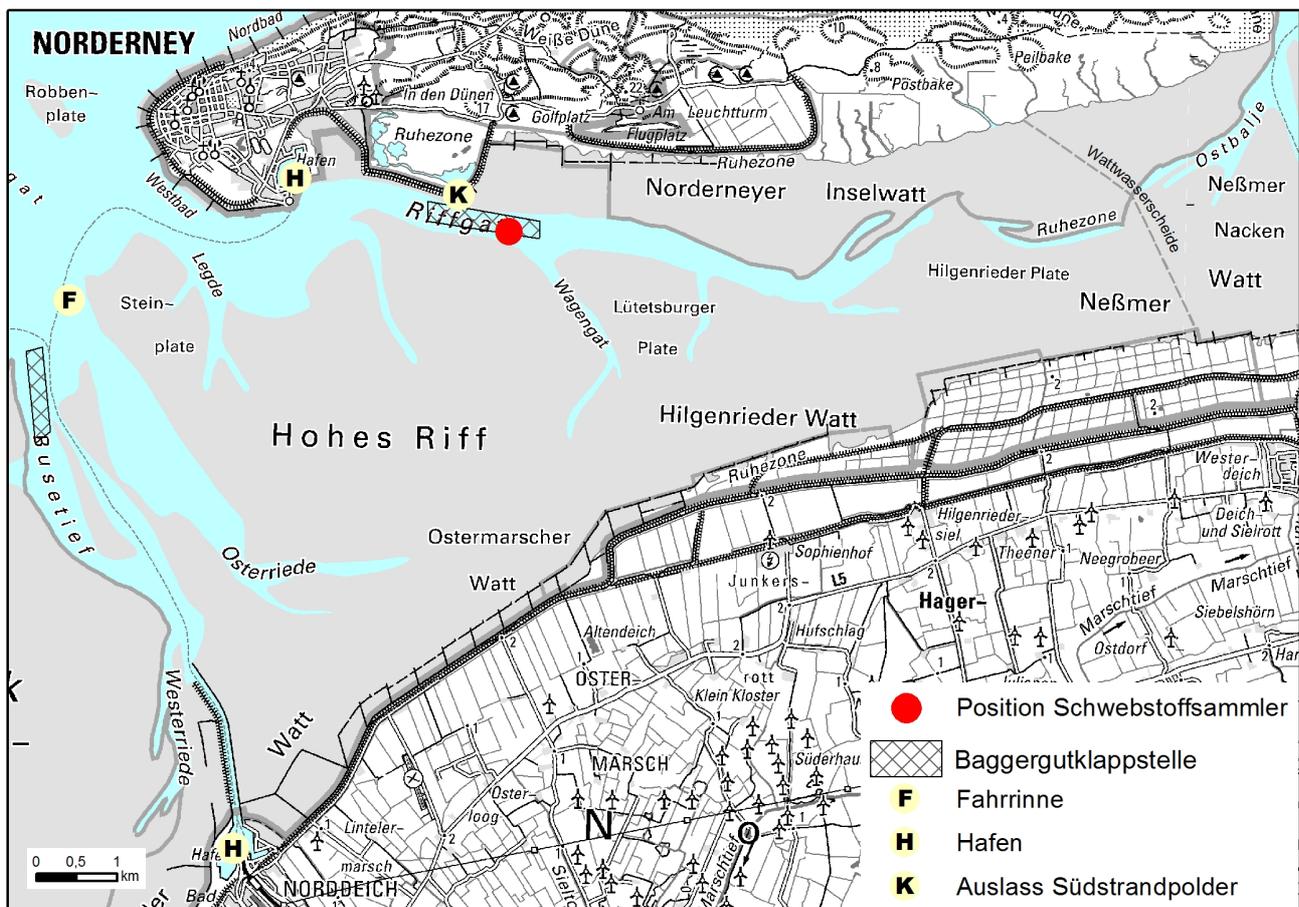
Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien wurde der Standort Norderney „Riffgat“ zwischen Norderney und dem Festland (Abb. 5) ausgewählt. Hier werden bei auflaufendem Wasser die Einträge von der Seeseite und bei ablaufendem Wasser die Schwebstofftransporte von den Wattflächen erfasst. Der vorhandene Durchfluss mit einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 0,1 m/s bis maximal um 1 m/s bietet geeignete Bedingungen für den Einsatz des Sedimentationskastens.

Die mittlere Wassertiefe des Standortes am Rand des bis zu 16 m tiefen Riffgats liegt bei ca. 6 m. Auch bei Niedrigwasser (NW) verbleibt unter dem Sedimentationskasten noch eine Wassertiefe von ca. 3,5 m, so dass bei der Schwebstoffprobenahme kein unmittelbar vor Ort bodennah resuspendiertes Sedi-

ment mit erfasst wird. An dem an der südlichen Prielkante vor den Verzweigungen in die Nebenpriele gelegenen Standort vereinigen sich bei ablaufendem Wasser die Stofftransporte der östlich bis zur Wattwasserscheide gelegenen Wattoberflächen des Norderneyer Inselwatts und des Festlandswatts (Ostermarscher-, Hilgenrieder- und Neßmer Watt). Das Einzugsgebiet umfasst wattseitig eine Fläche von ca. 20-25 km².

Das Riffgat selbst wird als Fahrrinne in erster Linie in geringem Maße durch Fischerei und Behördenfahrzeuge frequentiert. In den Sommermonaten kommen verstärkt Sportbootaktivitäten und Ausflugsschiffahrten hinzu. Im näheren Umkreis liegen nordöstlich der Probenahmestelle der Norderneyer Hafen mit seiner Fahrrinne (3 km) sowie das Südstrandpolder-Siel, der Auslass der Teiche im „Südstrandpolder“ (800 m). Diese Teiche dienen als Vorfluter für das geklärte Abwasser aus der Kläranlage Norderney.

Unmittelbar nördlich angrenzend zur Probenahmestelle liegt die Klappstelle „KS03 Riffgat“. Für diese Klappstelle besteht für Niedersachsen-Ports (NPorts)



Kartenbearbeitung: K. Kolbe, NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg, April 2016

Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2016 LGLN

Abb. 5: Lage der Schwebstoff Probenahmestelle im Riffgat südlich von Norderney

Norden eine unbefristete Nutzungserlaubnis über die Menge von 45.000 m³ Baggergut jährlich. Sie wird hauptsächlich für die Verbringung von Baggergut aus der Unterhaltungsbaggerei im Fähr- und Yachthafen Norderney genutzt. Auch Material aus Hafen und Hafenzufahrt Norddeich darf hierhin verbracht werden. Eine weitere Klappstelle „KS02 Busetief“ liegt im 6 km westlich verlaufenden Busetief, der Hauptfahrinne zum Hafen Norddeich (Abb. 5). Diese ist für die Aufnahme von jährlich 70.000 m³ Baggergut freigegeben. Seit 1994 werden hier jährlich im Mittel 45.000 m³ Schluff (Schlick) verklappt, seit 2014 auch Sand (Daten: NPorts).

Ob es sich bei den oben beschriebenen Infrastrukturen um mögliche Kontaminationsquellen handelt, wird nachfolgend kurz erörtert.

2.3.1 Häfen und Klappstellen „KS03 Riffgat“ und „K02 Busetief“

Die Klappstellen werden zur Verbringung von Baggergut (Schlick und Sand) aus den Häfen und Zufahrten Norderney (nur Riffgat) und Norddeich genutzt. Sie gelten lt. NPorts als „Durchgangsklappstellen zur weiträumigen Verteilung und Rückführung des Baggergutes in den Sedimenthaushalt des Wattenmeeres“. Im Rahmen der Eigenüberwachung werden die Hafenschlicke regelmäßig beprobt und einer physikalischen und chemischen Analyse unterzogen. Eine im 3-Jahres-Rhythmus fällige Hauptuntersuchung wurde zuletzt 2013 durchgeführt. Eine Zwischenuntersuchung mit geringerem Analyseumfang fand 2014 statt. Die mittleren Konzentrationen der überwachten Schadstoffe sind in Tab. 1 aufgeführt (Daten: NPorts). Die Werte beziehen sich auf die Hafenschlicke Norddeich (7 Proben) und Norderney (3 Proben). Geringfügige Überschreitungen der „R1-Richtwerte“ für Baggergut lt. GÜBAK (GÜBAK 2009) waren bei Kupfer (beide Häfen) und TBT (Einzelproben Seglerhafen Norderney) festgestellt worden. Das Material ist also in Bezug auf diese Stoffe „mäßig höher belastet“ als Sedimente des Küstennahbereichs; die Konzentrationen der anderen untersuchten Stoffe sind unauffällig.

Eine mögliche Belastung der Schwebstoffproben durch die Verklappung von Hafenschlick an den beiden Klappstellen erscheint vor diesem Hintergrund als unwahrscheinlich, die entsprechenden Aktivitäten werden jedoch weiterhin begleitend beobachtet.

Tab. 1: Schadstoffkonzentrationen im Hafenschlick Norddeich (Ndd.) und Norderney (Ny.); Mittelwerte in der <20µm Fraktion (Daten: NPorts); zum Vergleich Richtwert R1 (GÜBAK 2009)

Stoff/ -gruppe	Einheit	Sediment-fraktion	Untersuchungsjahr		GÜBAK 2009 „R1“
			2013	2014	
Chrom	mg/kg	< 20 µm	43,5	51,1	120
Kupfer			31,8	33,1	30
Nickel			22	26,4	70
Zink			133	151	300
Blei			36,7	46	90
Cadmium			0,4	0,44	1,5
Quecksilber			0,2	0,2	0,7
Arsen			14	18,8	40
Summe PCB (7)			µg/kg	< 63 µm	4,5
Summe PAK (16)	0,65	-			1,8
Monobutylzinn	2,40	1,33			-
Dibutylzinn	2,50	2,67			-
Tributylzinn (TBT)	10,10 (Ndd.: 6,28) (Ny.: 19,00)	21,33 Ndd.: ----- Ny. 21,33			20

2.3.2 Südstrandpolder-Siel

Die Teiche im Südstrandpolder auf Norderney dienen als Vorfluter für die Kläranlage der Insel. Sie nehmen jährlich zwischen 1.000.000 und 1.300.000 m³ geklärte Abwässer auf. In Folge wechselnder Niederschlagsmengen, aber auch durch die saisonal bzw. touristisch bedingten Änderungen der Einwohnerzahl der Insel variieren die Abflussmengen im Jahresverlauf deutlich. Die höchsten Werte mit bis zu 140.000 m³/Monat werden zur touristischen Hauptsaison im Juli bis August erreicht, die abflussärmsten Monate sind i.d.R. Februar und März mit rd. 70.000 m³/Monat (Daten: KA Norderney). Der Wasserstand in den Teichen wird über das Südstrandpolder-Siel reguliert, so dass der Abfluss ins Wattenmeer nur bei entsprechenden Wasserstandsunterschieden erfolgt. Bei Flut schließen die Sieltore durch den Wasserdruck von außen automatisch.

Der Auslass des Sielteiches liegt ca. 800 m nordwestlich der Schwebstoff-Probenahmestelle. Die wegen der Sielsteuerung nur während des in westliche Richtung verlaufenden Ebbstroms vorhandene „Abflussfahne“ wird daher nicht direkt erfasst. Vielmehr verteilen sich die Stofffrachten zunächst im Wasserkörper. Um einen möglichen Einfluss auf den Schwebstoff-Untersuchungsstandort „Norderney Riffgat“ dokumentieren zu können, wurde am 3.6.2014 direkt am Sielauslass eine Sedimentprobe genommen, die parallel zu den Schwebstoffproben analysiert wurde.

Die Einzel-Ergebnisse sind in Anlage 2 aufgeführt: Die Werte liegen in Größenordnungen, wie sie gegenwärtig für Wattsedimente zu erwarten sind. Daher ist eine Beeinträchtigung bzw. Kontamination der Schwebstoffproben durch den Auslauf des Südstrandpolders nicht zu befürchten.

2.4 Probenahme

Die Probennahmen der Schwebstoffe erfolgten über das gesamte Jahr 2014 soweit möglich bei Nipptide-Niedrigwasser am Ende eines doppelten Nipp-Spring-Zyklus jeweils als Mischprobe aus den 3 Sedimentationskammern, was in etwa der Entnahme von 29-Tage-Mischproben gleichkommt. Zur Vereinfachung werden die Proben im vorliegenden Bericht als „Monatsmischproben“ bezeichnet.

