

# **20 Jahre Monitoring organischer Schadstoffe in Sedimenten der Deutschen Bucht – Zustand und zeitliche Entwicklung –**



BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE

# **20 Jahre Monitoring organischer Schadstoffe in Sedimenten der Deutschen Bucht – Zustand und zeitliche Entwicklung –**

Berit Brockmeyer  
Norbert Theobald

Berichte des Bundesamtes für  
Seeschifffahrt und Hydrographie  
Nr. 55/2016

In der Reihe „Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie“ werden Themen mit Dokumentationscharakter aus allen Bereichen des BSH veröffentlicht. Durch die Publikation nimmt das BSH zu den Inhalten der Beiträge keine Stellung. Die Veröffentlichungen in dieser Berichtsreihe erscheinen nach Bedarf.

*Die Nordsee* im Internet:

**www.bsh.de** (Menü: Produkte → Bücher → Berichte des BSH)

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)  
Hamburg und Rostock 2016  
[www.bsh.de](http://www.bsh.de)

ISSN-Nr. 0946-6010

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	5
<b>2 Datenmaterial und besondere Stationen</b> .....	11
<b>3 Analytik/Qualitätssicherung</b> .....	13
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	15
4.1 Stoffliche Aspekte, Ableitung von Leitsubstanzen .....	15
4.1.1 Identifizierung von Leitsubstanzen .....	15
4.2 Schadstoff-Sediment-Parameter Beziehung .....	20
4.3 Allgemeine Konzentrationsverteilung der organischen Schadstoffe ..	25
4.4 Räumliche Schadstoffverteilung .....	30
4.4.1 Gebietsbetrachtung Deutsche Bucht .....	30
4.4.2 Vergleich mit Nordsee, Ostsee und Nordmeer .....	38
4.5 Zeitliche Belastungsentwicklung .....	51
4.5.1 Zeitreihen .....	52
4.5.2 Sedimenttiefenprofile .....	55
4.6 Verteilungsmuster zwischen Sediment und Schwebstoffen .....	60
<b>Zusammenfassung</b> .....	63
<b>Ausblick</b> .....	65
<b>Literatur</b> .....	67
<b>Anhang</b> .....	69
<b>A1 Datenmaterial und besondere Stationen</b> .....	71
<b>A2 Cluster-Analyse</b> .....	75
<b>A3 Tabellen</b> .....	89
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	139
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	143
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	145



# 1 Einleitung

Die Industriegesellschaft des 20. und 21. Jahrhunderts hat einen stetig steigenden Bedarf und Bestand an neuen Chemikalien, was potenziell zu einem andauernden und steigenden Stress auf die natürliche Umwelt führt. Große Mengen verschiedenster Chemikalien aus der Industrieproduktion gelangen durch menschliche Aktivitäten über Flüsse und die Atmosphäre in die Meeresumwelt. Solche Stoffe werden insbesondere immer dann problematisch, wenn sie in der Umwelt beständig sind (**p**ersistent), sich aufgrund ihrer lipophilen (= unpolaren oder hydrophoben) Eigenschaften in der Nahrungskette anreichern (**b**ioakkumulativ) und **t**oxisch sind (PBT-Substanzen). Ein signifikantes Potenzial zur Akkumulation hydrophober Substanzen zeigen dabei nicht nur Biota sondern auch Sedimente. Daher bieten sich diese beiden Kompartimente für die Bewertung des Umweltzustandes in Ästuarien und marinen Gewässern an. Durch die zeitliche und räumliche Integration der Verschmutzung eines spezifischen Wasserkörpers in Sedimenten, eignen sich Sedimente im Prinzip besonders für ein langzeitliches Trendmonitoring, für den Vergleich von Schadstoffkonzentrationen in unterschiedlichen Gebieten sowie für die Identifizierung von Schadstoffquellen.

Zur Erfassung der Schadstoffbelastung der marinen Umwelt, ihrer Bewertung und der Untersuchung langzeitlicher Veränderungen werden sowohl auf nationaler Ebene (**BLMP – Bund-Länder-Messprogramm**) als auch auf internationaler Ebene im Rahmen regionaler Meereschutzkonventionen (OSPAR, HELCOM) und Programme der Europäischen Union (MSRL – Meeresstrategierahmenrichtlinie) Monitoringprogramme durchgeführt (OSPAR 2010, Theobald 2011, Law 2014, Loewe et al. 2013). Das langfristige Ziel aller Programme und Maßnahmen ist das Erreichen eines „guten Umweltzustandes“. Dies wird durch anhaltende Einträge sowie die bereits bestehende Kontamination mit unterschiedlichsten chemischen, bioaktiven Verbindungen beeinflusst und erschwert. Ein wesentlicher Baustein für die integrierte Bewertung des ökologischen Zustandes der Nordsee ist daher eine möglichst genaue Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Veränderungen chemischer Variablen.

Im Hinblick auf eine verstärkte Nutzung der Nordsee (siehe räumliche Nutzungskarte Abb. 1) durch u. a. Offshoreaktivitäten, Sandentnahmen und Baggergut Einbringung ist auch die Möglichkeit der Remobilisierung der organischen Schadstoffe aus den Sedimenten in die Beurteilung mit einzubeziehen.

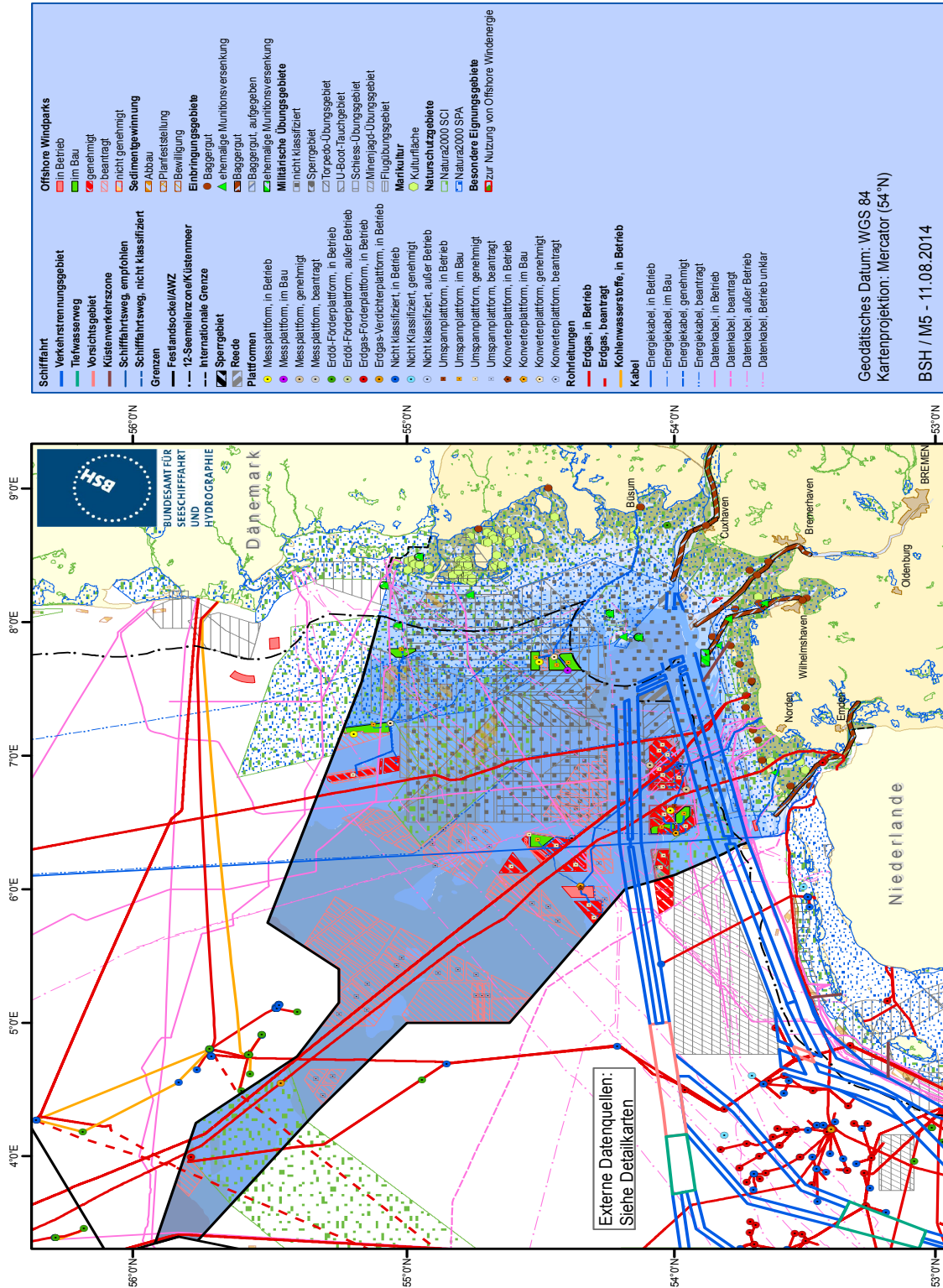
Das chemische Überwachungsprogramm des BLMP-Messnetz des BSH weist dafür zahlreiche Monitoringstationen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) und in der 12-Seemeilen-Zone aus. Die Lage dieser Stationen und die charakteristischen Sedimenteigenschaften sind in der „Stationskarte Sedimentmessungen“ in Abb. 2 dargestellt.

Gegenwärtig überwacht das BSH routinemäßig ca. 30 organische Substanzen im Sediment, die aufgrund ihrer Umweltrelevanz von besonderer Bedeutung sind oder als Leitsubstanzen für ganze Schadstoffklassen angesehen werden. Unter den Schadstoffen finden sich Verbindungen mit ganz individuellen physikalisch-chemischen, chemischen und biologischen Eigenschaften, die sich in der Umwelt entsprechend verschieden verhalten (Theobald und Loewe, 2009).

Die wichtigsten Hintergrundinformationen der besonders umweltrelevanten Substanzen und Substanzklassen werden in Tafel A und B kurz zusammengefasst.

Dieser Bericht basiert auf den Überwachungsdaten des BSH bezüglich der organischen Schadstoffe im Sediment für die Jahre 1994–2013 und ist im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes NOAH (North Sea Observation and Assessment of Habitats) im Teilprojekt 4 am BSH entstanden. Dargestellt und verglichen werden die Ergebnisse zeitlich und örtlich aufgelöster Substanzprofile. Dabei werden die Schadstoffkonzentrationen im Hinblick auf Belastungsentwicklungen aus- und bewertet. Mit multivariaten statistischen Methoden (Clusteranalyse, Korrelationsanalyse) werden Unterschiede bzw. Ähnlichkeiten zwischen den analysierten Substanzen sowohl zeitlich als auch ortsspezifisch bestimmt. Die so ermittelten räumlichen Strukturen und Muster in der Schadstoffverteilung geben Hinweise auf Eintragsquellen sowie zu Ausbreitung und Verbleib solcher Stoffe im Meer.