Zur Durchführung der Probennahmen stehen zwei Sedimentationskästen zur Verfügung, die im Wechsel eingesetzt werden. Bei einer Probenahme wird jeweils die gesamte Konstruktion mit einem Kran an Bord des Einsatzschiffs gehoben. Zunächst wird der Sedimentationskasten abmontiert und gesichert, bevor die weiteren Bauteile - falls nötig mittels Hochdruckreiniger vom Bewuchs gesäubert - einer Inspektion unterzogen werden. Wo nötig, werden korrodierte Opferanoden ersetzt und/oder kleinere Reparaturen durchgeführt. Zuletzt wird ein leerer, mit verdünnter HNO₃ gereinigter, Sedimentationskasten im Austausch montiert, bevor die Apparatur wieder am Standort ausgelegt wird.

Die eigentliche Probenbearbeitung erfolgt dann an Land (Abb. 6). Der Inhalt der 3 Sedimentationseinsätze des entnommenen Kastens wird zunächst einzeln gewogen, bevor das Material zu einer Gesamtprobe vereinigt wird. Diese wird durch Rühren homogenisiert, zuletzt werden Teilproben in 250 ml Behälter abgefüllt, für die Bestimmung organischer Schadstoffe in Alubehälter und für Schwermetallbestimmungen und weitere Analysen in Kunststoffdosen (PE). Bis zur Analyse werden die Proben tiefgekühlt gelagert.



Abb. 6: Probenbearbeitung an Land
links: Gefüllte Sedimentationseinsätze neben dem geöffneten Kasten;
rechts: Teilproben der homogenisierten Mischprobe (Fotos: T. Behrends)

2.5 Untersuchungsparameter und Analyse

Die Untersuchungsparameter können Tab. 2 entnommen werden.

Während bei den Schwermetallen und Arsen eine Untersuchung in den Kornfraktionen < 63 µm und < 2 mm erfolgte, wurden die übrigen Untersuchungen durchweg in der Fraktion < 2 mm (Gesamtfraktion) durchgeführt. Diese Vorgehensweise entspricht dem Entwurf der novellierten OGeV (Die novellierte OGeV wird voraussichtlich 2016 in Kraft treten und ist als Umsetzung der RL 2013/39/EU zu verstehen).

Weil Schwermetalle bevorzugt an feinkörnigen Partikeln akkumulieren („Korngrößeneffekt“), wurden sie in der < 63 µm Fraktion gemessen. Für diese Messung wurde eine Korngrößenkorrektur durchgeführt, indem die Proben gesiebt und die Feinkornfraktion, in diesem Fall die Kornfraktion < 63 µm, für die Analyse abgetrennt wurden. Um weitergehende Aussagen zu ermöglichen, wurde zudem zusätzlich die Gesamtprobe (< 2 mm) analysiert. Die organischen Schadstoffe wurden ausschließlich in der Gesamtprobe (< 2 mm) gemessen.

Zur Charakterisierung der entnommenen Schwebstoffproben wurde der TOC-Gehalt (TOC = total organic carbon; Gesamter organischer Kohlenstoff) im Gesamtsediment gemessen und eine Siebanalyse (Korngrößenanalyse) durchgeführt (prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Korngrößen).

Die Vorbehandlungen und Analysen wurden gemäß der einschlägigen, gültigen DIN-Verfahren (NLWKN 2013) vorrangig durch das NLWKN Labor Hildesheim durchgeführt; einige Analysen wurden an externe Labors vergeben.

2.5.1 Toxizitätsäquivalente bei Dioxinen, Dibenzofuranen und dioxinähnlichen PCB

Die Summenwerte von polychlorierten Dioxinen, Dibenzofuranen (PCDD/PCDF) und dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) wurden nach der Methode des TEF/TEQ-Risikobewertungssystems berechnet. Dabei werden die Einzelgehalte der Kongenere mit ihren von der Weltgesundheitsorganisation (WHO 2005) zugeordneten Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) multipliziert. Die so gewichteten Einzelgehalte werden als Toxizitätsäquivalente (TEQ) bezeichnet. Die TEQ-Werte werden für die jeweilige Stoffgruppe aufsummiert: WHO-PCDD/F-TEQ ist die Summe der TEQ der insgesamt 17 toxikologisch wichtigsten Dioxine und Furane; WHO-PCB-TEQ ist die Summe der TEQ der 12 dl-PCB. TEQ dienen zum unmittelbaren Vergleich mit der Toxizität des „Seveso-Dioxins“ TCDD (2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin).

Die Summierung von Werten < BG wurde analog zur Mittelwertberechnung durchgeführt (s. Kap. 2.5.2).

2.5.2 Summen- und Mittelwertberechnung

Im Falle, dass bei einzelnen Proben und Analyten die Bestimmungsgrenze (BG) unterschritten wurde, wurde je nach Fragestellung eine von drei Methoden der Summen- oder Mittelwertberechnung angewendet:

- „inklusive Bestimmungsgrenze“
(= höchst möglicher Wert „worst case“):
Werte < BG gehen in der Höhe der BG in die Berechnung ein.
- „mit halber Bestimmungsgrenze“
(= wahrscheinlichster Wert)
Werte < BG gehen in der Höhe der halben BG in die Berechnung ein.
- „exklusive Bestimmungsgrenze“
(= geringster möglicher Wert „best case“):
Werte < BG gehen als „0“ in die Berechnung ein.

Liegt die Summe/der Mittelwert unter der BG so wird als Ergebnis der Wert < BG angegeben.

2.5.3 Mikroplastik

Die Teilproben für die Analyse auf Mikroplastik wurden mittels 24-stündiger H₂O₂-Aufbereitung von der Organik getrennt. Anschließend wurde eine Dichtentrennung mittels Natriumiodid vorgenommen, das Schwebstoff-Sedimentmaterial in einem Separationszylinder oder einem Scheidetrichter getrennt, nach der Separation getrocknet und schließlich ein Aliquot mittels einer Kombination aus thermogravimetrischer Analyse (TGA) und thermischer Desorptionsspektroskopie (TDS) am Gaschromatographen/Massenspektrometer (TGA-TDS-GC-MS) nach DÜMICHEN et al. (2015) analysiert. Dabei werden durch Erhitzen mit gekoppelter Wägung die Polymere freigesetzt, an einem Adsorber angereichert und am Gaschromatographen mit Massenspektrometrie vermessen und identifiziert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die zusammengefassten Ergebnisse der Sedimentbeschaffenheit und der Schadstoffuntersuchungen können Tab. 2 entnommen werden. Die Detaildaten sind in Anlage 1 aufgeführt.

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Sediment-Begleitparameter, wie Korngrößenverteilung und Gehalt an organischer Matrix (TOC), und die der einzelnen Schadstoffgruppen dargestellt und diskutiert.

Tab. 2: Kenngrößen der Untersuchungsergebnisse 2014, bezogen auf Trockensubstanz (TS), jeweils 12 (monatliche) Messwerte, N < BG: Anzahl der Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze (Mittelwerte mit halber Bestimmungsgrenze gerechnet)

Stoff/-gruppe	Einheit	Kornfraktion	N < BG	Min.	Mittel	Max.
Korngrößenverteilung						
Überkorn (>2mm)	%		12	0	0	0
Fraktion 600-2000µm	%		0	0,1	0,25	0,6
Fraktion 200-600 µm	%		0	1,4	2,5	4,8
Fraktion 63-200 µm	%		0	47,9	61,1	71,4
Fraktion 20-63 µm	%		0	7,3	11,3	17,8
Fraktion <20µm	%		0	16,2	24,9	30,5
Fraktion < 63 µm	%		0	26,3	36,2	46,9
TOC	%	< 2 mm	0	0,8	1,1	1,6
Trockensubstanz	%	< 2 mm	0	48,7	53,6	63,6
Schwermetalle						
Chrom (ohne 3 unplausible Werte, s. Text)	mg/kg Cr	< 2 mm	0	24	46 (29)	170 (35)
Kupfer	mg/kg Cu	< 2 mm	0	3,3	5,0	6,1
Nickel (ohne 3 unplausible Werte, s. Text)	mg/kg Ni	< 2 mm	0	7,6	17 (11)	51 (13)
Zink	mg/kg Zn	< 2 mm	0	35	43	52
Blei	mg/kg Pb	< 2 mm	0	11	14	20
Cadmium	mg/kg Cd	< 2 mm	0	0,11	0,13	0,15
Quecksilber	mg/kg Hg	< 2 mm	12	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Arsen	mg/kg As	< 2 mm	0	5,8	8,0	9,9
Chrom (ohne 3 unplausible Werte, s. Text)	mg/kg Cr	< 63 µm	0	54	106 (64)	440 (76)
Kupfer	mg/kg Cu	< 63 µm	0	9,4	13	17
Nickel (ohne 3 unplausible Werte, s. Text)	mg/kg Ni	< 63 µm	0	20	39 (26)	110 (32)
Zink	mg/kg Zn	< 63 µm	0	80	102	120
Blei	mg/kg Pb	< 63 µm	0	26	34	42
Cadmium	mg/kg Cd	< 63 µm	0	0,12	0,28	0,34
Quecksilber	mg/kg Hg	< 63 µm	1	< 0,1	0,13	0,15
Arsen	mg/kg As	< 63 µm	0	8,4	16	19
PAK (16 Substanzen)						
Naphthalin	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	5	6	7
Acenaphthylen	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 10	< 10	< 10
Acenaphthen	µg/kg (TS)	< 2 mm	2	< 1	1,3	2
Fluoren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	2	2,75	4
Phenanthren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	16	21	33
Anthracen	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	2	3,8	6
Fluoranthren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	23	34	63
Pyren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	17	24	41
Benzo(a)anthracen	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	8	12	20
Chrysen	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	13	20	34
Benzo(b)fluoranthren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	16	21	32
Benzo(k)fluoranthren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	7	10,1	16
Benzo(a)pyren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	10	15,3	23
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	2	3,3	5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	11	17	25
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	14	19	25
Summe der PAK	µg/kg (TS)	< 2 mm	0	151	211	333

Stoff/-gruppe	Einheit	Kornfraktion	N < BG	Min.	Mittel	Max.
Zinnorganische Verbindungen (als Zinn-Kation)						
Tetrabutylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	11	< 2	< 2	3,7
Tributylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2	< 2	< 2
Dibutylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2	< 2	< 2
Monobutylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	8	< 2	2,9	14
Monooctylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	7	< 2	4,1	14
Triphenylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	11	< 2	< 2	3,6
Tricyclohexylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2	< 2	< 2
Diocetylzinn	µg/kg (TS)	< 2 mm	6	< 2	5,8	19
Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe						
Hexachlorbutadien	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
alpha-HCH	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
beta-HCH	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
gamma-HCH	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
delta-HCH	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
epsilon-HCH	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Aldrin	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Isodrin	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Dieldrin	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Endrin	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Endrin - Keton	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Trans-Chlordan	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDE	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDE	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDD	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDD	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDT	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDT	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
alpha-Endosulfan	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
beta-Endosulfan	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
cis-Chlordan	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Pentachlorbenzol	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Hexachlorbenzol	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 28	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 52	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 101	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 118	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 138	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 153	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 180	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Chlorpyrifos	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 2,5	< 2,5	< 2,5

Stoff/-gruppe	Einheit	Kornfraktion	N < BG	Min.	Mittel	Max.
Bromierte Diphenylether						
BDE 28	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 47	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 99	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 100	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 153	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 154	µg/kg (TS)	< 2 mm	12	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 209	µg/kg (TS)	< 2 mm	5	< 2,5	2,9	4,9
Weitere organische Schadstoffe nach EG-WRRL						
Chloralkane (C10-C13) (Summe)	mg/kg TS	< 2 mm	12	<0,1	<0,1	<0,1
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	mg/kg TS	< 2 mm	10	<0,1	<0,1	0,18
Dicofol	µg/kg TS	< 2 mm	12	<0,5	<0,5	<0,5
PFOS	µg/kg TS	< 2 mm	12	<10	<10	<10
Quinoxifen	µg/kg TS	< 2 mm	12	<0,5	<0,5	<0,5
HBCD (Summe)	µg/kg TS	< 2 mm	5	<0,5	<0,5	1
Heptachlor	µg/kg TS	< 2 mm	12	<0,5	<0,5	<0,5
Heptachlorepoxyd	µg/kg TS	< 2 mm	12	<0,5	<0,5	<0,5
dl-PCB						
non-ortho PCB						
PCB Nr. 77	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,023	0,032	0,06
PCB Nr. 81	µg/kg TS	< 2 mm	11	<0,001	<0,001	0,001
PCB Nr.126	µg/kg TS	< 2 mm	4	<0,001	0,0015	0,004
PCB Nr.169	µg/kg TS	< 2 mm	12	<0,001	<0,001	<0,001
Mono-ortho PCB						
PCB Nr. 105	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,029	0,050	0,13
PCB Nr. 114	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,002	0,0068	0,03
PCB Nr. 118	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,012	0,134	0,33
PCB Nr. 123	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,015	0,0193	0,036
PCB Nr. 156	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,012	0,020	0,053
PCB Nr. 157	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,002	0,004	0,009
PCB Nr. 167	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,004	0,0093	0,021
PCB Nr. 189	µg/kg TS	< 2 mm	0	0,002	0,003	0,006
Summe berechnet als WHO-PCB-TEQ (WHO 2005)	ng/kg TS	< 2 mm	3	< 0,01	0,16	0,41
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD und PCDF)						
1) 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	0	0,25	0,372	0,495
2) 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	6	< 0,22	< 0,22	0,37
3) 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	12	< 0,41	< 0,41	< 0,7
4) 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	4	< 0,52	<0,52	0,77
5) 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	4	< 0,52	<0,52	0,79
6) 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	0	5,46	7,8	10
7) Octachlordibenzodioxin	ng/kg TS	< 2 mm	0	29,4	50,7	68,9
8) 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	0,92	1,26	1,58
9) 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	1	< 0,65	< 0,65	0,86
10) 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	0,76	1,03	1,39
11) 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	1,13	1,59	2,16
12) 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	1	< 0,59	0,74	1,06

Stoff/-gruppe	Einheit	Kornfraktion	N < BG	Min.	Mittel	Max.
Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD und PCDF)						
13) 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	12	< 0,41	< 0,41	< 0,7
14) 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	0,591	0,86	1,32
15) 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	5,68	7,88	9,63
16) 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	1	< 0,56	0,60	0,90
17) Octachlordibenzofuran	ng/kg TS	< 2 mm	0	11,8	17,1	21,1
Summe, berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - exklusive BG	ng/kg TS	< 2 mm	0	0,907	1,56	2,29
Summe, berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - inklusive BG	ng/kg TS	< 2 mm	0	1,38	1,84	2,37
Nährstoffe						
Stickstoff (Gesamt-N)	mg/kg TS	< 2 mm	0	1000	1342	1700
Phosphor (Gesamt-P)	mg/kg TS	< 2 mm	0	290	438	510

3.1 Korngrößenverteilung und TOC

Der < 63 µm-Anteil der 12 Mischproben von Januar bis Dezember 2014 schwankte zwischen 26,3 % und 49,6 %, der Mittelwert betrug 36,2 %. Da für eine Einordnung der vorliegenden Ergebnisse aus Küstengewässern keine weiteren Vergleichswerte vorliegen, wird folgend auf Befunde der Elbe zurückgegriffen (FGG Elbe Datenportal). Demzufolge sind die bei Norderney gemessenen < 63 µm-Feinkornanteile deutlich geringer als z.B. bei Grauerort (Tideelbe bei Stade) mit einem mittleren Feinkornanteil von 68 %.

Die Korngrößenverteilung in den Schwebstoffproben kann u.a. von Sturmereignissen, Baggerungs-/Verklappungsmaßnahmen oder auch Schiffsverkehr beeinflusst werden. Eine direkte Zuordnung derartiger Einflussgrößen zu einzelnen Messergebnissen ist allerdings nach Datenlage im Rahmen dieser Pilotuntersuchung nicht möglich.

Die < 63 µm-Kornanteile der einzelnen Monatsmischproben können Abb. 7 entnommen werden. Der maximal gemessene Wert von 46,9 % wurde in der September-Monatsmischprobe ermittelt, der minimale von 26,3 % im Januar.

Ein anderes Bild ergibt sich bezüglich des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC, Abb. 8). Die höchsten TOC-Gehalte von 1,6 % und 1,5 % wurden in den Frühlingsmonatsproben Mai/Juni ermittelt, die niedrigsten von 0,8 % im Juli und Dezember.

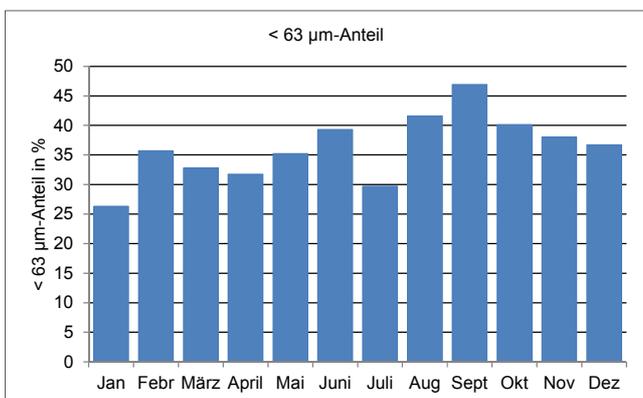


Abb. 7. Anteil der Feinkornfraktion (< 63 µm) der monatlichen Proben 2014

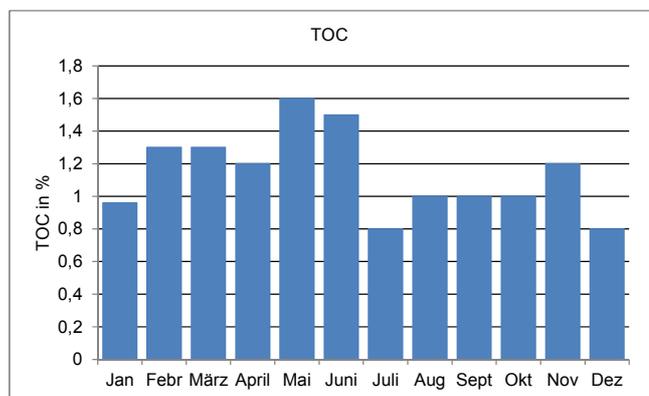


Abb. 8: TOC-Gehalte (%) der monatlichen Proben 2014

3.2 Schwermetalle und Arsen

Die Untersuchung auf Schwermetalle und Arsen erfolgte sowohl in der < 63 µm-Kornfraktion als auch zu Vergleichszwecken in der Fraktion < 2 mm.

Eine Beurteilung der ermittelten Arsen- und Schwermetallgehalte wurde sowohl nach den Kriterien der EG-WRRL (Tab. 3) als auch nach OSPAR (2010; Tab. 4) durchgeführt. Da innerhalb der EG-WRRL für die prioritären Stoffe Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber keine Umweltqualitätsnormen (UQN) hinsichtlich der Matrix Sediment abgeleitet wurden, sondern lediglich für die gelöste Wasserphase, wurden für die Beurteilung dieser Schwermetalle die Schwellenwerte der LAWA (1998; Tab. 5) verwendet.

Der jeweilige Jahresmittelwert der < 63 µm-Fraktion der Norderney-Schwebstoffproben wurde nach den genannten Kriterien beurteilt. Die entsprechenden UQN und Schwellenwerte wurden ausnahmslos deutlich unterschritten. Bei der Beurteilung nach den OSPAR-Kriterien, die sich auf die < 20 µm-Fraktion beziehen, wurde der T1-Wert (akzeptable Belastung, geringes oder kein Risiko) durchweg eingehalten und bei Blei und Cadmium auch der strengere T0-Wert (Ziel der OSPAR-Strategie). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass zur Beurteilung die Ergebnisse der < 63 µm-Fraktion herangezogen wurden, die i.d.R. etwas geringere Gehalte als die < 20 µm-Fraktion aufweist.

Die in den jeweiligen Mischproben ermittelten Schwermetallgehalte sind in Abb. 9 grafisch dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass die Schwermetallgehalte grundsätzlich relativ geringen Schwankungen unterworfen waren. Bemerkenswert ist der in der Februarprobe gemessene Cadmiumgehalt von 0,12 mg/kg, der als vergleichsweise gering bzw. unterrepräsentiert anzusehen ist (Abb. 9).

Als zweifellos besonders auffällig sind die im Spätsommer/Herbst ermittelten Chrom- und Nickelgehalte anzusehen (Abb. 9). In der Septemberprobe wurden Spitzengehalte von 440 mg/kg an Chrom und 110 mg/kg an Nickel gemessen, die deutlich über dem übrigen Konzentrationsniveau lagen. Auch sind die Chrom- und Nickelgehalte der folgenden Oktoberprobe als erhöht anzusehen, bevor sich die Gehalte der Novemberprobe auf das übliche Niveau eingependelt hatten. Zudem zeigt sich bereits in der Augustprobe ein leichter Anstieg, der bei Nickel deutlich ausgeprägter als bei Chrom war.

Die vorübergehend erhöhten Messwerte bei Chrom und Nickel zeigen eine zeitliche Übereinstimmung mit dem Auftreten von Korrosionsschäden an den Sedimentationskästen. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die Proben durch aus dem Edelstahl freigesetzte Stoffe kontaminiert wurden. Nachdem weitere Opferanoden angebracht wurden, konnte das Problem langfristig behoben werden (s. a. Kap. 2.2. Seite 4).

Tab. 3: Arsen, Chrom, Kupfer und Zink: (Mittelwerte in der < 63 µm-Kornfraktion) und Umweltqualitätsnormen (UQN) der EG-WRRL bzw. der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2011; [mg/kg Trockensubstanz]

Arsen/Schwermetalle	Mittelwert	UQN
Arsen	16	40
Chrom	106	640
Kupfer	13	160
Zink	102	800

Tab. 4: Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber¹: Mittelwerte in der < 63 µm-Kornfraktion und OSPAR-Kriterien T1 = akzeptable Belastung und T0 = Ziel der OSPAR-Strategie (OSPAR 2010); [mg/kg Trockensubstanz]

Schwermetall	Mittelwert	T0	T1
Blei	34	38	47
Cadmium	0,28	0,31	1,2
Nickel	39	36	-
Quecksilber	0,13	0,07	0,15

(T0 und T1 beziehen sich auf die Fraktion < 20 µm, zum Vergleich wurden jedoch die Mittelwerte der < 63 µm-Fraktion herangezogen)

Tab. 5: Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber¹: Mittelwerte in der < 63 µm-Kornfraktion und Schwellenwerte der LAWA (1998); [mg/kg Trockensubstanz]

Schwermetall	Mittelwert	Schwellenwert
Blei	34	100
Cadmium	0,28	1,2
Nickel	39	120
Quecksilber	0,13	0,8

¹ Schwermetalle, für die nach EG-WRRL keine UQN für Schwebstoff/Sediment festgelegt sind