# Nordsee: Sämtliche Nutzungen und Schutzgebiete



<http://www.bsh.de/Meeresnutzung/Wirtschaft/CONTIS-Informationssystem/index.jsp>

Abb. 1: Übersicht über Nutzungen und Schutzgebiete in der Nordsee



## Monitoringstationen und Eigenschaften von Sedimenten in der deutschen AWZ

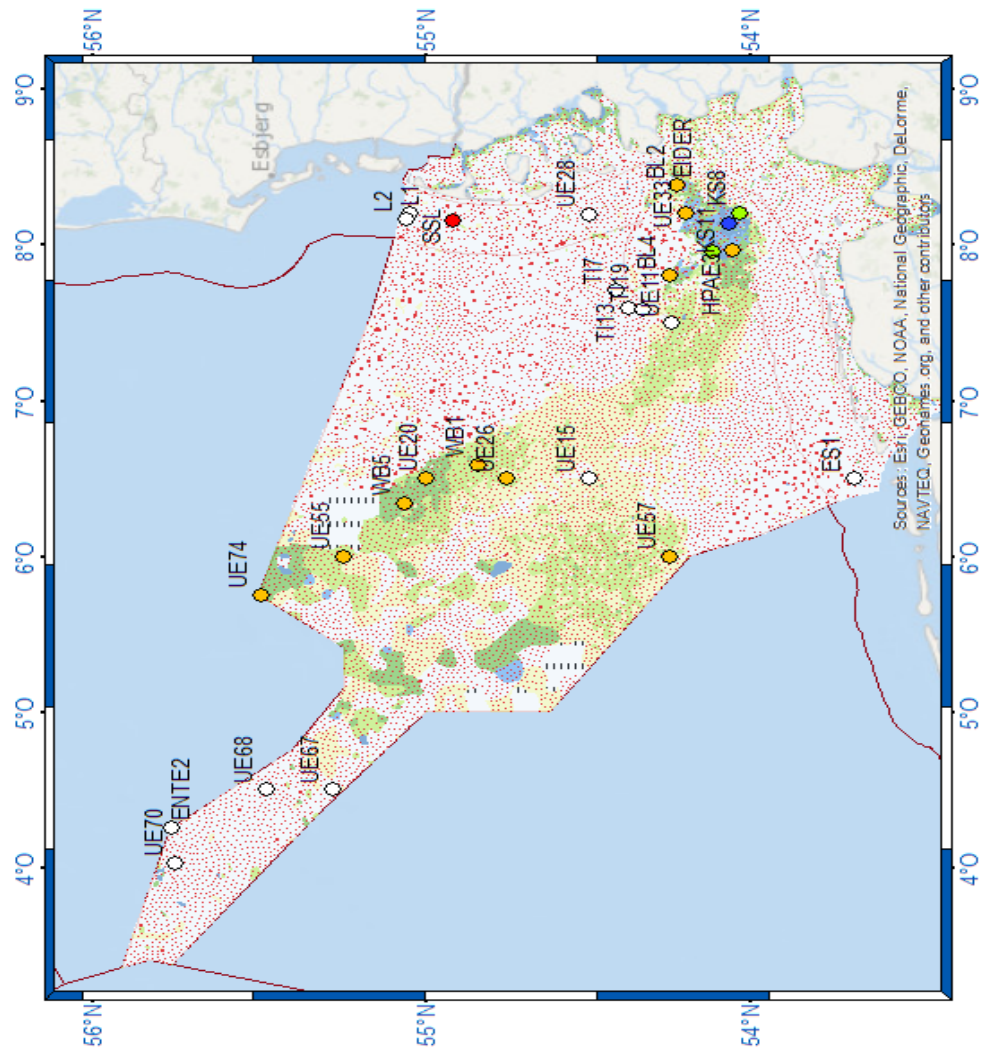
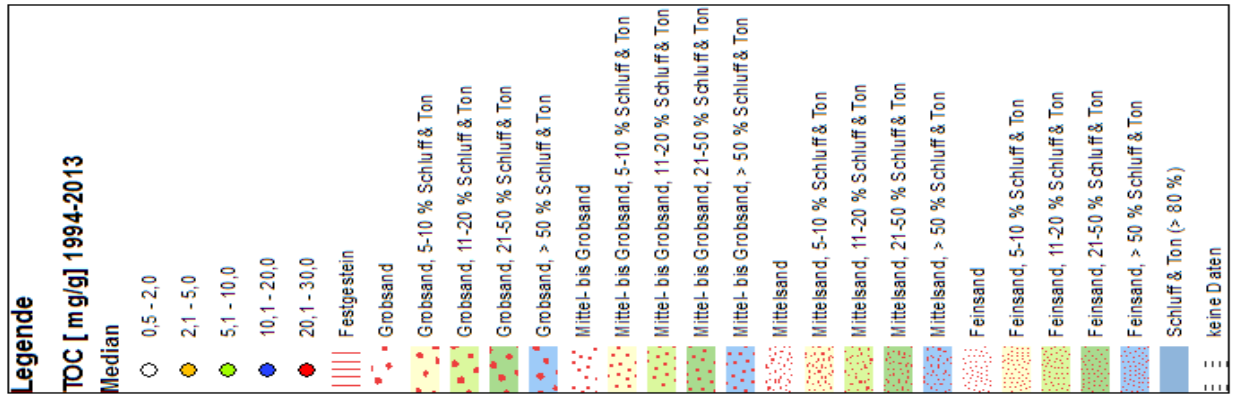


Abb. 2: Karte der Monitoringstationen für Sedimentmessungen, inklusive Sedimenteigenschaften nach FIGGE, 2013 (Quelle GPDN) in der Deutschen Bucht



## Tafel A. Lipophile Chlor- kohlenwasser- stoffe (CKW)

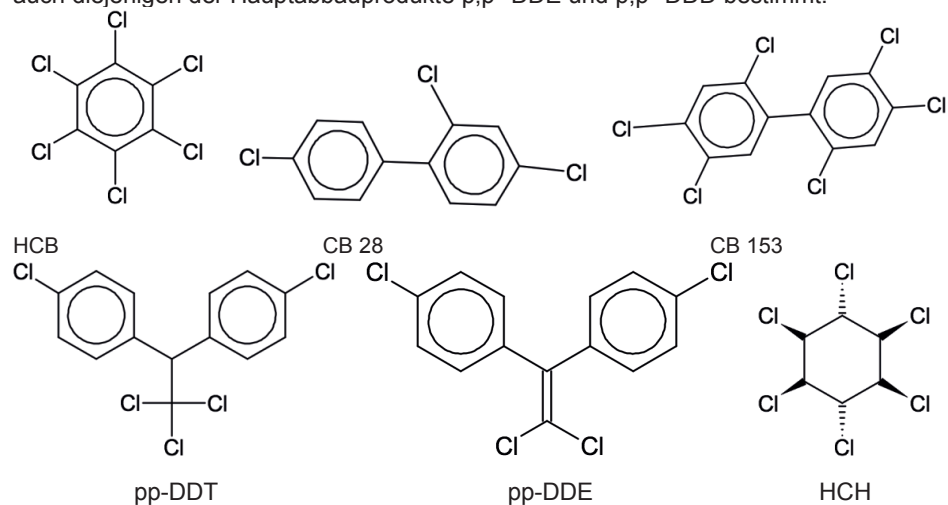
**Hexachlorbenzol (HCB)** wurde als Weichmacher und Flammschutzmittel für Kunststoffe und Schmiermittel sowie als Fungizid in Holzschutzmitteln angewandt. Weitere Eintragspfade in die Umwelt sind die Herstellung von Lösungsmitteln und die Verbrennung chlorierter Produkte. Die Herstellung und Weiterverarbeitung wurde in Deutschland 1993 eingestellt. Trotzdem fallen immer noch Emissionen aus der Hausmüllverbrennung und anderen Verbrennungsprozessen sowie bei der Herstellung von CKW an.

**Hexachlorcyclohexane (HCH)** entstehen bei der technischen Produktion des Insektizids Lindan (g-HCH). In den Jahren 1974–1978 wurde in den alten Bundesländern die Anwendung von technischem HCH in der Landwirtschaft und im Forst- und Holzschutz verboten.

**Polychlorierte Biphenyle (PCB)** stellen eine Verbindungsklasse dar, die aus 209 Isomeren und homologen Vertretern (Kongeneren) besteht. Verwendung fanden sie aufgrund ihrer thermischen Stabilität, Chemikalienresistenz und flammenhemmenden Wirkung u. a. als Kühl- und Isolierflüssigkeiten sowie als Weichmacher für Lacke und Klebstoffe. PCB sind sehr persistent, reichern sich in Fettgeweben an und haben schädliche Auswirkungen auf marine Organismen. Die Produktion von PCB wurde Mitte der 80er-Jahre in Europa verboten. Trotzdem werden PCB aus PCB-haltigen Materialien, Abfallbeseitigung und der Remobilisierung aus PCB belasteten marinen Sedimenten freigegeben. Unbekannt ist, in welcher Größenordnung sich PCB auch heute noch als Nebenprodukt thermischer und chemischer Prozesse bilden.

Wie andere Umweltmonitoringprogramme (z. B. OSPAR) konzentriert sich das BSH auf eine Auswahl von 7 PCB Kongeneren, die die toxikologischen Eigenschaften dieser Gruppe gut abdecken (CB Kongenere 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Das CB 153 ist im Allgemeinen überall mit hohen Konzentrationen vorhanden und korreliert gut mit anderen PCB. Das CB 118 repräsentiert die aus toxikologischer Sicht relevanten mono-ortho/planaren PCB.

**Dichlor-diphenyl-trichlorethan (DDT)** ist ein Insektizid, das seit den 1930er Jahren in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt wurde. Die Anwendung von DDT wurde in der BRD Anfang der 1970er und in der ehemaligen DDR Ende der 1980er-Jahre verboten. In einigen Entwicklungsländern wird DDT nach wie vor zur Malariabekämpfung eingesetzt. Über die Atmosphäre und den Import von Agrarprodukten gelangt DDT auch nach Europa. Neben den Konzentrationen des Hauptisomeren p,p'-DDT werden meist auch diejenigen der Hauptabbauprodukte p,p'-DDE und p,p'-DDD bestimmt.

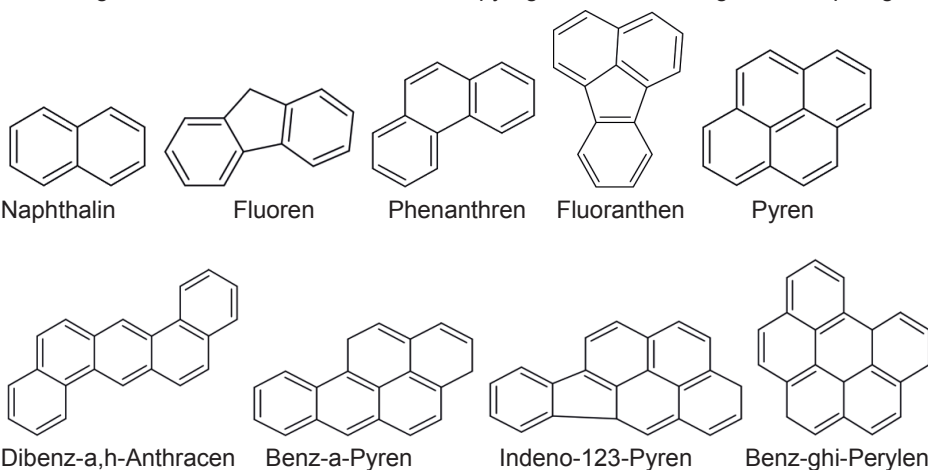


### Tafel B. Polyzyklische aromatische Kohlenwasser- stoffe (PAK)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, engl. PAHs) sind organische Verbindungen, die aus zwei oder mehreren kondensierten, aromatischen Ringen bestehen.

PAK sind als natürliche Bestandteile im Steinkohlenteer und im Erdöl vorhanden und entstehen zudem bei allen unvollständigen Verbrennungsprozessen von organischem Material, wie fossiler Brennstoffe. Sie zählen zudem zu den am weitesten verbreiteten organischen Schadstoffen in der marinen Umwelt und gelangen durch Offshore Aktivitäten, betriebsbedingte oder versehentliche Ölverschmutzungen der Schifffahrt, durch Flusseinträge und über die Atmosphäre ins Meer. Vor allem der atmosphärische Langstreckentransport ist ein wichtiger Eintragspfad der PAK. Sie sind somit ubiquitär vorhanden und auch mengenmäßig wohl die bedeutendste Schadstoffklasse überhaupt. PAK sind toxisch, hydrophob und zeigen eine hohe Affinität zu festen Oberflächen, wodurch sie sich bevorzugt in Fettgeweben von Biota, an Schwebstoffen und Sedimenten stark anreichern. Neben der negativen Beeinflussung der Reproduktion und der Beeinträchtigung des Immunsystems, lösen einige PAK auch Krebserkrankungen aus. Besonders betroffen sind die höheren Organismen des Nahrungsnetzes, vor allem fischfressende Vögel und marine Säugetiere.