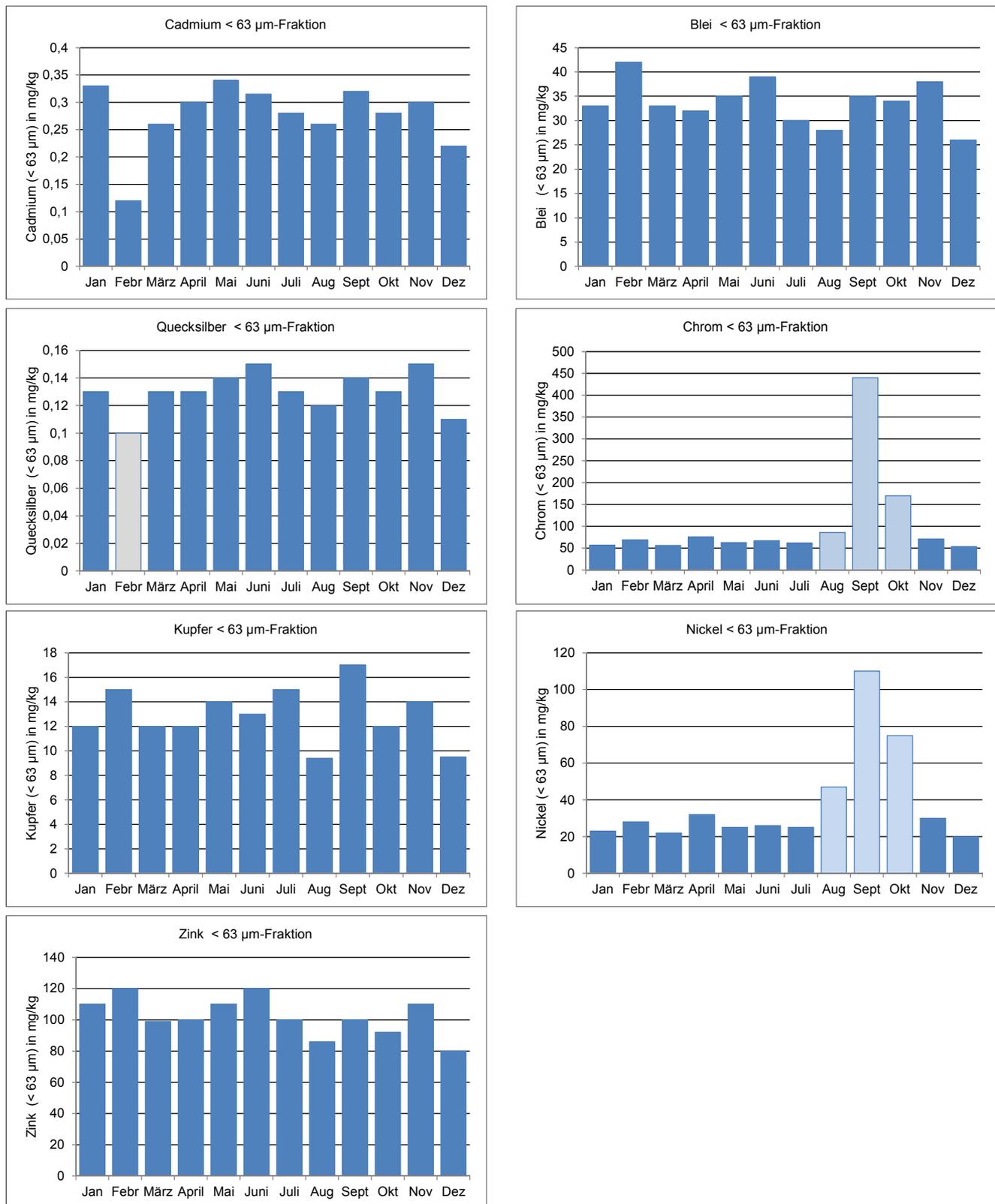


Abb. 9: Schwermetallgehalte der einzelnen Monatsmischproben in mg/kg Trockensubstanz der < 63 µm-Fraktion
 graue Säulen: < Bestimmungsgrenze;
 hellblaue Säulen: unplausible Werte für Chrom und Nickel (s. Text)

3.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Untersuchungen auf PAK erfolgten auf die 16 Stoffe der EPA-Liste (EPA = United States Environmental Protection Agency) (Tab. 2). Dominierend, mit einer mittleren und maximalen Konzentration von 34 µg/kg und 63 µg/kg Trockensubstanz, war Fluoranthen, gefolgt von Pyren (24 µg/kg und 41 µg/kg) und Phenanthren (21 µg/kg und 33 µg/kg Trockensubstanz). Acenaphthen wies die geringsten Gehalte von 1,3 µg/kg (Mittel) und 2 µg/kg (max.) Trockensubstanz auf. Dieses Muster weist eine Dominanz verbrennungsbürtiger PAK auf.

In der Summe der 16 Stoffe lt. EPA wurde eine mittlere Konzentration von 211 µg/kg Trockensubstanz gemessen, die maximale Konzentration betrug 333 µg/kg Trockensubstanz. Eine Bewertung der PAK nach der EG-WRRL ist in der Matrix Schwebstoff/Sediment nicht vorgesehen. Legt man die Kriterien nach OSPAR zugrunde, bei denen die T0- und T1-Werte auf einen TOC-Gehalt von 2,5 % bezogen sind, so ergibt sich das folgende Bild: Die TOC-Gehalte der vorliegenden Untersuchungen schwanken zwischen 0,8 % und 1,6 %. Somit wären die PAK etwa mit dem Faktor 2 bis 3 zu multiplizieren, um eine Beurteilung nach OSPAR vornehmen zu können. Demzufolge wurde bei Fluoranthen der T0-Wert von 39 µg/kg (als anspruchsvollster Zielwert der OSPAR-Strategie) deutlich überschritten, während der T1-Wert (akzeptable Belastung, geringstes oder kein Risiko) problemlos eingehalten wurde. Eine ähnliche Konstellation ergibt sich bei Benzo(a)pyren, Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren: die T1-Werte (430 µg/kg, 85 µg/kg und 240 µg/kg Trockensubstanz) wurden durchweg unterschritten, während die T0-Werte (30 µg/kg, 80 µg/kg und 103 µg/kg Trockensubstanz) nur bei Benzo(a)pyren nicht eingehalten werden konnten, wohl aber bei Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren.

In den Abb. 10 und Abb. 11 sind die jeweiligen monatlichen Werte für die Summe der PAK und Fluoranthen dargestellt. Es zeigt sich die Tendenz, dass die PAK-Gehalte im Frühjahr, von Februar bis Mai/Juni, am höchsten waren.

In Abb. 12 sind die PAK-Summengehalte den dazugehörigen TOC-Gehalten gegenübergestellt. Darüber soll geprüft werden, ob es einen Zusammenhang zwischen den ermittelten PAK-Gehalten und den entsprechenden TOC-Gehalten gibt. Bei einem ermittelten Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,53 kann in diesem Fall eher nicht von einem ausgeprägten Zusammenhang zwischen den Variablen ausgegangen werden. Nur ca. 50 % der Varianz der PAK-Gehalte kann durch die TOC-Gehalte erklärt werden.

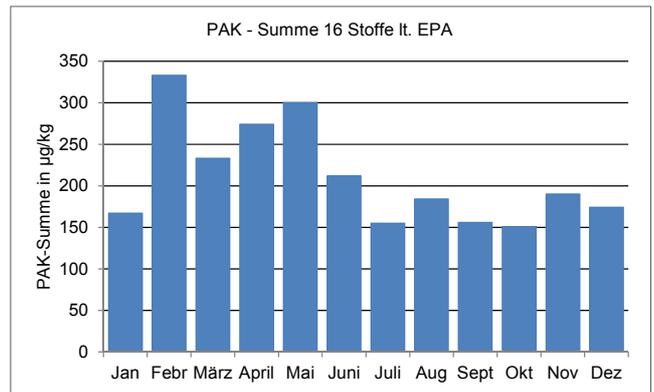


Abb. 10: PAK (Summe lt. EPA) in den Monatsmischproben, in µg/kg Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion

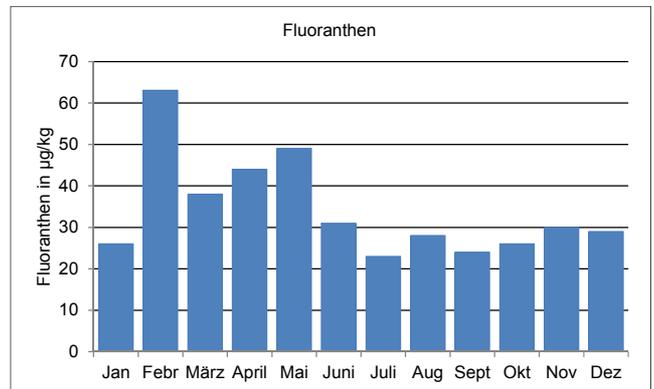


Abb. 11: Fluoranthen in den Monatsmischproben, in µg/kg Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion

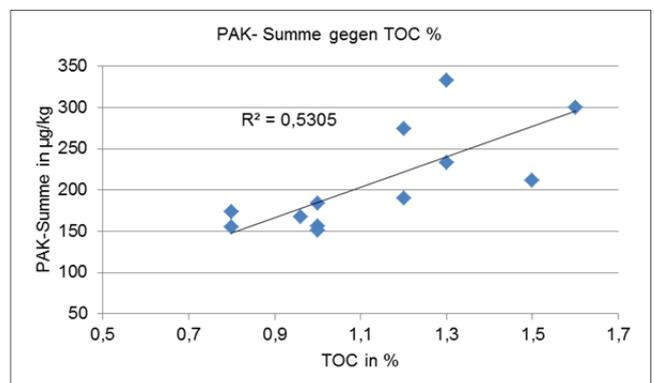


Abb. 12: Relation zwischen PAK (Summen) Gehalten [µg/kg Trockensubstanz], und TOC-Gehalten [%] mit dem Bestimmtheitsmaß R^2

3.4 Zinnorganische Verbindungen

Die Untersuchung der Monatsschwebstoffmischproben erfolgte auf die Parameter Tetrabutylzinn, Tributylzinn, Dibutylzinn, Monobutylzinn, Monoctylzinn, Triphenylzinn, Tricyclohexylzinn und Dioctylzinn. Dabei ist das Tributylzinn (TBT) von besonderem Interesse, da es in der Vergangenheit als Antifouling-Schiffsanstrich verwendet wurde und sich aufgrund seiner endokrinen Wirkung und ausgeprägten Persistenz als sehr problematisch herausgestellt hat. Bemerkenswert ist, dass TBT in keiner der Monatsmischproben nachgewiesen werden konnte (durchweg $< 2 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz). Dies ist sicherlich ein sehr erfreuliches Ergebnis. Auch die Dibutylzinn- und Tricyclohexylzinngehalte lagen durchweg unter der Bestimmungsgrenze von $2 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz. Auffälliger waren dagegen die Gehalte an Dioctylzinn, Monobutylzinn, Monoctylzinn, Tetrabutylzinn und Triphenylzinn mit maximal gemessenen Gehalten von bis zu $19 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz.

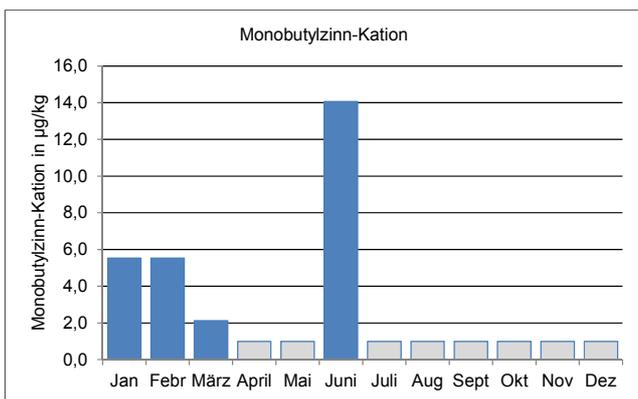


Abb. 13: Monobutylzinn in den Monatsmischproben, in $\mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz der $< 2 \text{ mm}$ -Fraktion (graue Säulen: $<$ Bestimmungsgrenze)

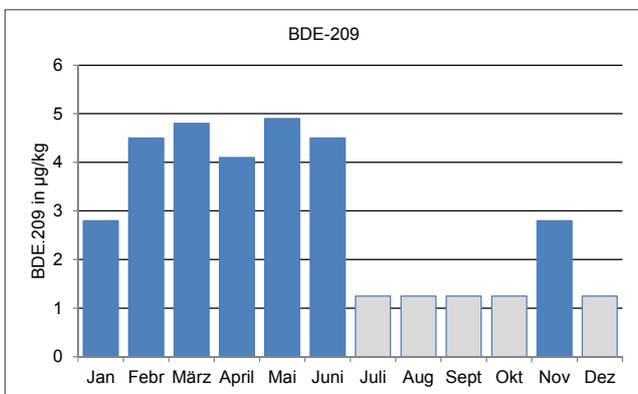


Abb. 14: BDE 209 in den Monatsmischproben, in $\mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz der $< 2 \text{ mm}$ -Fraktion (graue Säulen: $<$ Bestimmungsgrenze)

Exemplarisch für die zinnorganischen Verbindungen sind in Abb. 13 die jeweiligen Monobutylzinngehalte (Kation) grafisch dargestellt. Die maximale Konzentration mit $14 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz wurde in der Juni-Probe gemessen. Während am Anfang des Jahres, nämlich im Januar, Februar und März, noch Monobutylzinn in Gehalten von $5,5 \mu\text{g/kg}$ bis $2,1 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz nachgewiesen werden konnte, lagen in den übrigen Monaten, durchweg von Juli bis Dezember, die Gehalte unter der Bestimmungsgrenze von $2 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz.

3.5 Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe

Die untersuchte Stoffgruppe der schwerflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe umfasst insgesamt 34 Schadstoffe, wie Hexachlorcyclohexan, Endrin, Dieldrin, Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) und dessen Metabolite, Endosulfan, chlorierte Benzolverbindungen und die etablierten (Indikator-) polychlorierten Biphenyle (PCB); siehe auch Tab. 2.

Die ermittelten Untersuchungsergebnisse ergeben ein einheitliches und sehr positives Bild: sämtliche Schadstoff-Gehalte liegen ausnahmslos unter der Bestimmungsgrenze von $2,5 \mu\text{g/kg}$ Trockengewicht.

Die Oberflächengewässerverordnung (2011) der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sieht für PCB eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von $20 \mu\text{g/kg}$ je Kongener vor, die bei den vorliegenden Untersuchungen mit Gehalten von durchweg $< 2,5 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz deutlich unterschritten wurde. Weitere schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe sind hinsichtlich der Matrix Schwebstoff/Sediment innerhalb der WRRL nicht geregelt.

3.6 Bromierte Diphenylether

In die vorliegenden Untersuchungen wurden die bromierten Diphenylether (BDE) 28, 47, 99, 100, 153, 154 und 209 einbezogen. Die BDE finden als Flammenschutzmittel Verwendung, beispielsweise in Kunststoffen und Textilien, und sind somit weit verbreitet.

Die einzigen Positivbefunde wurden hinsichtlich des BDE 209 ermittelt, während bei den übrigen zitierten BDE die Bestimmungsgrenze von $0,25 \mu\text{g/kg}$ Trockengewicht durchweg unterschritten wurde.

Die BDE 209-Gehalte schwankten zwischen $< 2,5 \mu\text{g/kg}$ und $4,9 \mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz, der Mittelwert betrug $2,9 \mu\text{g/kg}$. In Abb. 14 sind die BDE 209-Gehalte der Monatsmischproben dargestellt. Es zeigt sich, dass erhöhte BDE 209-Gehalte überwiegend in der ersten Jahreshälfte zu beobachten waren, während in der zweiten Jahreshälfte die Gehalte, mit Ausnahme der Novemberprobe, unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen.

Im Vergleich mit Daten der Umweltprobenbank für limnische Schwebstoffproben (2002/3) liegen die Gehalte um den Faktor ≥ 10 unter den Werten in Elbe, Rhein und Saar und im Bereich der niedrigen Gehalte in Blankenese (3,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) (STIEHL et al. 2008).

3.7 Weitere organische Schadstoffe nach EG-WRRL

In der EG-WRRL bzw. RL 2013/39/EU sind weitere organische Schadstoffe aufgeführt, die, aufgrund ihres ausgeprägten Akkumulationsverhaltens, entweder im Sediment/Schwebstoff oder in Biota zu untersuchen sind, um das Verschlechterungsverbot durch Trendanalysen zu überprüfen. Aus diesem Grund wurden die betreffenden Schadstoffe Chloralkane (Summe C10-C13), Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Dicofol, PFOS, Quinoxifen, HBCD (Summe), Heptachlor und Heptachlorepoxyd in die Schwebstoffuntersuchungen einbezogen, um möglichst frühzeitig über entsprechende Erfahrungswerte verfügen zu können.

Dabei zeigte sich, dass bei fast sämtlichen Schadstoffen die jeweilige Bestimmungsgrenze unterschritten wurde (siehe Tab. 2), lediglich bei DEHP und HBCD (Summe, Abb. 15) konnten 2 und 7 Positivbefunde festgestellt werden: bei DEHP mit 0,11 mg/kg und 0,18 mg/kg Trockensubstanz und bei HBCD zwischen 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Trockensubstanz. Es wird darauf hingewiesen, dass sich die ermittelten DEHP-Gehalte im mg/kg-Bereich bewegten und nicht, wie ansonsten bei organischen Schadstoffen üblich, im Bereich $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Das als Weichmacher verwendete DEHP, so zeigt sich, ist weit verbreitet und kommt in deutlich erhöhten Gehalten vor.

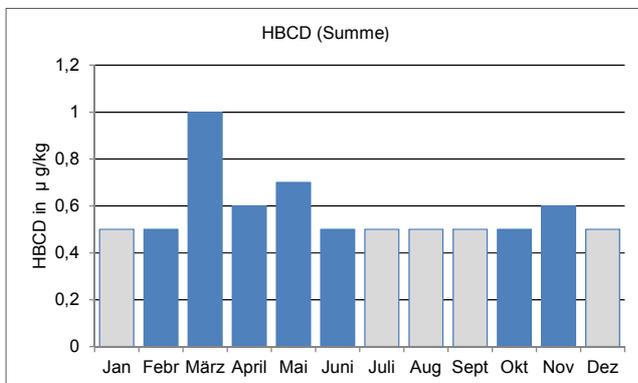


Abb. 15: HBCD (Summe) in den Monatsmischproben; in $\mu\text{g}/\text{kg}$ bezogen auf die Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion (graue Säulen: < Bestimmungsgrenze)

3.8 dl-PCB

Unter dl-PCB versteht man „dioxin-like“ polychlorierte Biphenyle, die eine dioxinähnliche Wirkung aufweisen und nicht mit den unter Kap. 3.5 aufgeführten sog. Indikator-PCB zu verwechseln sind. Bei den dl-PCB wird zwischen non-ortho und mono-ortho PCB unterschieden. Aus den ermittelten Einzelgehalten der 12 Stoffe (siehe Tab. 2) werden die sog. Toxizitätsäquivalente (TEQ) errechnet, indem die Einzelgehalten mit von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) im Jahr 2005 veröffentlichten Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) multipliziert werden. Die TEQ sind Maß für die dioxinähnliche Wirkung der Stoffe; konkret bezogen auf 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TCDD), das „Seveso-Dioxin“. Ausgewiesen wird die Summe-TEQ innerhalb der Stoffgruppe.

Die in den 12 Monatsschwebstoffproben ermittelten dl-PCB-TEQ-Gehalte lagen zwischen < 0,01 ng/kg (bei 3 Befunden < BG) und 0,41 ng/kg, mit einem Mittelwert von 0,16 ng/kg Trockensubstanz. Entsprechende Umweltqualitätsnormen zur Bewertung der dl-PCB existieren leider nicht. Im Vergleich zu in Sedimenten des Binnenbereichs im Jahr 2014 ermittelten dl-PCB-TEQ-Gehalten, mit einer maximalen Konzentration von 4,64 ng/kg Trockensubstanz, sind die vorliegenden Gehalte als relativ gering anzusehen (STEFFEN 2014).

In Abb. 16 sind die dl-PCB-TEQ-Gehalte der jeweiligen Schwebstoffmonatsmischproben grafisch dargestellt. Die höchste Konzentration wurde mit 0,41 ng/kg Trockensubstanz im September 2014 gemessen, während sich die Gehalte der Februar-, März-, Juni-, Juli-, August-, November- und Dezemberproben auf einem Niveau von etwa 0,2 ng/kg Trockensubstanz bewegten. In den Monaten Januar, April und Mai lagen die Gehalte unter der Bestimmungsgrenze von 0,01 ng/kg und im Oktober bei 0,01 ng/kg Trockensubstanz.

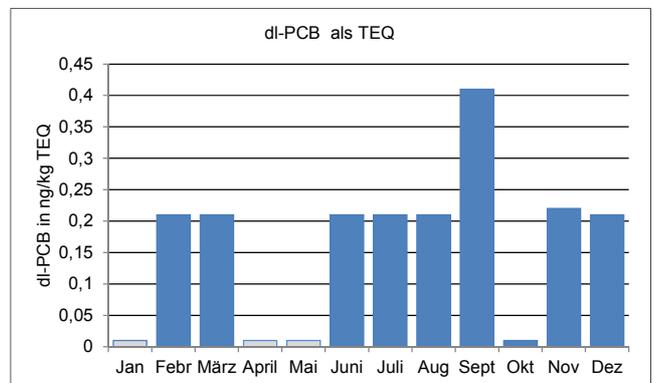


Abb. 16: dl-PCB in den Monatsmischproben; in ng/kg TEQ bezogen auf die Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion (graue Säulen: < Bestimmungsgrenze)

3.9 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD und PCDF)

Die Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzo-p-dioxine umfasst 75 Kongenere, die der polychlorierten Dibenzofurane (PCDF) 135 Kongenere. Dioxine/Furane sind niemals absichtlich industriell hergestellt worden. Sie entstehen - bis zu einem bestimmten Grad technisch unvermeidbar - überwiegend bei Verbrennungsprozessen, wie z.B. in Müllverbrennungsanlagen, in mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerken, bei bestimmten chemischen Prozessen, sowie durch den Autoverkehr und den Hausbrand (RIBBECK et al. 2012).

Wie bereits unter Kap. 3.8 bei den dl-PCB erwähnt, werden die Gehalte bestimmter Dioxin- und Furanverbindungen (Tab. 2) mit Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) nach WHO (2005) multipliziert und die so errechneten Toxizitätsäquivalente (TEQ) summiert. Bei einer Unterschreitung der jeweiligen Bestimmungsgrenze wurden die TEQ-Summen sowohl exklusive als auch inklusive der Bestimmungsgrenzen errechnet, so dass die minimal und maximal möglichen Gehalte betrachtet werden können (vgl. Kap. 2.5.1. S. 8). Die höchsten ermittelten TEQ-Gehalte für PCDD/PCDF betragen 2,29 ng/kg (exklusive) bzw. 2,37 ng/kg (inklusive), die geringsten 0,907 ng/kg bzw. 1,38 ng/kg Trockensubstanz.

Auch bei dieser Stoffgruppe existieren im Hinblick auf die Matrix Schwebstoffe/Sedimente keine verbindlichen UQN. Von der FGG Elbe (2013) werden jedoch zur Klassifizierung von Sedimenten sog. untere und obere Schwellenwerte angegeben, mit 5 ng/kg und 20 ng/kg TEQ Trockensubstanz. Demzufolge wurde sogar der untere und damit anspruchsvollste Schwellenwert eingehalten.

Aus Abb. 17 geht hervor, dass die monatlichen Dioxin/Furan-TEQ-Gehalte innerhalb der Jahresganglinie in etwa der gleichen Größenordnung liegen und keine ausgeprägten, jahreszeitlich bedingten Schwankungen erkennbar sind.

In Abb. 18 wurden exemplarisch die jeweiligen PCDD/PCDF-Gehalte der Februarmischprobe dargestellt. Es musste aus Platzgründen eine Nummerierung der Stoffe durchgeführt werden. Dabei ist die Nummerierung entsprechend der in Tab. 2 aufgeführten Kongenere durchgeführt worden, beginnend mit Stoff Nr. 1, entsprechend 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin, und abschließend mit Stoff Nr. 17, entsprechend Octachlordibenzofuran.

Es zeigt sich, dass das Kongener Octachlordibenzodioxin (Stoff Nr. 7) deutlich dominierend ist, gefolgt von Octachlordibenzofuran (Stoff Nr. 17) sowie 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin (Stoff Nr. 6) und 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofuran (Stoff Nr. 15). Das vorliegende Kongenerenverteilungsmuster zeigt eine Konstellation auf, wie sie für ubiquitär vorhandene PCDD/PCDF typisch ist. Hierbei spricht man auch von einem typischen sog. „Verbrennungsmuster“.

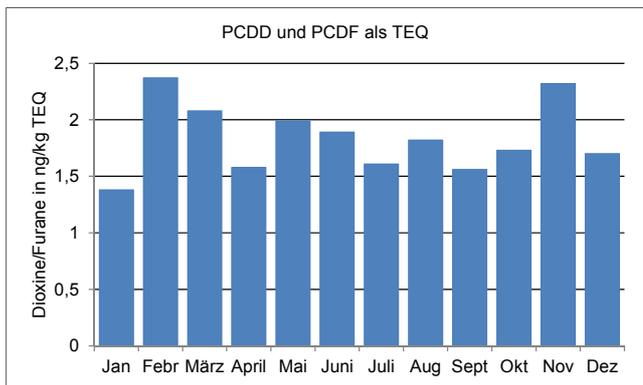
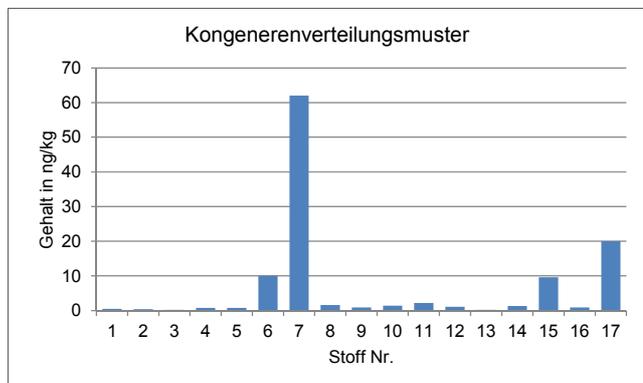


Abb. 17: PCDD und PCDF in den Monatsmischproben, in ng/kg TEQ bezogen auf die Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion



Stoff Nr. 6:	1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin
Stoff Nr. 7:	Octachlordibenzodioxin
Stoff Nr. 15:	1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran
Stoff Nr. 17:	Octachlordibenzofuran

Abb. 18: Kongenerenverteilungsmuster der PCDD/PCDF-Gehalte, < 2 mm-Fraktion, Gehalte in ng/kg Trockensubstanz, inklusive der jeweiligen Bestimmungsgrenzen, Monatsmischprobe Februar 2014

3.10 Nährstoffe

Die bei Norderney gewonnenen Schwebstoffmonatsmischproben des Jahres 2014 wurden auch auf die Nährstoffe Gesamt-Stickstoff (Gesamt-N) und Gesamt-Phosphat (Gesamt-P) untersucht.