Von den hunderten PAK, die bisher in der Umwelt nachgewiesen wurden, wird nur eine begrenzte Auswahl für Überwachungsuntersuchungen herangezogen. Das BSH untersucht routinemäßig eine Auswahl an 15 typischen PAK im Sediment, die auch die von der OSPAR betrachteten 6 PAK einschließt. Fluoranthen lässt sich sehr gut quantitativ mit herkömmlichen analytischen Methoden bestimmen und wurde in der Umwelt in relativ hohen Konzentrationen gefunden. Benz-a-Pyren ist eine der toxikologisch relevantesten PAK Benz-ghi-Perylen und Phenanthren sind für die höher bzw. niedriger kondensierten PAK repräsentativ und eignen sich für die Untersuchung des Verhaltens von PAK in der Umwelt. Phenanthren und Anthracen eignen sich für die Ermittlung von Unterschieden der PAKs aus pyrogenem oder petrogenem Ursprung.



## 2 Datenmaterial und besondere Stationen

Im Zeitraum von 1994 bis 2013 wurden insgesamt 497 Sedimentproben im BSH untersucht. Die durchgeführten Überwachungsfahrten für die Beurteilung der organischen Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten sowie die Probenahmestationen sind den Tabellen A10 und A11 des Anhangs zu entnehmen.

Das Hauptprobengebiet für Oberflächensedimente (0–2 cm) umfasst die Deutsche Bucht (399 Proben). Es wurden ferner Oberflächensedimente aus der gesamten Nordsee (64 Proben), dem Nordmeer (25 Proben) und der Ostsee (9 Proben) untersucht.

Um Veränderungen in Gebieten mit besonderer anthropogener Nutzung zu erfassen, erhielten die entsprechenden Stationen eine besondere Priorität. Zu diesen Stationen gehören die Stationen KS11 und KS8 vor der Elbmündung, die sich im ehemaligen Klärschlammverklappungsgebiet befinden, sowie die Station HPAE3, an der seit 2005 „gering belasteter“ Hafenschlick ausgebracht werden darf. Eine weitere Station mit besonderer Nutzung stellt das Sandentnahmegbiet im Seegebiet vor der Insel Sylt (SSL), mit erhöhter Schlickablagerung und höheren organischen Gehalten, dar.

Aus Gründen der Qualitätssicherung erfolgten an den Stationen KS11 und WB5 (Weiße Bank) immer Mehrfachbeprobungen sowie die Betrachtung tieferer Sedimentschichten.

Bei den Auswertungen zeigte sich, dass die Daten eine sehr hohe Variabilität haben, daher wurde versucht, Ausreißer nach der Grubbsmethode zu identifizieren und zu eliminieren.\* Die Einzelausreißer wurden im Datensatz für die weitere statistische Auswertung eliminiert.

\* Es wurde z. B. eine „Ausreißer-Probe“ identifiziert (ES1-Feb96), bei denen mehrere Analytkonzentrationen sehr hoch waren. Dies galt insbesondere für HCB und alle PAK. Daneben waren einige Proben auffällig, in denen jeweils nur eine oder zwei Substanzen extrem hoch waren: UE70-Apr00 (HCB, PHEN), UE67-Mai99 (HCB), UE67-Mai01 (PHEN), UE20-Apr00 (HCB), WB5-Nov98 (alle PCB) und L1-Apr-00 (PHEN). Während hohe Werte für PHEN eventuell durch Teerklümpchen erklärt werden könnten, fehlt für extreme HCB-Werte bisher eine Erklärung.



### 3 Analytik/Qualitätssicherung

---

Der Analysengang und die einzelnen Verfahrensschritte sind in Abb. 3 schematisch dargestellt. Das Verfahren ist nach DIN/ISO 17025 zertifiziert und wird regelmäßig durch die Teilnahme an Ringversuchen (QUASIMEME) überprüft. Die Einzelheiten des Verfahrens sind im Anhang A1 – Methodik Sedimentanalytik – dargestellt.

Der Einfluss der einzelnen Verfahrensschritte auf die Datenqualität und -variabilität wurde über die Variationskoeffizienten der analytischen Bestimmungen auf den verschiedenen Ebenen des Verfahrens ermittelt (Tab. 1). Die Messpräzision der GC-MS und GC-MS-MS Verfahren liegt bei durchschnittlich 3,8 % für CKW und 1,2 % für PAK. Die Verfahrenspräzision des Gesamtanalysenverfahrens (Extraktion, Aufarbeitung, GC-MS-Messung) liegt im Mittel bei 11,1 %.

Wesentlich größer ist der Schwankungsbereich bei der Probenahme, wenn an einer Station innerhalb von max. 15 Minuten 5 Proben gezogen werden. Hier liegen die Variationskoeffizienten zwischen 10 und 60 %, wobei der TOC-Gehalt um 20 % schwankte. Da Schadstoffe vorwiegend an organischem Material gebunden vorliegen, verbessert sich die Variabilität in Abhängigkeit von den Analyten durch die Normierung auf den TOC-Gehalt. In einigen Fällen konnte der Variationskoeffizient auf die Hälfte gesenkt werden, in wenigen Einzelfällen wurde er allerdings auch größer (s. Kap. 4.3). Für Sedimentproben die einen geringen Anteil an organischem Kohlenstoff beinhalten (z. B. sehr sandige Sedimente), können Schadstoffkonzentrationen unterhalb oder sehr nahe an der analytischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Normierung auf TOC ist bei diesen Proben problematisch, da dies den analytischen Fehler vervielfacht und zu teils nicht plausiblen Konzentrationen führt.

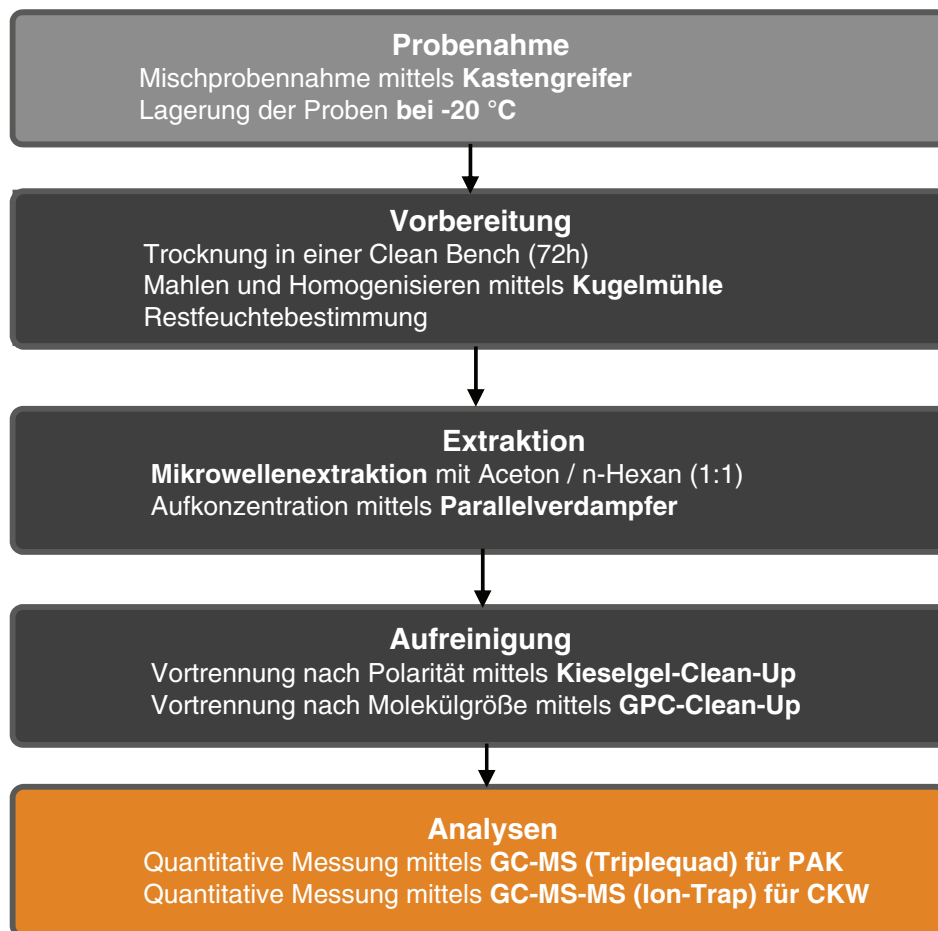


Abb. 3: Schema der Probenbearbeitung und -analyse.

Tabelle 1: Variationskoeffizienten der Zielanalyten bezüglich ihrer Verfahrenspräzision einer Referenzsedimentprobe (IAEA REF. 408) und der Probenahmevariabilität an der Station WB5 (Trockenmasse und TOC normiert).

Substanz	Verfahrens-Präzision Labor [%]	Probenahme-Variabilität [%]	Probenahme-Variabilität TOC norm. [%]
CB 52	5,3	36,3	23,2
CB 153	5,4	25,3	15,2
pp-DDD	21,1	25,9	23,6
HCB	5,0	48,5	35,8
g-HCH	52,6	18,9	27,8
PHEN	9,4	29,9	20,5
FLU	0,8	17,8	12,1
BaP	21,4	18,2	12,6
I123P	10,6	17,3	13,4
TOC	8,7	23,4	–

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Stoffliche Aspekte, Ableitung von Leitsubstanzen

Gegenwärtig überwacht das BSH routinemäßig 30 organische Substanzen im Sediment, die aufgrund ihrer Umweltrelevanz von besonderer Bedeutung sind. Aufgrund der Vielzahl an Verbindungen, die im Messprogramm bestimmt werden, wird eine detaillierte Aus- und Bewertung für alle Stationen und Gebiete leicht unübersichtlich. Mit einer Reduzierung der gemessenen Substanzen auf sogenannte Leitsubstanzen, die als „Indikatorsubstanzen“ repräsentativ für Schadstoffklassen oder Substanzgruppen stehen, sollen Belastungsschwerpunkte sowie Änderungen in der Konzentration einfacher und effektiver erkannt werden. Das Verfahren der Clusteranalyse soll genutzt werden, um qualitativ die Ähnlichkeiten (geringe Entfernung) und Unterschiede (große Abstände) der Eigenschaften zwischen den einzelnen Substanzen herauszustellen. Mit Hilfe der Korrelationsanalyse werden anschließend innerhalb der ermittelten Hauptgruppierungen unter quantitativen Aspekten Leitsubstanzen präzisiert, die jeweils die wesentlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften, Schadstoffquellen und Eintragspfade einer Gruppe von Schadstoffen im Sediment wieder spiegeln.

Bei ähnlich guter Korrelation innerhalb einer Gruppe wurden bevorzugt die Substanzen als Leitsubstanzen ausgewählt, für die von der OSPAR Kommission bereits EAC (Environmental assessment criteria) oder BAC (Background assessment concentration) festgelegt worden sind.

Auf diese Weise wurde versucht, sowohl das Umweltverhalten als auch die Umweltbewertung mithilfe der Leitsubstanzen repräsentativ abzubilden, ohne jede einzelne Substanz betrachten zu müssen.

#### 4.1.1 Identifizierung von Leitsubstanzen

##### *Clusteranalyse*

Mittels hierarchischer Clusteranalyse wurden 8 Hauptgruppen von Schadstoffen identifiziert, die sich voneinander so weit unterscheiden, dass für diese Gruppen jeweils eine oder mehrere eigene Leitsubstanzen ermittelt werden müssen (Abb. 4)\*. Diese Gruppen bestehen sowohl aus Einzelsubstanzen (z. B. HCB, g-HCH, Naphthalin) als auch aus Schadstoffgruppen (DDX, PCB, nieder molekulare aromatische PAK, höher molekulare aromatische PAK, alkylierte PAK).