Die Gesamt-N-Gehalte schwankten, mit einem Mittelwert von 1.300 mg/kg, zwischen 1.000 mg/kg und 1.700 mg/kg Trockensubstanz. Beim Gesamt-P wurden Gehalte von 290 mg/kg bis 510 mg/kg ermittelt, der Mittelwert betrug 438 mg/kg Trockensubstanz (Tab. 2 Seite 9).

In Abb. 19 und Abb. 20 sind die monatlich in den Schwebstoffen gemessenen Gehalte an Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphat dargestellt. Es zeigt sich innerhalb des Jahres 2014 ein relativ homogenes Bild mit geringen Konzentrationsschwankungen. Anders als es typischerweise bei gelösten anorganischen Stickstoffverbindungen (DIN) in der Wassersäule der Fall ist, sind im Winter in den Schwebstoffen keine signifikant höheren Nährstoff-Gehalte als im Sommer gemessen worden.

Um überschlägig zu bilanzieren, wie hoch der Anteil der in Schwebstoffen vorliegenden Nährstoffe an den in Wasserproben ermittelten Nährstoffgehalten ist, wurden die jeweiligen Jahres-Mittelwerte der im Schwebstoff gemessenen Nährstoffgehalte denen der 2014 wöchentlich entnommenen Wasserproben (Norderney Hafen) gegenübergestellt (siehe Tab. 6).

Diese Messergebnisse weisen für die Wasserphase bei Norderney einen Schwebstoffgehalt von im Mittel etwa 130 mg/l Trockensubstanz auf. Daraus ergibt sich, dass im Jahr 2014 etwa 20 % des in der Wasserphase gemessenen Gesamt-Stickstoffs aus Schwebstoffen resultiert, bei Gesamt-Phosphat betrug dieser Anteil sogar etwa 58 %.

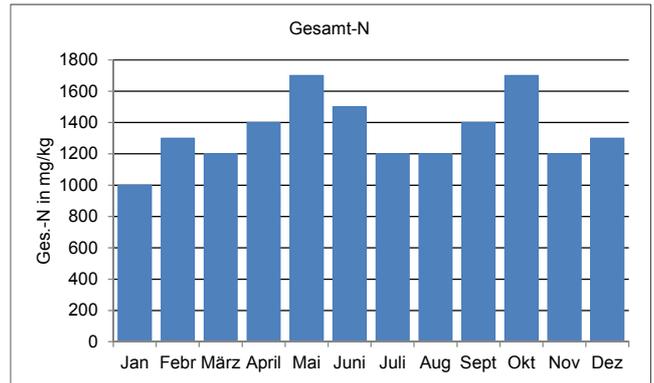


Abb. 19: Gesamt-Stickstoff in den Monatsmischproben, in mg/kg Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion

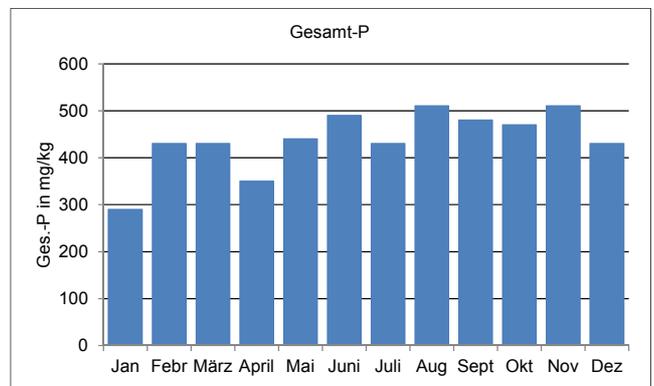


Abb. 20: Gesamt-Phosphat in den Monatsmischproben, in mg/kg Trockensubstanz der < 2 mm-Fraktion

Tab. 6: Bilanzierung des prozentualen Anteils der in Schwebstoffen gebundenen Nährstoffe am Gesamt-Nährstoff in unfiltrierten Wasserproben der Messstelle Norderney Hafen

		Gesamt-Stickstoff	Gesamt-Phosphat
a	Nährstoffkonzentration im Schwebstoff (Mittelwert 2014, Messstelle Riffgat, Norderney)	1.300 mg/kg N	438 mg/kg P
b	Schwebstoffmenge pro Liter (Mittelwert 2014, Messstelle Norderney Hafen)	130 mg/l	130 mg/l
c	Nährstoff im Schwebstoff gebunden pro Liter (berechnet aus a und b)	0,17 mg/l N	0,057 mg/l P
d	Gesamt-Nährstoff im Wasser (unfiltriert; Mittelwert 2014, Messstelle Norderney Hafen)	0,833 mg/l N	0,098 mg/l P
e	Prozentualer Anteil der im Schwebstoff gebundenen Nährstoffe am Gesamt-Nährstoff in den Wasserproben (berechnet aus c und d)	20 %	58 %

Für Phosphor wird der oben berechnete Anteil von ca. 60% partikulär an Schwebstoffen gebundenem Phosphat bestätigt durch den Vergleich der Messungen von o-Phosphat und Gesamt-Phosphat in der Wasserphase (Messungen 2014 an der Messstelle Norderney zeigen im Mittel 0,034 mg/l o-Phosphat und 0,098 mg/l Gesamt-Phosphat).

Der Anteil von partikulär an Schwebstoffen gebundenem Gesamt-Stickstoff in einer Wasserprobe ist deutlich geringer. Bei Stickstoff spielen offenbar die gelösten Verbindungen eine größere Rolle.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der Bilanzierung jedoch die wichtige Funktion von Schwebstoffen und Sedimenten als Nährstoffdepot, gerade im Sedimentationsraum Wattenmeer.

3.11 Mikroplastik

Erste Resultate belegen keine Kontamination der gewonnenen Schwebstoffe mit Mikroplastik (MP).

Bislang wurden in 3 Proben mittels H_2O_2 -Aufbereitung und Dichtentrennung in Natriumiodid keine MP-Partikel nachgewiesen. Weitere Untersuchungen laufen derzeit in einem Verbundprojekt mit UBA-BWB-BAM und FU Berlin. In einem großen Klärwerk in Berlin wurden bislang keine MP-Partikel nachgewiesen (Stand Mai 2016).

4 Zusammenfassung

Nach den Bestimmungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) bzw. der nationalen Oberflächengewässerverordnung (OGewV) besteht unter anderem die Verpflichtung, das Erreichen von Umweltqualitätszielen und die Einhaltung des Verschlechterungsverbots für bestimmte Schadstoffe zu überprüfen. Wegen der Eigenschaft vieler Schadstoffe, sich besonders an feinkörnige Partikel zu binden, gehört die Überwachung der Matrix „Sediment“ in den Oberflächengewässern - auch an der Küste - zum Standardprogramm. In vielen Fließgewässern wird darüber hinaus oder alternativ die Matrix „Schwebstoffe“ überwacht.

Für den Nachweis partikelgebundener Schadstoffe im Rahmen der Gewässerüberwachung Niedersachsens (GÜN) können Schwebstoffuntersuchungen auch in den Küstengewässern eine sinnvolle Ergänzung zum bisherigen im 3-Jahres-Intervall durchgeführten Sedimentmonitoring darstellen: Wegen des dichteren Beprobungsintervalls sind erste Trendberechnungen zur Kontrolle des Verschlechterungsverbots nach EG-WRRL und der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bereits nach einer Laufzeit von 5 Jahren möglich. Die verbesserte Zuordenbarkeit einzelner Analyse-Ergebnisse zu zeitlichen Einflüssen und/oder Ereignissen kann als weiterer Vorteil des Schwebstoffmonitorings gewertet werden.

Um erste orientierende Daten zu Stoffkonzentrationen und deren Variabilität in den Schwebstoffen der Küstengewässer ermitteln zu können, wurde im Herbst 2013 - unter der Federführung der NLWKN Betriebsstelle Hannover-Hildesheim - ein Pilotprojekt begonnen. Nach 3-monatiger Entwicklungsphase in 2013 und 12-monatiger Praxisphase in 2014 werden jetzt die ersten Ergebnisse vorgelegt.

Im Laufe der Entwicklungsphase wurde eine Konstruktion zur Aufnahme eines Schwebstoffsammlers (Sedimentationskasten) entwickelt und im Küstengewässer südlich von Norderney (Riffgat) installiert. Hiermit konnten im Jahr 2014 die ersten 12 Monatsmischproben gewonnen und auf Schwermetalle und organische Schadstoffe untersucht werden, darunter polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, zinnorganische Verbindungen, schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, bromierte Diphenylether, Dioxine/Furane, dl-PCB und weitere von der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) erfasste organische Schadstoffe. Zudem wurden die Nährstoffkonzentrationen (Gesamt-Stickstoff, Gesamt-Phosphat) gemessen, das Vorkommen von Mikroplastikpartikeln geprüft sowie, als Begleitparameter, die Korngrößenverteilung und der Anteil organischer Substanz (TOC) bestimmt.

Die Analyse-Befunde werden im Jahresgang dargestellt und die Jahresmittelwerte anhand einschlägiger Grenzwerte beurteilt. Es kann gezeigt werden, dass

die für Sediment/Schwebstoff geltenden Umweltqualitätsnormen (UQN) für Metalle nach WRRL (As, Cr, Cu, Zn) eingehalten werden. Die Konzentrationen von Pb, Cd, Ni und Hg, für die es keine UQN nach WRRL für Schwebstoffe/Sedimente gibt, unterschreiten sowohl die Schwellenwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) als auch, mit Ausnahme von Hg, die strengeren Zielwerte T0 nach OSPAR-Kriterien. Hg unterschreitet den T1-Wert nach OSPAR, wonach eine schädliche Auswirkung auf biologische Komponenten als wenig wahrscheinlich eingeschätzt wird.

Bei den organischen Schadstoffen liegen die Konzentrationen bei vielen Stoffen und Stoffgruppen, z.B. schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (u.a. PCB, DDT, HCH, TCB), unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Damit wird auch die UQN für PCB, nach OGewV Stand 2011, eingehalten. Bei den polycyclischen Kohlenwasserstoffen (PAK) überschreiten nur Fluoranthen und Benzo(a)pyren den OSPAR T0 Wert, der T1 Wert wird durchweg unterschritten. Unter den Zinnorganika ist TBT (Tributylzinn) nicht nachweisbar. Bei u.a. Monobutylzinn sowie Mono- und Dioctylzinn wurden teilweise erhöhte Werte festgestellt. Weitere Stoffe, die in nachweisbaren aber geringen Konzentrationen vorliegen, sind BDE 209, HBCD, dl-PCB sowie einige PCDD/PCDF; bei DEHP sind hingegen erhöhte Werte festgestellt worden.

In ersten orientierenden Untersuchungen konnte Mikroplastik nicht gefunden werden.

Die in den Schwebstoffen gemessenen Konzentrationen von Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphat zeigen den hohen Anteil partikelgebundener Nährstoffe an der Gesamtnährstoffkonzentration im Gewässersystem des Wattenmeeres.

Da das beschriebene Pilotprojekt zu einem deutlichen Informationsgewinn hinsichtlich der Schadstoffbelastung im Küstengewässer beigetragen hat, werden die Schwebstoff-Untersuchungen im Riffgat bei Norderney fortgeführt.

Danksagung

Die Verfasser bedanken sich an dieser Stelle bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der NLWKN-Betriebsstelle Norden-Norderney aus dem Betriebshof Norderney und der Forschungsstelle Küste, sowie bei den Schiffsbesatzungen der „Burchana“ und der „Leyhörn“ für Ihre wertvolle Unterstützung bei Konstruktion und Bau des Schwebstoffsammlers und bei den Probennahmen.

Ebenso gilt unser Dank den Kolleginnen und Kollegen aus dem NLWKN Labor Hildesheim für die Untersuchungen der Schwebstoffproben auf Schwermetalle und die zahlreichen organischen Schadstoffe.

5 Quellen/Literatur

- BFG (2010) Empfehlung für Schwebstoffuntersuchungen an Überblicksmessstellen im Elbeeinzugsgebiet. – Bericht der Expertengruppe „Schwebstoffe“ der Ad-hoc AG AQS der AG OW der FGG Elbe, 31 S.
- DÜMICHEN, E., A.K. BARTHEL U, BRAUN, C.-G. BANNICK, K. BRAND, M. JEKEL & R. SENZ (2015): Analysis of polyethylene microplastics in environmental samples, using a thermal decomposition method. *Water Research*, 85, 451-457.
- EC (2010): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document 25, Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive (2000/60/EC), 75 S.
- GIRBIG A.-K., STEFFEN, D. & B. OBERT (2011): Ermittlung von Schwermetall-Trends in niedersächsischen Küstengewässern entsprechend der EG-Wasserrahmenrichtlinie. - *NLWKN Küstengewässer und Ästuare*, 3, 101 S.
- GÜBAK (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK) zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den fünf Küstenländern, August 2009, 39 S.
- IRION, G. (1998): Schwermetalle im Wattenmeer. – In: Türkay, M. (Hg.): *Wattenmeer; Kleine Senkenberg-Reihe*, 29, 35-43
- JÄPPELT, W. & D. STEFFEN (1984): Sedimentuntersuchungen auf Schwermetalle an der niedersächsischen Küste, *Mitteilungen aus dem Niedersächsischen Wasseruntersuchungsamt Hildesheim*, Heft 10, 41-60.
- LAWA (1998): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Band II, Kulturbuchverlag Berlin GmbH, Berlin, Januar 1998.
- NLWKN (2012): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) Gütemessnetz Fließgewässer und stehende Gewässer. – *Oberirdische Gewässer*, 31, 60 S. (2. überarbeitete Auflage: 2012, Download-Version)
- NLWKN (2013): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) – Gütemessnetz Übergangs- und Küstengewässer 2013, *NLWKN Küstengewässer und Ästuare*, 6, 50 S.
- OGewV (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juli 2011, *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 37*, Bonn am 25. Juli 2011.
- OSPAR (2010): Quality Status Report 2010, Oslo- und Paris-Commission (OSPAR), London, 176 S.
- RIBBECK, F., D. STEFFEN, D. POST, J. SCHNEIDER, W. GÜNTHER & W. ROSS (2012): Ergebnisse niedersächsischer Untersuchungsprogramme zur Charakterisierung der Stoffgehalte von Dioxinen (PCDD/F) und dioxinähnlichen (dl)PCB-Belastungen in Sedimenten, Schwebstoffen, Böden und der Luft, *LBEG, GeoBerichte* 25, Hannover, 46 S.
- RICKING, M., A. WINKLER & M. SCHNEIDER (2012): Richtlinie zur Probenahme und Probenbearbeitung – Schwebstoffe. – UBA Verfahrensrichtlinien für Probenahme, Transport, Lagerung und chemische Charakterisierung von Umwelt- und Humanproben, 14 S.
- RL 2013/39/EU: RICHTLINIE 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik
- SCHUBERT, B., P. HEINIGER, M. KELLER, M. RICKING & E. CLAUS (2012): Monitoring of contaminants in suspended particulate matter as an alternative to sediments. - *Trends in Analytical Chemistry*, 36, 58-70.
- SCHULZE, T., M. RICKING, C. SCHRÖTER-KERMANI, A. KÖRNER, H.-D. DENNER, K. WEINFURTNER, A. WINKLER & A. PEKDEGER (2007): The German Environmental Specimen Bank. Sampling, processing, and archiving sediment and suspended particulate matter. - *Journal of soils and sediments*, 7 (6), 361-367
- STEFFEN, D. (2007): Untersuchung von Schwebstoffen. – *Kurzbericht NLWKN* 2. S. – online: http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/fluesse_baeche_seen/schwebstoffe/untersuchung_von_schwebstoffen-104816.html
- STEFFEN, D. (2014): Sedimentuntersuchungen auf organische Schadstoffe entsprechend den Trenduntersuchungen der EG-WRRL, NLWKN, Hildesheim, unveröffentlicht.
- STIEHL, T., A. KÖRNER, M. RICKING, G. SAVAL, E. WARMBRUNNER-SUCKOW & P. LEPOM (2008): PBDE and HBCD levels in surface sediments from German rivers; *Dioxin 2008*, Birmingham (UK), 17-22.08.2008, Paper 718.

Anlage 1: Analyseergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen Norderney Riffgat 2014

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Norderney Riffgat					
Probe Nr.			1	2	3	4	5	6
Zeitraum von			10.01.2014	24.02.2014	20.03.2014	08.04.2014	08.05.2014	05.06.2014
Zeitraum bis			27.01.2014	20.03.2014	08.04.2014	08.05.2014	05.06.2014	04.07.2014
Korngrößenverteilung								
Überkorn (>2mm)	%		0	0	0	0	0	0
Fraktion 600-2000µm	%		0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Fraktion 200-600 µm	%		2	2,2	2,7	1,9	3,7	1,8
Fraktion 60-200 µm	%		71,4	62	64,4	66,3	61	58,8
Fraktion 20-60 µm	%		10,1	8,5	7,3	9,9	10,1	9,5
Fraktion <20µm	%		16,2	27,2	25,5	21,8	25,1	29,8
TOC	% TS	gesamt (< 2 mm)	0,96	1,3	1,3	1,2	1,6	1,5
Trockensubstanz	%		63,6	52,4	58	53,7	49	51
Schwermetalle								
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 2 mm	24	32	28	28	26	34
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 2 mm	3,3	6,1	4,6	4,1	4,3	5,3
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 2 mm	7,6	12	11	13	9	12
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 2 mm	36	52	43	40	41	52
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 2 mm	11	20	16	13	12	18
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 2 mm	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,148
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 2 mm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Arsen	mg/kg As (TS)	< 2 mm	5,8	9,9	8,4	7	7,2	9,2
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 63 µm	57	69	56	76	63	67
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 63 µm	12	15	12	12	14	13
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 63 µm	23	28	22	32	25	26
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 63 µm	110	120	99	100	110	120
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 63 µm	33	42	33	32	35	39
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 63 µm	0,33	0,12	0,26	0,3	0,34	0,315
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 63 µm	0,13	<0,1	0,13	0,13	0,14	0,15
Arsen	mg/kg As (TS)	< 63 µm	17	8,4	15	16	17	18
PAK (16 Substanzen)								
Naphthalin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	5	7	5	5	6	6
Acenaphthylen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Acenaphthen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	1	2	2	2	2	1
Fluoren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	2	4	3	3	4	3
Phenanthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	17	31	22	27	33	20
Anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	3	6	4	6	6	4
Fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	26	63	38	44	49	31
Pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	18	41	26	32	36	22
Benzo(a)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	10	20	12	19	19	13
Chrysen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	16	34	22	30	28	19
Benzo(b)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	18	32	26	26	29	23
Benzo(k)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	8	16	11	13	14	11
Benzo(a)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	12	23	16	21	23	16
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	2	4	4	5	5	5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	15	25	21	20	22	18
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	14	25	21	21	24	20
Summe der PAK	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	167	333	233	274	300	212
Zinnorganische Verbindungen (als Zinn-Kation)								
Tetrabutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	3,7	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Tributylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Dibutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Monobutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	5,5	5,5	2,12	< 2	< 2	14
Monooctylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	14	6,1	5,6	< 2	< 2	< 2
Triphenylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3,6
Tricyclohexylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Diocetylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	13	12	19	< 2	< 2	8,9
Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe								
Hexachlorbutadien	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
alpha-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
beta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
gamma-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
delta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
epsilon-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Heptachlor	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Heptachlorepoxyd-cis	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	*	*	*	*	*	*
Heptachlorepoxyd-trans	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	*	*	*	*	*	*
Aldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Isodrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Trans-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
alpha-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
cis-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Dieldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Endrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
beta-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
2,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
4,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5

Fortsetzung Anlage 1: Analyseergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen Norderney Riffgat 2014

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Norderney Riffgat					
Probe Nr.			1	2	3	4	5	6
Zeitraum von			10.01.2014	24.02.2014	20.03.2014	08.04.2014	08.05.2014	05.06.2014
Zeitraum bis			27.01.2014	20.03.2014	08.04.2014	08.05.2014	05.06.2014	04.07.2014
Endrin - Keton	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Pentachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Hexachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 52	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 101	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 118	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 138	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 180	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Chlorpyrifos	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Polybromierte Diphenylether in Schwebstoffen und Sedimenten								
BDE 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 47	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 99	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 100	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 154	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 209	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	2,8	4,5	4,8	4,1	4,9	4,5
Weitere Organische Schadstoffe nach EG-WRRL								
Chloralkane (C10-C13) (Summe)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1
Dicofol	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
PFOS	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Quinoxifen	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
HBCD (Summe)	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	0,5	1	0,6	0,7	0,5
Heptachlor	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Heptachlorepoxyd	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
dl-PCB								
non-ortho PCB								
PCB Nr. 77	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,023	0,031	0,03	0,024	0,034	0,028
PCB Nr. 81	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB Nr. 126	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001	< 0,001	0,002
PCB Nr. 169	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mono-ortho PCB								
PCB Nr. 105	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,029	0,045	0,04	0,037	0,041	0,034
PCB Nr. 114	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004
PCB Nr. 118	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,091	0,14	0,12	0,11	0,012	0,1
PCB Nr. 123	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,017	0,022	0,018	0,018	0,019	0,017
PCB Nr. 156	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,012	0,017	0,015	0,017	0,017	0,013
PCB Nr. 157	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,002
PCB Nr. 167	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,007	0,011	0,008	0,009	0,004	0,007
PCB Nr. 189	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002
Summe berechnet als WHO-PCB-TEQ (WHO 2005)	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,01	0,21	0,21	< 0,01	< 0,01	0,21
Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane								
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,25	0,48	0,4	0,32	0,4	0,4
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,22	0,37	0,33	0,23	0,32	0,26
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,45	< 0,47	< 0,48	< 0,45	< 0,47	< 0,46
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,46	0,77	0,71	0,51	0,67	0,63
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,49	0,79	0,67	0,49	0,6	0,56
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	5,46	10	9,19	7,11	8,93	8,86
Octachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	29,4	62	66,7	43,9	55,3	59,7
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,92	1,55	1,49	1,14	1,45	1,45
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,49	0,86	0,73	0,56	0,7	0,67
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,76	1,39	1,18	0,85	1,09	1,06
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,27	2,16	1,93	1,48	1,71	1,66
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,61	1,06	0,91	0,72	0,89	0,78
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,37	< 0,40	< 0,4	< 0,37	< 0,39	< 0,39
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,74	1,32	0,99	0,75	0,92	0,9
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	5,76	9,6	9,63	7,02	8,68	8,82
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,54	0,9	0,76	0,56	0,69	0,71
Octachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	12,2	20	19,7	15,2	19,9	19,2
Summe berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - exklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,07	2,29	1,99	1,5	1,9	1,81
Summe berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - inklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,38	2,37	2,08	1,58	1,99	1,89
Nährstoffe								
Stickstoff (Gesamt-N)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1000	1300	1200	1400	1700	1500
Phosphor (Gesamt-P)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	290	430	430	350	440	490

Fortsetzung Anlage 1: Analyseergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen Norderney Riffgat 2014