Die Substanzen g-HCH und HCB scheinen ein eigenständiges Verhalten zu haben, da sie sich aufgrund ihrer chemischen Struktur sowie ihrer physikalisch-

\* Die Substanzen a-HCH, b-HCH und pp-DDT, bei denen mehr als die Hälfte der gemessenen Proben unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze lagen, wurden von der Clusteranalyse ausgenommen.



chemischen Eigenschaften von den übrigen Substanzen deutlich unterscheiden und zudem andere Quellen besitzen. Innerhalb der Gruppe des DDT und seiner Metaboliten, erweist sich der Metabolit pp-DDE als geeignetste Leitsubstanz. Bei der Gruppe der PCB ist CB 153 eine gute Leitsubstanz für die höher chlorierten PCB und für den häufig verwendeten Summenwert von 7-PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Dabei wird die Korrelation der Einzelisomere zu den Summen deutlich größer (Tab. 2). Ausnahme bildet das CB 138, welches die beste Korrelation innerhalb der PCB zum CB 153 aufweist. Die schlechteste Korrelation bei den PCB zeigt das CB 28 aufgrund seines geringeren Chlorierungsgrades. Daher stellt das CB 28 eine eigene Leitsubstanz für die niederchlorierten PCB dar. Es ergeben sich folgende **CKW-Leitsubstanzen: g-HCH, HCB, p,p-DDE, CB28 und CB153.**

Aus der Clusteranalyse allein lassen sich noch keine eindeutigen Leitsubstanzen für die PAK ableiten, jedoch werden Clustergruppen aufgezeigt, die sich in ihrer Anzahl an aromatischen Ringen sowie anhand ihres Alkylierungsgrades unterscheiden. Daher werden ergänzend zur Clusteranalyse bivariate Korrelationsanalysen durchgeführt.

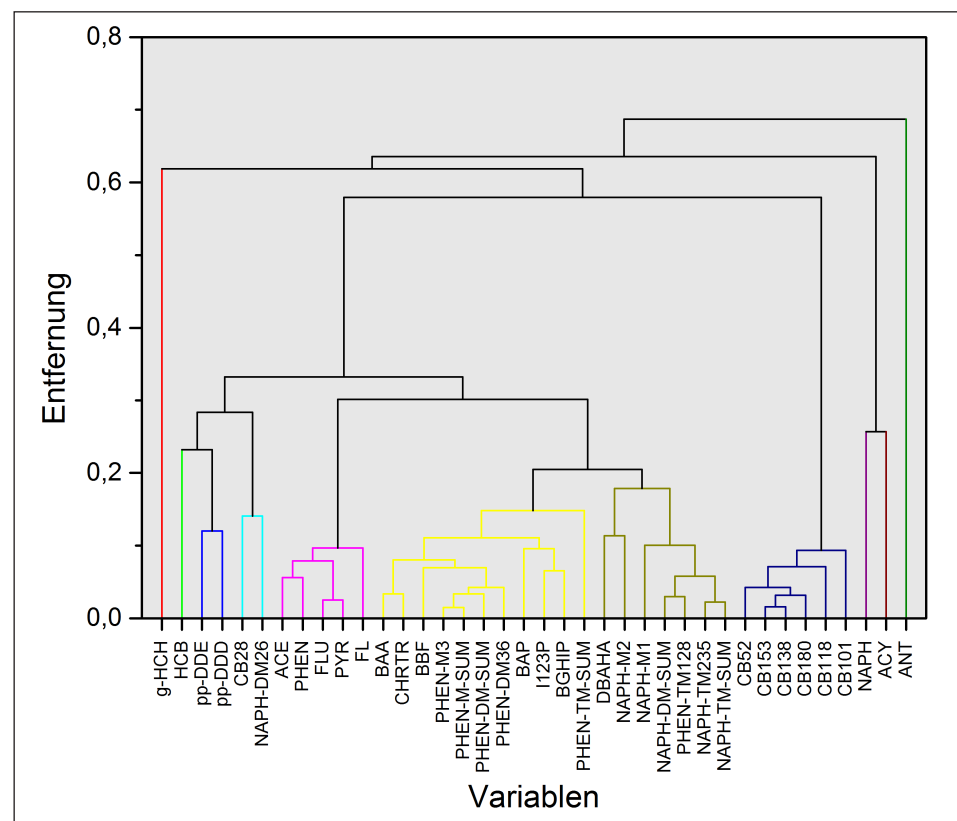


Abb. 4: Dendrogramm der Substanzcluster.

### Korrelationsanalyse

Zur Untersuchung linearer Abhängigkeiten der Schadstoffgehalte untereinander, werden bivariate Korrelationsanalysen nach Spearman durchgeführt. Viele der Schadstoffe verhalten sich ähnlich und weisen z. T. sehr gute Korrelationen zueinander auf. In den Tabellen A16 bis A24 des Anhangs sind die Korrelationsmatrizes aller Proben und für einige Teilmengen (räumliche oder zeitliche Untergruppen) dargestellt. Die Korrelationen sind zwar bei allen Teilmengen sehr ähnlich, aber es sind deutlich quantitative Unterschiede zu beobachten. Analog zur Clusteranalyse sind die besten Korrelationen erwartungsgemäß innerhalb von Substanzklassen (PCB, PAK) zu beobachten und hierbei korrelieren die Substanzen mit den ähnlichsten physikalisch-chemischen Eigenschaften (Polarität, Siedepunkt) am stärksten miteinander (z. B. CB 153 mit anderen Hexachlor- sowie mit Pentachlor- und Heptachlor-Biphenylen; FLU mit anderen 4-Ring und 5-Ring-Aromaten).

Die besten Korrelationen finden sich in zeitlich begrenzten Probensets von einer einzelnen Untersuchungsfahrt (z. B. AT190 oder AT209). Gute Korrelationen findet man zudem im räumlich begrenzten Probenstet der Deutschen Bucht. Aufgrund des hohen Probenanteils aus diesem Gebiet an der Gesamtprobenmenge (399 von 490 Proben) zeigt auch diese eine sehr gute Korrelation, erkennbar an den Summen oder den Median-Werten der Korrelationskoeffizienten in den Tabellen 2 und 3. Bei Betrachtung von Teilprobenmengen anderer räumlicher Gebiete wie Ostsee, Nordsee oder Nordmeer liegen die Korrelationen oft unterhalb des Bereichs der „guten“ Korrelationen ( $R < 0,9$ ) in den Gruppen. Innerhalb der Gruppe der PCB zeigen sich jedoch in allen Gebieten gute bis sehr gute Korrelationen mit der mittels Clusteranalyse ermittelten Leitsubstanz CB153 (Tab. 2).

*Tabelle 2: Korrelationsparameter von CB153 mit CB138 sowie der Summe aus den 7 PCB Hauptkongeneren und Korrelationsparameter von Fluoranthen mit Benz[a]anthracen sowie der Summe aus 15 PAK.*

Parameter/Gebiet	alle Werte	Deutsche Bucht	Nordsee	Nordmeer	Ostsee
<b>CB138 – CB153</b>	0,98	0,98	0,98	0,95	0,9
<b>Summe 7 PCB – CB 153</b>	0,99	0,99	0,92	0,93	0,93
<b>BaA – FLU</b>	0,99	0,99	0,99	0,98	0,83
<b>Summe PAK – FLU</b>	0,99	0,99	0,95	0,96	0,98

Weniger deutliche Korrelationen ergeben sich, wenn die Daten für einzelne Stationen (WB5 und KS11) analysiert werden, bei denen die Datenmenge ebenfalls deutlich kleiner als bei den anderen Teilmengen ist. Auch beeinflusst hier der kleinere Werte-Bereich die Korrelation eventuell negativ.

Mäßige Korrelationen ( $R < 0,83$ ) zwischen den untersuchten Substanzen finden sich bei den HCH-Isomeren und beim DDT. Neben der durchaus berechtigten Vermutung, dass diese Stoffe sich anders verhalten oder aus anderen Quellen stammen, muss hier als Einschränkung berücksichtigt werden, dass aufgrund ihrer geringen Konzentrationen geringere analytische Genauigkeiten auftreten können.

Einen zusammenfassenden Überblick anhand der beiden am besten korrelierenden PCB und PAK für die Deutsche Bucht zeigt Tabelle 3.

Die 2- und 3-Ring Aromaten, insbesondere das Acenaphthylen fallen durch mäßige Korrelationen (ACY:  $R < 0,83$ ) auf. Mögliche Erklärungen dafür können in ihren geringeren Bindungsaffinitäten zum organischen Kohlenstoff sowie in ihrer unterschiedlichen Herkunft liegen: sie stammen im Gegensatz zu den meisten anderen PAK nicht aus Verbrennungs- sondern aus Ölrückständen.

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten (Spearman) der Schadstoffe mit PCB153 und Fluoranthen. Werte mit  $R > 0,90$  sind in grün,  $R > 0,95$  in rot gekennzeichnet.

CKW	CB153	FLU	PAK	CB153	FLU	Alkylierte PAK	CB153	FLU
TOC	0,83	0,85	NAPH	0,84	0,93	NAPH-M1	0,45	0,63
HCHA	0,70	0,67	ACY	0,79	0,82	NAPH-M2	0,63	0,77
HCHB	0,79	0,74	ACE	0,89	0,94	NAPH-DM26	0,80	0,87
HCHG	0,52	0,51	FL	0,89	0,95	NAPH-DM-SUM	0,65	0,82
HCB	0,86	0,82	PHEN	0,86	0,96	NAPH-TM235	0,49	0,68
CB28	0,88	0,85	ANT	0,83	0,91	NAPH-TM-SUM	0,60	0,78
CB52	0,89	0,86	FLU	0,90	–	PHEN-M3	0,77	0,91
CB101	0,95	0,88	PYR	0,89	1,00	PHEN-M-SUM	0,74	0,89
CB118	0,95	0,89	BAA	0,88	0,99	PHEN-DM36	0,72	0,86
CB153	–	0,90	CHRTR	0,89	0,99	PHEN-DM-SUM	0,78	0,91
CB138	0,98	0,91	BBF	0,87	0,98	PHEN-TM128	0,64	0,80
CB180	0,94	0,83	BAP	0,86	0,96	PHEN-TM-SUM	0,73	0,87
pp-DDE	0,87	0,86	DBAHA	0,80	0,91			
pp-DDD	0,91	0,89	I123P	0,77	0,86			
pp-DDT	0,60	0,56	BGHIP	0,82	0,94			
<b>MEDIAN</b>	<b>0,88</b>	<b>0,86</b>		<b>0,86</b>	<b>0,95</b>		<b>0,69</b>	<b>0,84</b>
<b>GESAMT</b>	<b>0,83</b>	<b>0,88</b>						

Innerhalb der Gruppe der PAK hat die Clusteranalyse die höheren von den PAK mit geringerem Molekulargewicht, sowie von den alkylierten PAK separiert. Aufgrund der im Allgemeinen guten bis sehr guten Korrelationen, wie das Beispiel des Fluoranthens in Tabelle 2 zeigt, können für diese Untergruppen **PAK-Leitsubstanzen** abgeleitet werden.

Der einzige 2-Ring Aromat Naphthalin und damit der flüchtigste und polarste Aromat bildet eine eigene Leitsubstanz, wie auch schon in der Clusteranalyse aufgezeigt. Es ist zudem ein guter Indikator für eine petrogen bedingte PAK Quelle, vor allem bei gleichzeitig hohen Konzentrationen seiner alkylierten Verbindungen. Phenanthren ist repräsentativ für die Gruppe der 3-Ring Aromaten und kann sowohl aus Ölrückständen stammen oder aber ein Produkt der unvollständigen Verbrennung sein. PAK mit mehr als 4-Ringen haben hingegen einen überwiegend pyrogenen Ursprung. Fluoranthen repräsentiert gut die Gruppe der 4-Ring Aromaten. Indenopyren steht als Leitsubstanz für die aus Verbrennungsrückständen gebildeten 5- und 6-Ring Aromaten. Beide Substanzen sind analytisch gut zugänglich, weisen relativ hohe Konzentrationen auf und korrelieren sehr gut zu den übrigen PAK und eignen sich daher sehr gut als Leitsubstanzen für die PAK. Für diese PAK Leitsubstanzen sind auch Bewertungskriterien von OSPAR verfügbar (siehe Tab. 8).