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Norderney Riffgat					
Probe Nr.			7	8	9	10	11	12
Zeitraum von			04.07.2014	05.08.2014	03.09.2014	01.10.2014	12.11.2014	02.12.2014
Zeitraum bis			05.08.2014	03.09.2014	01.10.2014	04.11.2014	02.12.2014	16.12.2014
Korngrößenverteilung								
Überkorn (>2mm)	%		0	0	0	0	0	0
Fraktion 600-2000µm	%		0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
Fraktion 200-600 µm	%		3,4	1,8	4,8	1,4	1,9	2,2
Fraktion 60-200 µm	%		66,3	56,1	47,9	58,2	59,9	60,8
Fraktion 20-60 µm	%		9,8	17,8	16,4	10,2	9,1	16,7
Fraktion <20µm	%		19,9	23,8	30,5	29,9	28,9	20
TOC	% TS	gesamt (< 2 mm)	0,8	1	1	1	1,2	0,8
Trockensubstanz	%		48,7	53,9	52,4	50,2	55,1	54,9
Schwermetalle								
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 2 mm	26	46	170	81	35	27
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 2 mm	3,5	4,3	5,6	4,6	5,8	4
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 2 mm	8,6	25	51	36	13	9,8
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 2 mm	35	43	39	42	51	38
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 2 mm	11	13	13	14	18	13
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 2 mm	0,11	0,14	0,15	0,14	0,14	0,12
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 2 mm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Arsen	mg/kg As (TS)	< 2 mm	7	8,2	7,5	7,9	9,3	7,5
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 63 µm	62	86	440	170	71	54
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 63 µm	15	9,4	17	12	14	9,5
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 63 µm	25	47	110	75	30	20
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 63 µm	100	86	100	92	110	80
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 63 µm	30	28	35	34	38	26
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 63 µm	0,28	0,26	0,32	0,28	0,3	0,22
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 63 µm	0,13	0,12	0,14	0,13	0,15	0,11
Arsen	mg/kg As (TS)	< 63 µm	16,3	14,6	16,4	15,7	19,4	13,9
PAK (16 Substanzen)								
Naphthalin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	5	5	6	5	6	6
Acenaphthylen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaphthen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	1	2	1	<1	1	<1
Fluoren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	2	2	2	2	3	3
Phenanthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	16	18	16	17	20	20
Anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	3	3	3	2	3	3
Fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	23	28	24	26	30	29
Pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	17	21	17	18	20	19
Benzo(a)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	8	10	8	8	11	10
Chrysen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	14	17	14	13	17	15
Benzo(b)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	16	18	16	16	19	16
Benzo(k)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	7	9	8	7	9	8
Benzo(a)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	12	14	11	10	13	12
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	2	3	2	2	3	2
Benzo(ghi)perylene	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	12	15	13	11	15	13
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	17	19	15	14	20	18
Summe der PAK	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	155	184	156	151	190	174
Zinnorganische Verbindungen (als Zinn-Kation)								
Tetrabutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Tributylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Dibutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Monobutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Monooctylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	11	<2	<2	6,1	<2
Triphenylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Tricyclohexylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Diocetylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2	8	<2	<2	3,7	<2
Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe								
Hexachlorbutadien	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
alpha-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
beta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
gamma-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
delta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
epsilon-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Heptachlor	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Heptachlorepoxyd-cis	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Heptachlorepoxyd-trans	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Aldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Isodrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Trans-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
2,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
alpha-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
cis-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
4,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
2,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Dieldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Endrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
beta-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
4,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
2,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
4,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5

Fortsetzung Anlage 1: Analyseergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen Norderney Riffgat 2014

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Norderney Riffgat					
Probe Nr.			7	8	9	10	11	12
Zeitraum von			04.07.2014	05.08.2014	03.09.2014	01.10.2014	12.11.2014	02.12.2014
Zeitraum bis			05.08.2014	03.09.2014	01.10.2014	04.11.2014	02.12.2014	16.12.2014
Endrin - Keton	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Pentachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Hexachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 52	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 101	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 118	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 138	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PCB 180	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Chlorpyrifos	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Polybromierte Diphenylether in Schwebstoffen und Sedimenten								
BDE 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 47	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 99	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 100	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 154	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
BDE 209	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	2,8	< 2,5
Weitere Organische Schadstoffe nach EG-WRRL								
Chloralkane (C10-C13) (Summe)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,18	< 0,1
Dicofol	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
PFOS	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Quinoxifen	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
HBCD (Summe)	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	0,6	< 0,5
Heptachlor	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Heptachlorepoxyd	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
dl-PCB								
non-ortho PCB								
PCB Nr. 77	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,026	0,032	0,03	0,034	0,06	0,032
PCB Nr. 81	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB Nr. 126	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,002	0,002	0,004	< 0,001	0,002	0,002
PCB Nr. 169	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mono-ortho PCB								
PCB Nr. 105	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,045	0,058	0,047	0,047	0,13	0,046
PCB Nr. 114	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,03	0,002	0,003	0,007	0,015	0,004
PCB Nr. 118	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,16	0,16	0,12	0,14	0,33	0,13
PCB Nr. 123	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,015	0,018	0,017	0,018	0,036	0,016
PCB Nr. 156	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,03	0,02	0,015	0,017	0,053	0,013
PCB Nr. 157	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,003	0,005	0,003	0,004	0,009	0,004
PCB Nr. 167	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,013	0,011	0,007	0,008	0,021	0,006
PCB Nr. 189	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,004	0,003	0,002	0,003	0,006	0,003
Summe berechnet als WHO-PCB-TEQ (WHO 2005)	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,21	0,21	0,41	0,01	0,22	0,21
Polychlorierte Dibenzodioxine und - furane								
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,268	0,402	0,327	0,365	0,495	0,361
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,35	0,238	< 0,26	< 0,26	< 0,34	< 0,27
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,7	< 0,41	< 0,52	< 0,52	< 0,67	< 0,54
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,7	0,582	< 0,52	< 0,52	0,759	< 0,54
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,7	0,524	< 0,52	< 0,52	0,707	< 0,54
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	5,71	8,2	6,32	7,17	9,9	6,77
Octachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	35,9	52,3	41,1	48,5	68,9	45,2
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,982	1,32	1,01	1,19	1,58	1,06
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,65	0,607	0,503	0,559	0,735	0,547
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,803	1,04	0,818	0,975	1,39	1,02
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,13	1,66	1,3	1,51	1,91	1,32
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,59	0,826	0,653	0,762	0,959	0,709
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,59	< 0,35	< 0,43	< 0,43	< 0,56	< 0,45
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,591	0,847	0,66	0,763	1,04	0,802
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	5,68	8,73	6,86	7,49	9,57	6,68
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	< 0,56	0,635	0,547	0,561	0,748	0,522
Octachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	11,8	19	14,8	15,8	21,1	16,1
Summe berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - exklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,907	1,74	1,1	1,27	1,86	1,23
Summe berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - inklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,61	1,82	1,56	1,73	2,32	1,7
Nährstoffe								
Stickstoff (Gesamt-N)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1200	1200	1400	1700	1200	1300
Phosphor (Gesamt-P)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	430	510	480	470	510	430

Anlage 2: Analyseergebnisse der Sedimentuntersuchungen am Südstrandpolder-Siel

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Referenzprobe: Auslauf Südstrand- Polder Oberflächen- Sediment
Probe Nr.			
Zeitraum von			03.06.2014
Zeitraum bis			
Korngrößenverteilung			
Überkorn (>2mm)	%		0,6
Fraktion 600-2000µm	%		0,3
Fraktion 200-600 µm	%		2,4
Fraktion 60-200 µm	%		31,9
Fraktion 20-60 µm	%		22
Fraktion <20µm	%		42,7
TOC	% TS	gesamt (< 2 mm)	3,1
Trockensubstanz	%		42,7
Schwermetalle			
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 2 mm	42
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 2 mm	9
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 2 mm	16
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 2 mm	73
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 2 mm	23
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 2 mm	0,24
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 2 mm	< 0,1
Arsen	mg/kg As (TS)	< 2 mm	13
Chrom	mg/kg Cr (TS)	< 63 µm	57
Kupfer	mg/kg Cu (TS)	< 63 µm	13
Nickel	mg/kg Ni (TS)	< 63 µm	22
Zink	mg/kg Zn (TS)	< 63 µm	100
Blei	mg/kg Pb (TS)	< 63 µm	30
Cadmium	mg/kg Cd (TS)	< 63 µm	0,3
Quecksilber	mg/kg Hg (TS)	< 63 µm	0,13
Arsen	mg/kg As (TS)	< 63 µm	15
PAK (16 Substanzen)			
Naphthalin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	10
Acenaphthylen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 10
Acenaphthen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	3
Fluoren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	5
Phenanthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	52
Anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	13
Fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	96
Pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	67
Benzo(a)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	38
Chrysen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	62
Benzo(b)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	52
Benzo(k)fluoranthren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	25
Benzo(a)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	45
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	10
Benzo(ghi)perylen	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	40
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	44
Summe der PAK	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	562
Zinnorganische Verbindungen (als Zinn-Kation)			
Tetrabutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Tributylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Dibutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Monobutylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Monooctylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Triphenylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Tricyclohexylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Diocetylzinn	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2
Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe			
Hexachlorbutadien	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
alpha-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
beta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
gamma-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
delta-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
epsilon-HCH	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Heptachlor	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Heptachlorepoxyd-cis	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	*
Heptachlorepoxyd-trans	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	*
Aldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Isodrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Trans-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
2,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
alpha-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
cis-Chlordan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
4,4'-DDE	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
2,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Dieldrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Endrin	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
beta-Endosulfan	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
4,4'-DDD	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
2,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
4,4'-DDT	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5

Fortsetzung Anlage 2: Analyseergebnisse der Sedimentuntersuchungen am Südstrandpolder-Siel

Messstelle	Einheit	Kornfraktion	Referenzprobe: Auslauf Südstrand- Polder Oberflächen- Sediment
Probe Nr.			
Zeitraum von			03.06.2014
Zeitraum bis			
Endrin - Keton	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Pentachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Hexachlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 52	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 101	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 118	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 138	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
PCB 180	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Chlorpyrifos	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 2,5
Polybromierte Diphenylether in Schwebstoffen und Sedimenten			
BDE 28	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 47	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 99	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 100	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 153	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 154	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	< 0,25
BDE 209	µg/kg (TS)	gesamt (< 2 mm)	7,7
Weitere Organische Schadstoffe nach EG-WRRL			
Chloralkane (C10-C13) (Summe)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,1
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,11
Dicofol	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,5
PFOS	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<1,0
Quinoxifen	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,5
HBCD (Summe)	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,5
Heptachlor	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,5
Heptachlorepoxyd	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,5
dl-PCB			
non-ortho PCB			
PCB Nr. 77	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,047
PCB Nr. 81	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,001
PCB Nr. 126	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,003
PCB Nr. 169	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,001
Mono-ortho PCB			
PCB Nr. 105	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,0748
PCB Nr. 114	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,005
PCB Nr. 118	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,25
PCB Nr. 123	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,034
PCB Nr. 156	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,075
PCB Nr. 157	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,009
PCB Nr. 167	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,035
PCB Nr. 189	µg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,012
Summe berechnet als WHO-PCB-TEQ (WHO 2005)	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,32
Polychlorierte Dibenzodioxine und - furane			
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,87
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,47
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	0,52
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,1
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,02
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	15,8
Octachlordibenzodioxin	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	100
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	2,34
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,21
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,85
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	3,24
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,48
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	<0,47
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,68
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	24,7
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	1,16
Octachlordibenzofuran	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	58,3
Summe, berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - exklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	3,53
Summe, berechnet als WHO-PCDD/F-TEQ (WHO 2005) - inklusive BG	ng/kg TS	gesamt (< 2 mm)	3,58
Nährstoffe			
Stickstoff (Gesamt-N)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	3200
Phosphor (Gesamt-P)	mg/kg TS	gesamt (< 2 mm)	850

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte

- Band 1/2010 NLWKN (2010): Umsetzung der EG-WRRL - Bewertung des ökologischen Zustands der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer (Stand: Bewirtschaftungsplan 2009). NLWKN Küstengewässer und Ästuare 1. 59 S.
- Band 2/2010 Adolph, W. (2010): Praxistest Monitoring Küste 2008 Seegraskartierung - Gesamtbestandserfassung der eulitoralen Seegrasbestände im Niedersächsischen Wattenmeer und Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. NLWKN Küstengewässer und Ästuare 2. 52 S. – (nur PDF)
- Band 3/2011 Girbig, A., D. Steffen & B. Obert (2011): Ermittlung von Schwermetall-Trends in niedersächsischen Küstengewässern entsprechend der EG-Wasserrahmenrichtlinie. NLWKN Küstengewässer und Ästuare 3. 101 S.
- Band 4/2011 Kolbe, K. (2011): Erfassung der Seegrasbestände im niedersächsischen Wattenmeer über visuelle Luftbildinterpretation - 2008. NLWKN, Küstengewässer und Ästuare 4. 35 S. (nur PDF)
- Band 5/2012 NLWKN & NLPV (2012): Kabelverlegungen – Anforderungen des NLWKN und der NLPV an Untersuchungen im niedersächsischen Küstenmeer sowie in Küsten- und Übergangsgewässern. NLWKN Küstengewässer und Ästuare 5. 23 S.
- Band 6/2013 NLWKN (2013): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen, Gütemessnetz Übergangs- und Küstengewässer - 2013. NLWKN Küstengewässer und Ästuare 6. 50 S.
- Band 7/2014 Watermann, T., M. Herlyn & B. Daehne (2014): Langfristige Effekte von Antifouling-Bioziden in marinen Gewässern. NLWKN Küstengewässer und Ästuare 7. 9 S. (nur PDF)
- Band 8/2015 Kufog GmbH, J. Steuer & S. Tyedmers (2014): Eulitorale Seegrasbestände im niedersächsischen Wattenmeer 2013. Gesamtbestandserfassung und Bewertung nach EG Wasserrahmenrichtlinie. - NLWKN Küstengewässer und Ästuare 8, 64 S. (+ 6 S. Anlagen)

Download:

http://www.nlwkn.niedersachsen.de/service/veroeffentlichungen_webshop/schriften_zum_downloaden