Bei den alkylierten PAK bilden die Summenparameter der Dimethylnaphthaline und Monomethylphenanthrene die Leitsubstanzen. Das 2,6-Dimethylnaphthalin (NAPH-DM26) stellt im Cluster eine eigene Gruppe dar, jedoch hat dies analytische Gründe, die im Summenparameter aufgehoben werden.

Für die PAK ergeben sich daher folgende Leitsubstanzen: **NAPH, PHEN, FLU, I123P**, sowie **NAPH-DM-SUM, PHEN-MM-SUM**.

Sowohl die Clusteranalyse als auch die Korrelationsanalysen zeigen, dass die reduzierte Betrachtung der ausgewählten Leitsubstanzen aufgrund der großen Ähnlichkeiten nicht zu einem Verlust an Informationen bei der Interpretation und Bewertung der Ergebnisse führt.

## 4.2 Schadstoff – Sediment-Parameter Beziehung

Anschließend an die Betrachtung der Korrelation innerhalb der Schadstoffe sollte eine mögliche Abhängigkeit der Schadstoffe von ihren sediment-charakterisierenden Begleitparametern (TOC, Korngröße) untersucht werden.

Während ein Teil des Sedimentes aus einer grobkörnigen, chemisch weitgehend inerten Sandfraktion besteht, bietet die feinere Sedimentfraktion, durch seine große Oberfläche, Schadstoffen eine besondere Möglichkeit der Anreicherung und kann wegen ihrer Mobilität überproportional zu den Transportprozessen beitragen. In dieser Feinkornfraktion ist auch der größte Teil der organischen Kohlenstoffverbindungen (TOC) zu finden, was zu einer zusätzlichen Adsorptionsmöglichkeit führt.

Die Korrelation der Schadstoffe zum TOC-Gehalt ist mäßig und abhängig von der Schadstoffgruppe (Tab. 4). In den Abbildungen 5 und 6 sind für die Leit-substanzen der CKW und der PAK die Korrelationen zum TOC für verschiedene Seegebiete dargestellt, wobei die Deutsche Bucht meist die beste Korrelation zum TOC aufweist. Auffallend sind die deutlich höheren PAK Konzentrationen einiger Ostsee Stationen im Vergleich mit Stationen ähnlichen TOC Gehaltes. Als zusätzliche Quelle sind hier das erhöhte Schiffsaufkommen in der Kieler Förde (Station 710A) sowie der Eintrag aus der Oder (St710) zu nennen.

Ob und in welchem Maße eine Korrelation der Schadstoffe mit dem TOC-Gehalt gegeben ist, liegt nicht nur an der Breite des Konzentrationsbereiches des TOC, sondern auch an dessen chemischer Zusammensetzung. Die Art und Quelle des organischen Materials kann sehr unterschiedlich sein und beeinflusst die Adsorption von Schadstoffen in unterschiedlicher Stärke (Burgess et al. 2001). Da dieser qualitative Einfluss bei den Korrelationsanalysen keine Berücksichtigung findet und der Summenparameter TOC nur die Menge an organischem Material widerspiegelt, ist nur eine mäßige Korrelation zu beobachten. Bei einer räumlichen Eingrenzung der Daten, wie beispielsweise in Abb. 7 für die Station der Weißen Bank kann die Korrelation durchaus besser werden, da in einem engeren Gebiet eine geringere chemische Variabilität des TOC plausibel ist; bemerkenswert ist allerdings die immer noch hohe quantitative Variabilität.

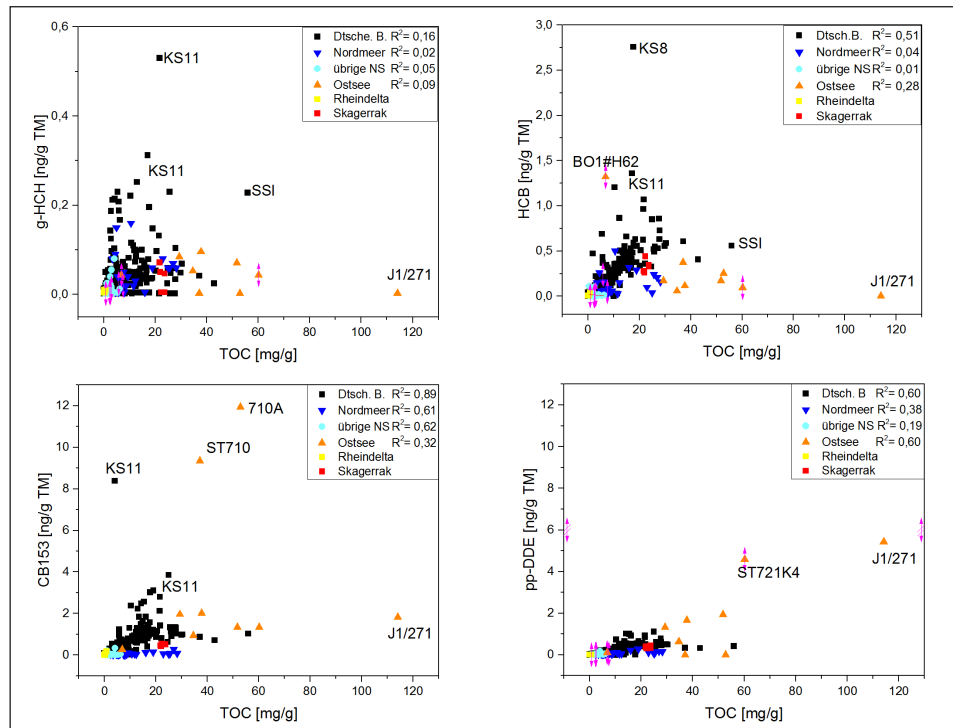


Abb. 5: CKW Leitsubstanzen [ng/g TM] versus TOC [mg/g] für verschiedene Seegebiete

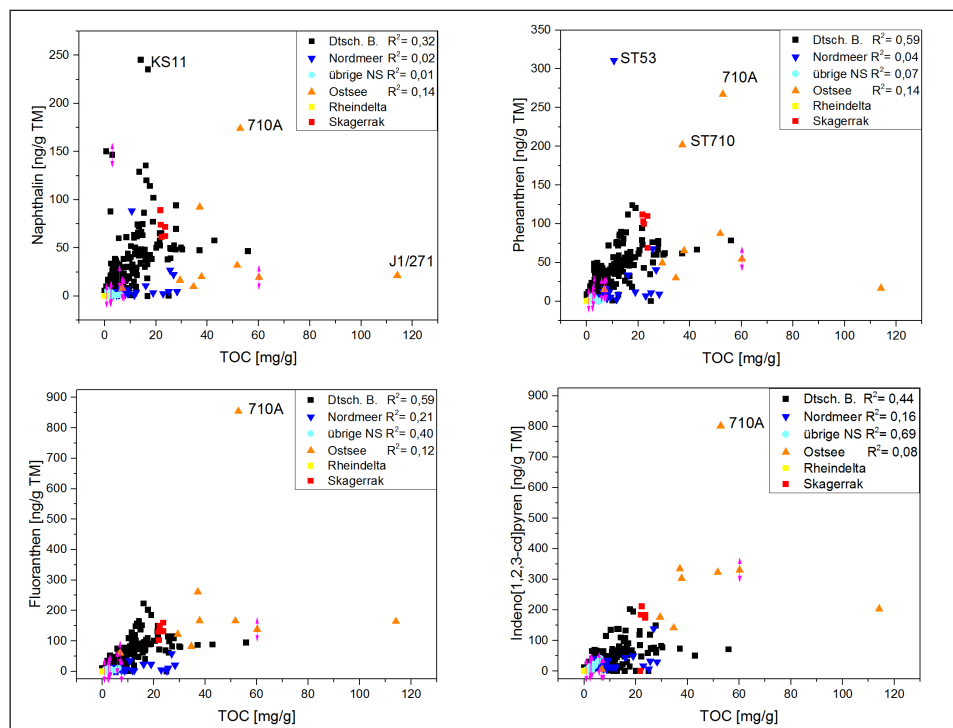


Abb. 6: PAK Leitsubstanzen [ng/g TM] versus TOC [mg/g] für verschiedene Seegebiete.

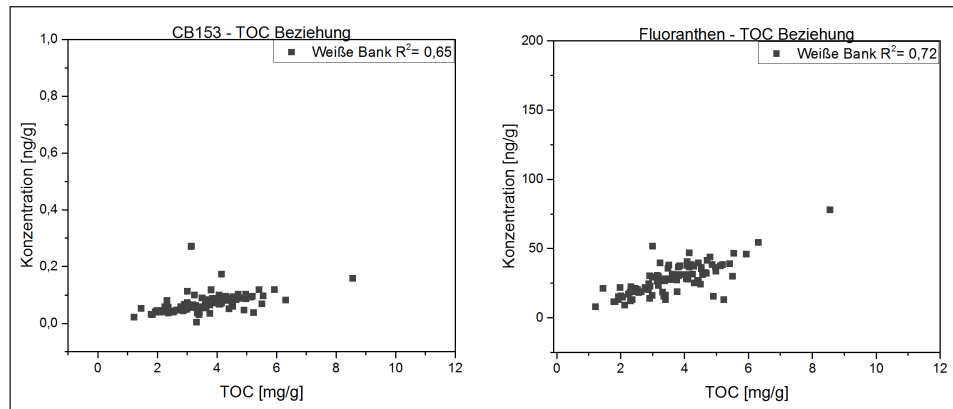


Abb. 7: Korrelation von CB153 (links) und Fluoranthen (rechts) mit TOC für die Stationen der Weißen Bank (WB1, WB5).

In Tab. 4 werden die Korrelationskoeffizienten zwischen einzelnen Schadstoffen und einem weiteren Sediment-Parameter dargestellt, der Korngrößenverteilung. Parallel werden die Korrelationen zwischen Schadstoffen und TOC dargestellt. Die Korrelationen zwischen Schadstoffgehalten im Gesamtsediment und dem prozentualen Anteil einer Korngrößenfraktion (z. B. < 20  $\mu\text{m}$ ) zeigen deutlich, dass die Korrelation abhängig von der gewählten Korngröße ist. Während sich die Fraktionen < 20  $\mu\text{m}$  und < 63  $\mu\text{m}$  nur marginal voneinander in ihrer Affinität zu den Schadstoffen unterscheiden, hat die Fraktion < 200  $\mu\text{m}$  eine deutlich schlechtere Korrelation mit den Schadstoffen. Bemerkenswerterweise sind die Ähnlichkeiten der Schadstoff-Korrelationen zum TOC und zu den < 20  $\mu\text{m}$  und < 63  $\mu\text{m}$ -Fraktionen sehr groß. Da der untersuchte Datensatz der Korngrößenverteilung recht klein war, kann momentan noch nicht abschließend festgestellt werden, welcher Parameter als Interpretations- und Normierungsgröße besser geeignet ist.

Tabelle 4: Korrelation einzelner Schadstoffe mit TOC sowie verschiedenen Korngrößenfraktionen für die Deutsche Bucht 2011–2013 (n=39).

Parameter	TOC	< 20 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$	< 200 $\mu\text{m}$	< 2000 $\mu\text{m}$
<b>TOC</b>	<b>1,00</b>	0,93	0,93	0,69	0,42
<b>&lt; 20 <math>\mu\text{m}</math></b>	0,93	<b>1,00</b>	0,99	0,76	0,47
<b>&lt; 63 <math>\mu\text{m}</math></b>	0,93	0,99	<b>1,00</b>	0,83	0,49
<b>&lt; 200 <math>\mu\text{m}</math></b>	0,69	0,76	0,83	<b>1,00</b>	0,38
<b>&lt; 2000 <math>\mu\text{m}</math></b>	0,42	0,47	0,49	0,38	<b>1,00</b>
<b>HCHA</b>	0,60	0,62	0,56	0,38	0,16
<b>HCHB</b>	0,66	0,62	0,55	0,28	0,18
<b>HCHG</b>	0,58	0,56	0,51	0,40	0,01
<b>HCB</b>	0,85	0,81	0,80	0,56	0,43

Fortsetzung Tabelle 4

Parameter	TOC	< 20 µm	< 63 µm	< 200 µm	< 2000 µm
CB28	0,80	0,80	0,79	0,62	0,31
CB52	0,82	0,80	0,79	0,63	0,35
CB101	0,84	0,83	0,81	0,59	0,42
CB118	0,87	0,85	0,85	0,65	0,49
CB153	0,83	0,80	0,79	0,54	0,47
CB138	0,83	0,80	0,79	0,55	0,46
CB180	0,77	0,75	0,71	0,38	0,31
DDEPP	0,86	0,87	0,86	0,73	0,43
DDPP	0,86	0,83	0,82	0,63	0,40
DDTPP	0,77	0,74	0,69	0,45	0,21
NAPH	0,78	0,81	0,80	0,73	0,36
ACY	0,73	0,80	0,77	0,66	0,21
ACE	0,82	0,82	0,80	0,62	0,29
FL	0,84	0,85	0,85	0,71	0,41
PHEN	0,82	0,84	0,85	0,79	0,44
ANT	0,82	0,79	0,78	0,62	0,36
FLU	0,86	0,86	0,87	0,75	0,47
PYR	0,84	0,86	0,86	0,76	0,47
BAA	0,83	0,85	0,86	0,78	0,42
CHRTR	0,85	0,87	0,88	0,79	0,47
BBF	0,84	0,85	0,87	0,80	0,45
BAP	0,80	0,80	0,81	0,76	0,38
DBAHA	0,84	0,82	0,84	0,77	0,38
I123P	0,83	0,82	0,83	0,76	0,43
BGHIP	0,83	0,84	0,86	0,80	0,45
NAPH-M1	0,69	0,69	0,72	0,78	0,42
NAPH-M2	0,74	0,73	0,75	0,78	0,41
NAPH-DM26	0,89	0,87	0,87	0,75	0,45
NAPH-DM-SUM	0,78	0,78	0,80	0,80	0,47
NAPH-TM235	0,72	0,72	0,75	0,77	0,44
NAPH-TM-SUM	0,76	0,77	0,79	0,80	0,46
PHEN-M3	0,79	0,81	0,82	0,79	0,36
PHEN-M-SUM	0,78	0,81	0,83	0,81	0,44
PHEN-DM36	0,75	0,79	0,80	0,75	0,29
PHEN-DM-SUM	0,81	0,83	0,84	0,79	0,45
PHEN-TM128	0,76	0,76	0,79	0,82	0,40
PHEN-TM-SUM	0,83	0,84	0,86	0,81	0,46



Wie die Abbildungen 5 bis 7 und Tabelle 4 zeigen, hat auch die Polarität der einzelnen Schadstoffe zwischen Wasser und Sediment einen Einfluss auf die Beziehung zwischen Sediment und Schadstoff. Der Verteilungskoeffizient Wasser-Oktanol ( $k_{ow}$ ) liefert erste Hinweise auf die bevorzugte Phase einzelner Substanzen. Das g-HCH mit einem niedrigen  $\log K_{ow}^*$ -Wert von 4,14 zeigt die schlechteste Korrelation sowohl mit TOC als auch mit der Feinkornfraktion aller betrachteten Substanzen (Abb. 8). Trotz vergleichbarer Verteilungskoeffizienten zeigen die alkylierten PAK (Naph-M1 und Naph-M2) eine geringere Korrelation zu TOC und Korngröße als die nicht alkylierten PAK (NAPH, ACE, FL) mit ebenfalls niedrigen  $\log K_{ow}$ -Werten. Meist zeigen Substanzen mit einem höheren  $\log K_{ow}$  eine bessere Korrelation zu TOC und Korngröße. Ebenfalls auffallend ist eine schlechtere Korrelation für das pp-DDT im Vergleich zu dessen Metaboliten (pp-DDE und pp-DDD) sowie für das Heptachlorierte CB 180 im Vergleich mit den Penta- und Hexachlorierten PCB vergleichbarer  $\log K_{ow}$ -Werte (CB118, CB138, CB153).

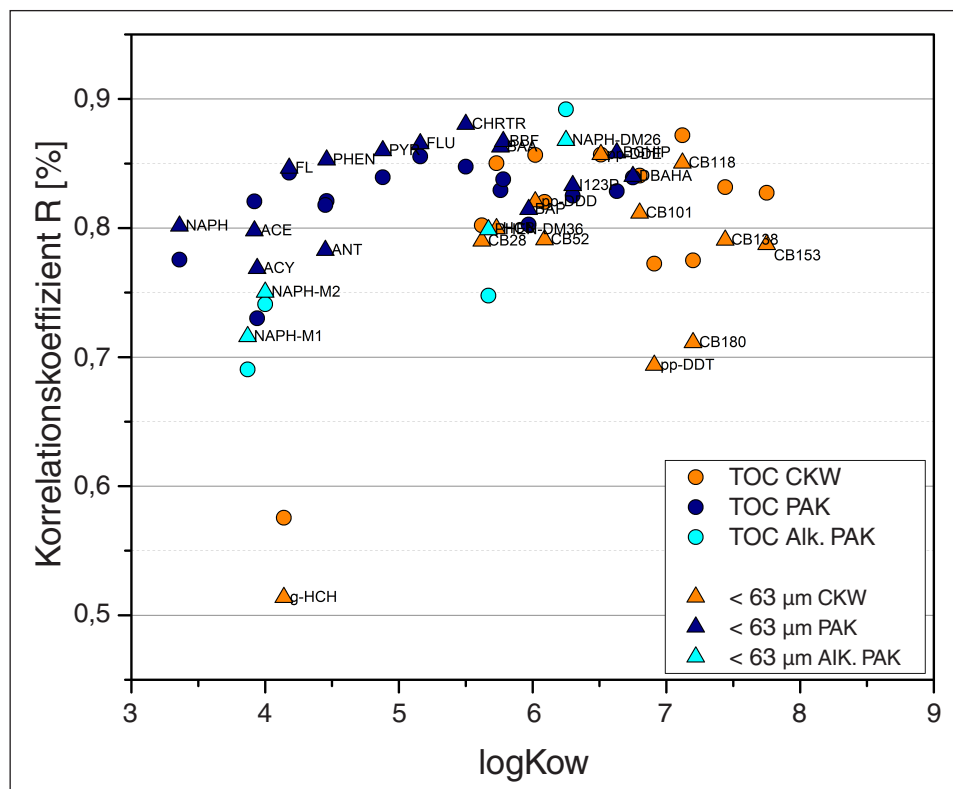


Abb. 8: Abhängigkeit der Korrelation zwischen Schadstoff und TOC bzw. Korngröße (<63  $\mu\text{m}$ ) Fraktion vom Verteilungskoeffizienten zwischen Oktanol und Wasser ( $\log K_{ow}$ ).

\* Ist der dekadische Logarithmus, der das Verhältnis der Konzentrationen einer Substanz in einem Zweiphasensystem aus n-Octanol und Wasser angibt.

### 4.3 Allgemeine Konzentrationsverteilung der organischen Schadstoffe

Zunächst wurde die allgemeine (summarische) Konzentrationsverteilung der organischen Schadstoffe für die Deutsche Bucht als Hauptprobenahmegebiet untersucht, wobei weder örtliche noch zeitliche Differenzierungen betrachtet wurden. Eine zusammenfassende Betrachtung dieser Daten bzgl. ihrer minimalen, maximalen, medianen und mittleren Schadstoffkonzentrationen zeigt, dass die Analysenwerte nicht normalverteilt sind, sondern eine starke Überge-  
wichtung zu den kleinen Werten (ca. 80%) haben (Abb. 9).

Eine ganz ähnliche Verteilung wird für die TOC-Gehalte der untersuchten Sedimente beobachtet (Abb. 10). Der Grund hierfür liegt in der Probenpopulation, die zum größten Teil aus sandigen Sedimenten mit geringem Feinkornanteil und geringen TOC-Gehalten besteht. Die Ähnlichkeit dieser Konzentrationsverteilungen deutet, wie in Kapitel 4.2 näher beschrieben, auf einen kausalen Zusammenhang zwischen den Schadstoffverteilungen und der Sedimentcharakteristik (TOC, Korngröße) hin.

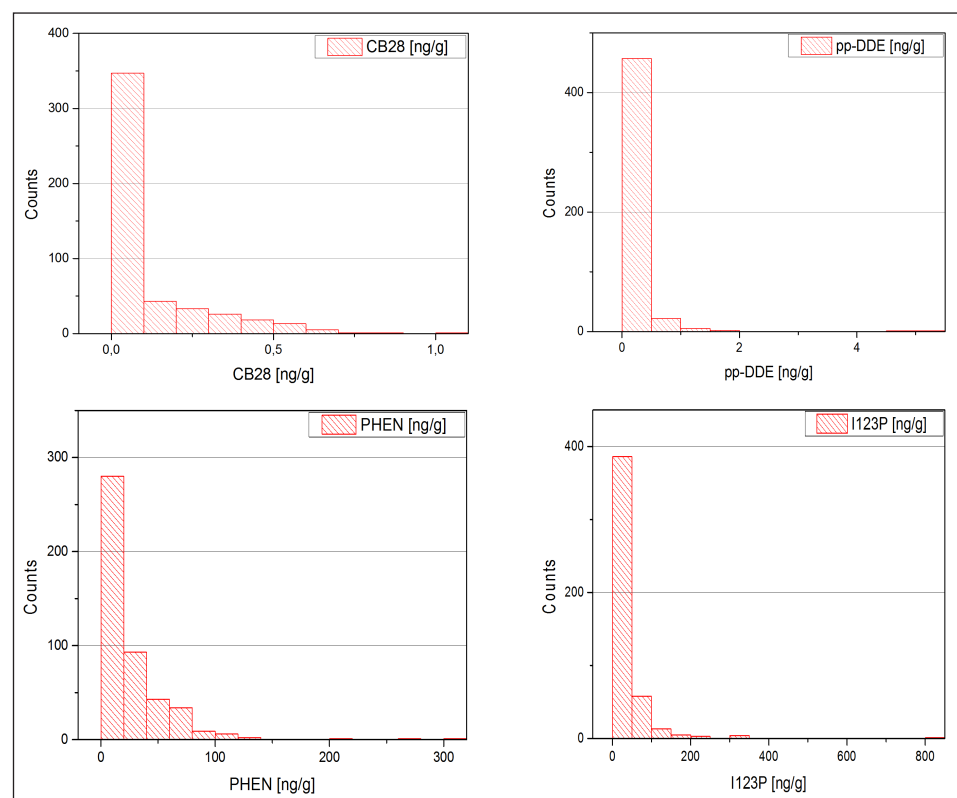


Abb. 9: Konzentrationsverteilung von ausgewählten CKW und PAK aus Sedimentproben der Deutschen Bucht.

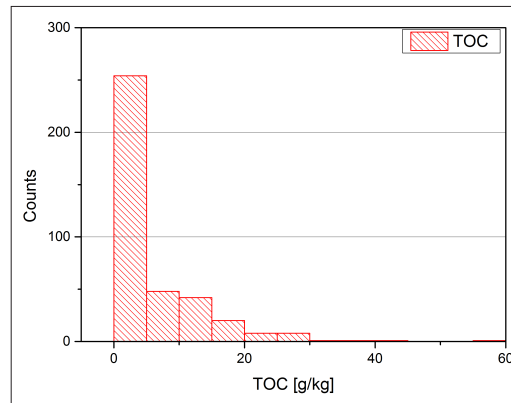


Abb. 10:  
TOC-Werte Verteilung aus den Sediment-  
proben der Deutschen Bucht.

Die Mittelwerte, Mediane und Maxima der beobachteten Konzentrationen in der Deutschen Bucht sind in den Abbildungen 11 bis 14 zusammengefasst.

Bei den chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) liegen die Konzentrationen zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze (ca. 0,005 ng/g TM) und 8 ng/g TM. Wie bei dem TOC-Gehalt liegen die meisten Proben im unteren Werte-Bereich mit nur wenigen Maximalwerten. Daher unterscheiden sich Median und Mittelwerte um einen Faktor von bis zu 8 und Mittelwerte und Maximalwerte sogar um Faktoren von bis zu 55.

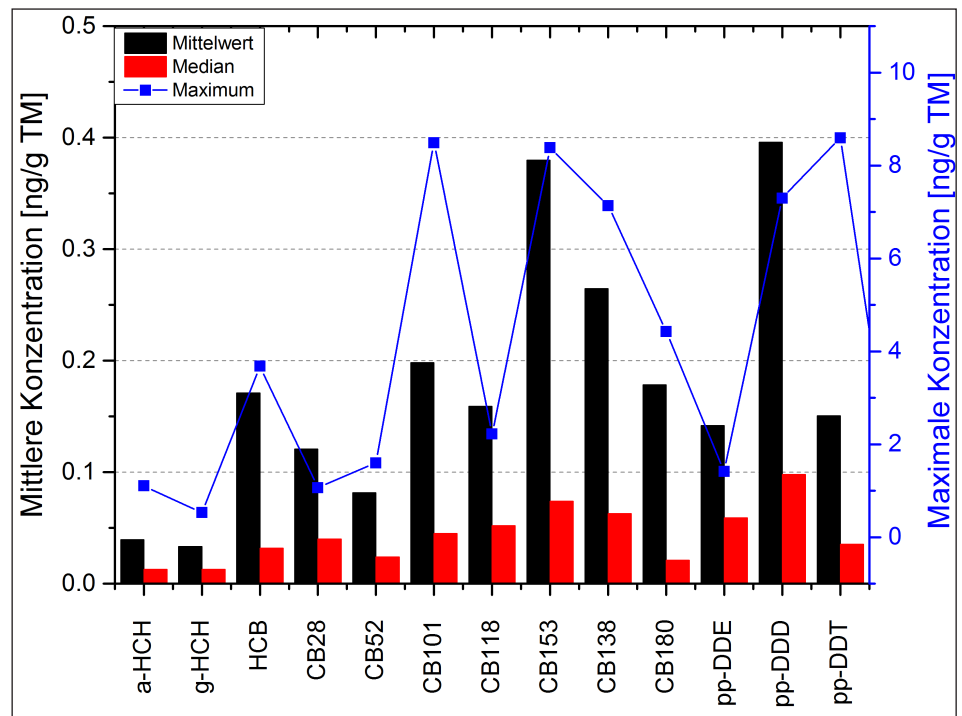


Abb. 11: Mittelwerte, Mediane und Maxima der CKW-Konzentrationen in den Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013.

Wie in Abbildung 12 verdeutlicht, verringert sich durch die TOC-Normierung der CKW-Konzentrationen die Inhomogenität des Datensatzes deutlich und zwischen Medianen und Mittelwerten ist nur noch ein Faktor von bis zu zwei zu beobachten.

Die Komponenten mit den geringsten Konzentrationen sind CB 52, a-HCH und g-HCH. Da diese häufig im Bereich oder unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, weisen sie naturgemäß die größten Unsicherheiten auf und werden im Weiteren nicht detailliert diskutiert. Auch der Datensatz des pp-DDT wird nur mit gewissen Einschränkungen betrachtet, da erst mit den stetigen Verbesserungen der Analytik eine Bestimmung im niedrigen Konzentrationsbereich exakt möglich war. Im Folgenden werden vor allem die Leitsubstanzen (s. Kap. 4.1) verwendet, da diese neben der bereits ermittelten guten Korrelationen zu den anderen Substanzen innerhalb von Substanzklassen meist auch die höchsten Konzentrationen aufweisen und analytisch unproblematisch sind. Die höchsten Konzentrationen werden für CB 138, CB153 und pp-DDD beobachtet.

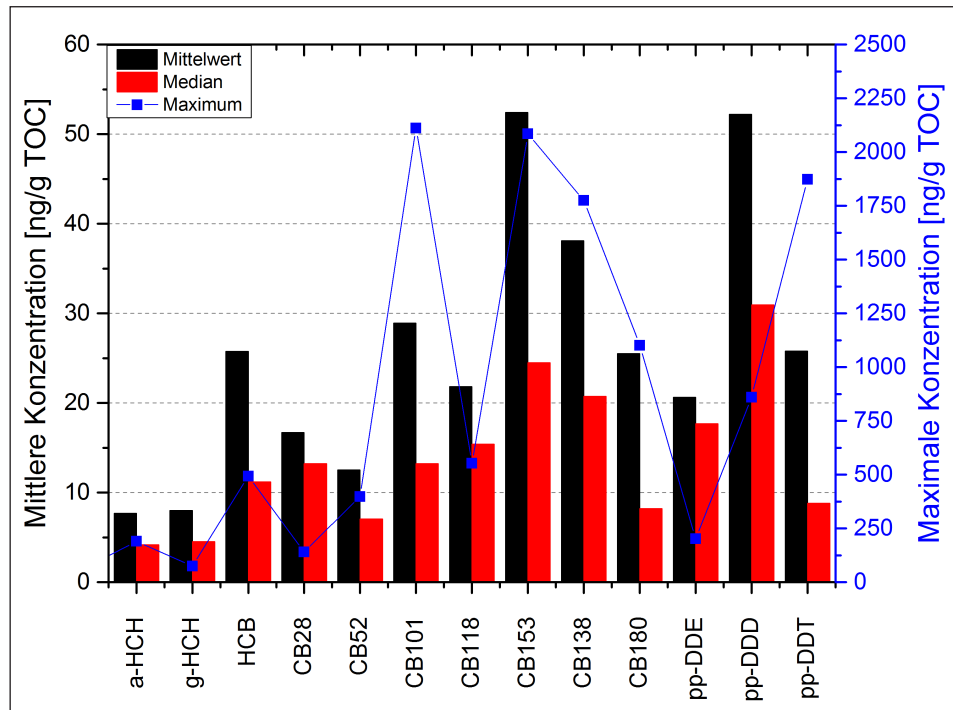


Abb. 12: Mittelwerte, Mediane und Maxima der auf TOC normierten CKW-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013.

Die Konzentrationen der einzelnen **PAK** liegen im Mittel zwischen 1 und 40 ng/g TM und sind somit ca. 50- bis 200-fach höher als die der CKW. Auch hier herrscht eine inhomogene Verteilung mit einer Bevorzugung kleiner Werte vor, allerdings ist diese Inhomogenität etwas geringer als bei den CKW. Zwischen Median und Mittelwerten ist bei den PAK meist nur ein Faktor von bis zu 2 vorhanden. Die Maximalwerte liegen aber auch hier bis zu 10-mal höher als die Mittelwerte.

Die Unterschiede zwischen Median und Mittelwert der unsubstituierten PAK werden durch den Bezug auf den TOC-Gehalt nivelliert, die der alkylierten PAK hingegen entfernen sich bei Bezug auf den TOC.

Die niedrigsten Konzentrationen werden für ACE und ACY beobachtet, gefolgt von den alkylierten Aromaten (Einzelkomponenten). Des Weiteren gibt es niedrige Konzentrationen beim FL, ANT und DBahA. Sie werden im Folgenden daher weniger stark diskutiert. Die höchsten Werte werden für Phen, FLU, PYR, Chr/Tr, BbF, I123P und BghiP sowie für die Summen der Di- und Tri-alkylierten Naphthaline und Phenanthrene beobachtet.

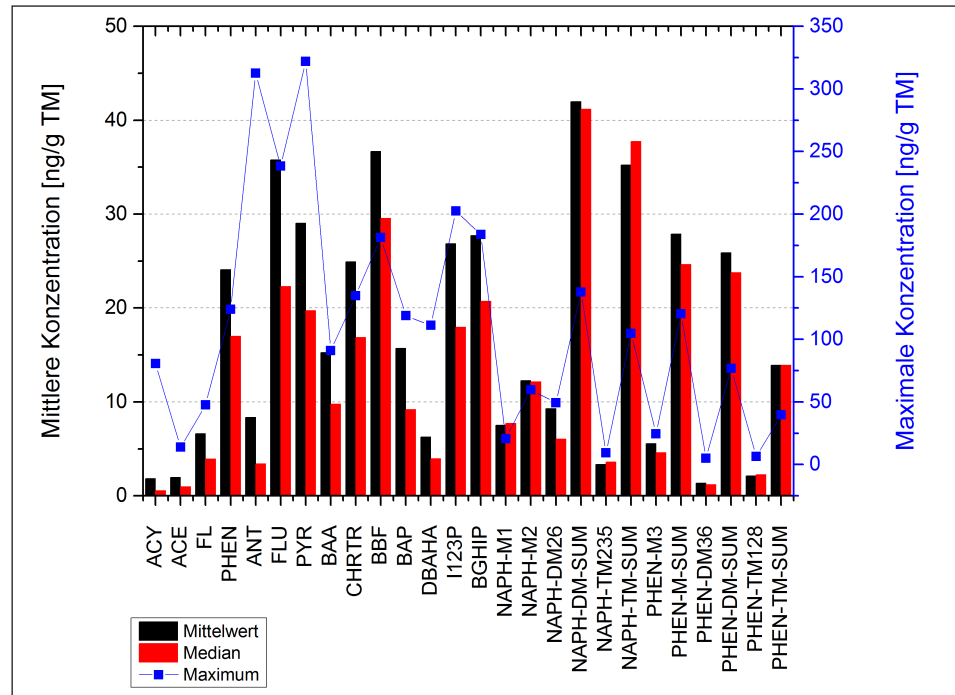


Abb. 13: Mittelwerte, Mediane und Maxima der PAK-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013.

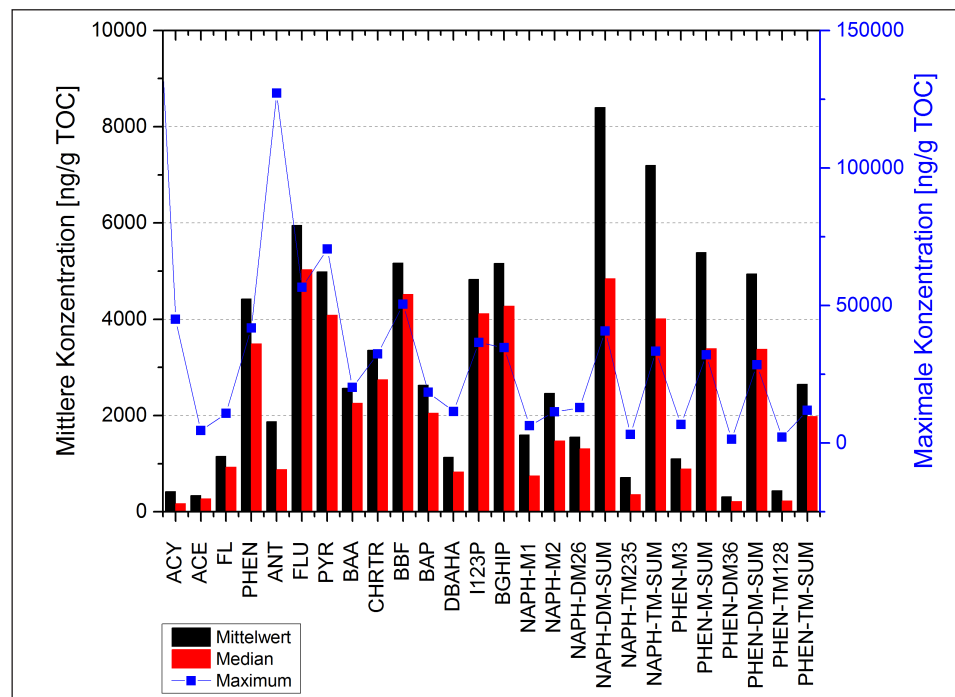


Abb. 14: Mittelwerte, Mediane und Maxima der auf TOC normierten PAK-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013.

## 4.4 Räumliche Schadstoffverteilung

Die Betrachtung der räumlichen Verteilung der organischen Schadstoffe in den Probenahmegebieten dient der Ermittlung von Belastungsschwerpunkten, der Identifizierung von Gebieten mit ähnlichen Schadstoffkonzentrationen als auch der Beobachtung von Konzentrationsgradienten, um evtl. Quellen und Senken zu erkennen. Die Deutsche Bucht wird als Hauptprobenahmegebiet hinsichtlich der räumlichen Verteilung einzelner Substanzen in diesem Gebiet prioritär betrachtet.

Neben der Betrachtung der räumlichen Verteilung einzelner Schadstoffe bietet auch das auf statistischen Prinzipien beruhende Verfahren der hierarchischen Clusteranalyse ein geeignetes Mittel für die Identifizierung von Ähnlichkeiten und Unterschieden der Probenahmestationen. Auf dieses Verfahren wird im Anhang A2 – Clusteranalysen – näher eingegangen.

### 4.4.1 Gebietsbetrachtung Deutsche Bucht

#### *Sedimentparameter*

Die räumliche Verteilung der Schadstoffe in der Deutschen Bucht ist unter anderem beeinflusst durch die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Sedimente wie dem TOC Gehalt oder der Korngrößenverteilung. Beide Parameter zeigen etwa gleiche Korrelationen (R-Wert: 0,34-0,82) zu den betrachteten Schadstoffen; im Folgenden dient aber der TOC-Wert als Parameter für die Sedimentcharakteristik, da Daten der Korngrößenverteilung erst seit 2011 vorliegen (siehe Kapitel 4.2). Abbildung 15 zeigt den Vergleich zwischen der Feinkornfraktion, insbesondere der < 20 µm Fraktion und dem TOC-Gehalt des Sedimentes.

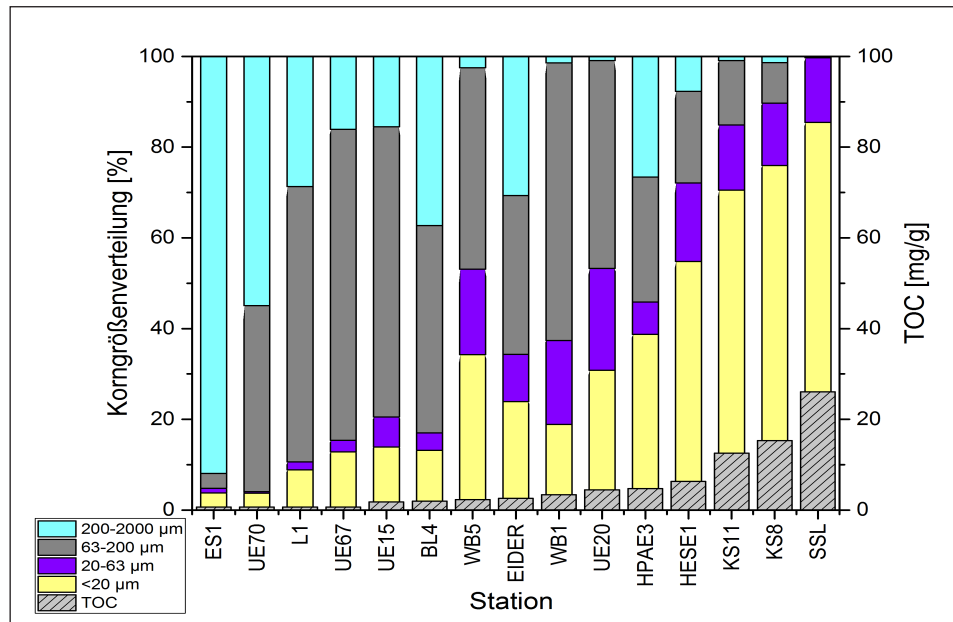


Abb. 15: Mittlere Korngrößenverteilung sowie TOC-Gehalte an Stationen der Deutschen Bucht.

Die Verteilung der TOC-Gehalte in Abbildung 16 zeigt, dass viele Gebiete in der Deutschen Bucht aufgrund des sandigen Charakters (vgl. auch Abb. 2) nur sehr geringe TOC-Gehalte aufweisen. Nur vor der Elbmündung (KS11, KS8, HPAE3, HESE, EIDER, BL2, BL4 und UE33) und am äußeren Ende des Elbe-Urstromtals (WB5, WB1, UE20, UE26, UE55, UE57 und UE74) finden sich feinkörnigere Sedimente mit Gehalten zwischen 2 und 25 mg/g TOC. Die höchsten TOC-Gehalte mit bis zu 56 mg/g sind im Sandentnahmegebiet vor Sylt, dem sogenannten Sylter Sandloch (SSL) zu finden.

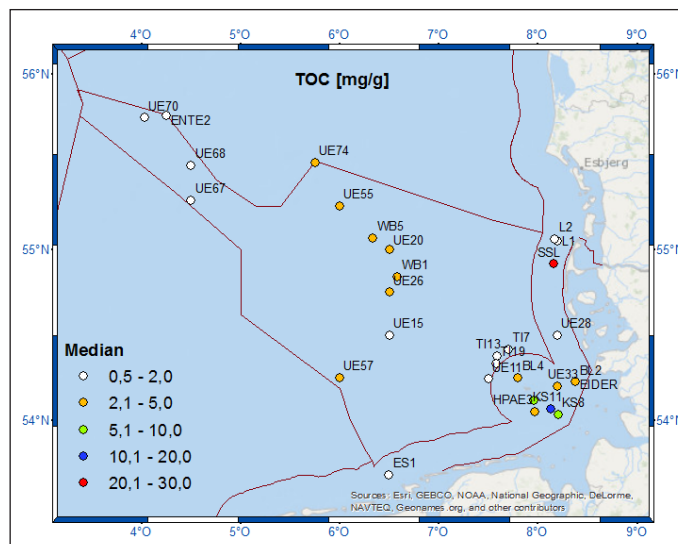


Abb. 16: TOC-Verteilung in mg/g Trockenmasse in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013).



Tabelle 5 fasst die statistischen Größen zur Variabilität der TOC-Werte zusammen und zeigt u. a., dass die langfristige rel. Standardabweichung der einzelnen Stationen zwischen 8 und 122 % variiert. Die Stationen, die eine ausreichende Datenmenge (> 6 Messungen) haben, sind markiert und dienen im Weiteren als Auswahlstationen (z. B. für Trenduntersuchungen). Bei den meisten liegt die relative Standardabweichung (Variationskoeffizient) zwischen 25 und 70 %.

*Tabelle 5: Statistische Größen für die TOC-Verteilung an den verschiedenen Monitoringstationen für die Jahre 1994–2013. Unterstrichene und fett markierte Stationen haben mehr als sechs Proben und dienen als Auswahlstationen für die Schadstoffbetrachtung.*

Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abwei- chung	Variations- koeffizient	Mini- mum	Me- dian	Maxi- mum
<b><u>BL2</u></b>	7	3,83	2,13	0,56	1,19	2,83	7,31
<b><u>BL4</u></b>	12	2,04	1,23	0,60	0,31	2,10	4,30
EIDER	6	3,75	4,37	1,16	0	2,56	12,40
ENTE2	2	0,50	0,06	0,13	0,45	0,50	0,54
<b><u>ES1</u></b>	18	0,98	0,94	0,96	0	0,66	3,6
HESE1	6	6,91	2,08	0,30	4,51	6,29	10,02
<b><u>HPAE3</u></b>	16	5,03	2,91	0,58	1,21	4,89	11,60
<b><u>KS11</u></b>	75	13,13	4,73	0,36	4,02	13,05	25,60
<b><u>KS8</u></b>	21	9,27	6,50	0,70	1,60	7,62	25,83
<b><u>L1</u></b>	18	1,37	0,45	0,32	0,66	1,36	2,14
L2	3	1,10	1,34	1,22	0	0,71	2,60
<b><u>SSL</u></b>	13	30,19	10,48	0,35	12,67	27,86	55,98
<b><u>TI13</u></b>	10	0,69	0,24	0,34	0,39	0,72	1,07
TI19	4	1,30	1,00	0,77	0,70	0,86	2,80
TI7	4	0,76	0,10	0,14	0,60	0,80	0,83
UE11	2	1,90	0,99	0,52	1,20	1,90	2,60
<b><u>UE15</u></b>	19	1,54	0,64	0,41	0	1,60	2,72
<b><u>UE20</u></b>	19	3,99	1,09	0,27	1,78	3,87	5,92
UE26	2	2,65	0,21	0,08	2,50	2,65	2,80
UE28	2	1,12	0,20	0,18	0,98	1,12	1,26
UE33	3	4,98	4,09	0,82	1,80	3,54	9,60
UE55	3	2,57	0,35	0,14	2,20	2,60	2,90
UE57	2	2,20	1,84	0,84	0,90	2,20	3,50
<b><u>UE67</u></b>	16	1,25	0,46	0,36	0,66	1,15	2,38
UE68	3	1,05	0,76	0,73	0,44	0,80	1,90
<b><u>UE70</u></b>	12	0,64	0,16	0,25	0,31	0,66	0,91
UE74	2	3,15	0,49	0,16	2,80	3,15	3,50
<b><u>WB1</u></b>	20	3,14	1,14	0,36	1,21	2,94	5,22
<b><u>WB5</u></b>	59	3,63	1,18	0,33	1,44	3,60	8,55

### *Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)*

Die räumliche Verteilung der betrachteten CKW bezogen auf die Trockenmasse (Abb. 17a) ist ähnlich der räumlichen TOC-Verteilung. Maximale CKW Konzentrationen liegen bei SSL sowie HPAE3, KS11 und Umgebung, gefolgt von den WB Stationen. Höchste Konzentrationen innerhalb der CKW zeigen sich beim CB153 mit bis zu 0,97 ng/g TM. Das Verhältnis von Max- zu Min-Werten ist abhängig von der Station und liegt bei KS11 und HPAE3, die hohe CKW Konzentrationen haben, bei ca. 160 und bei ES1 mit sehr geringen Konzentrationen, oftmals unterhalb der Bestimmungsgrenze, bei einem Max-Min-Verhältnis von 90. Alle anderen Stationen haben deutlich niedrigere Max-Min-Verhältnisse für die CKW.

Bei Bezug auf den TOC-Gehalt (Abb. 17b) nivelliert sich dieses Verhältnis. Besonders deutlich zeigt sich das an den vor Sylt liegenden Stationen L1 und SSL, bei denen der mittlere TOC-Gehalt um einen Faktor 20 differiert. Bezogen auf die Trockenmasse unterscheiden sich die CKW um einen Konzentrationsfaktor von 10–100 und auf TOC bezogen nivelliert sich der Konzentrationsfaktor zwischen den Stationen auf 0,3–2,6. Ähnlich der räumlichen Cluster zeigen auch hier besonders die Stationen HPAE3 und KS11 immer noch deutlich erhöhte Schadstoffkonzentrationen trotz des Bezuges auf den TOC-Gehalt (Abb. 17b). Die HCB und CB153 Konzentrationen liegen an der Station HPAE3 bis zu einem Faktor 10 höher als die mittlere Sedimentkonzentration. Die meisten anderen Stationen weisen hingegen sehr ähnliche CKW Konzentrationen zwischen 1 und 50 ng/g TOC auf. Die gesamten statistischen Daten sind in den Tabellen A12–A13 im Anhang wiedergegeben. Es wird dabei deutlich, dass zwar die Gesamtvariabilität bei der Normierung auf den TOC von 100 % (TM) auf 80 % (TOC) abnimmt, aber die Variabilität auch stations- und substanzabhängig ist. Besonders auffällig ist die Erhöhung der Variabilität bezogen auf den TOC bei der Station HPAE3, was durch die Ausbringung von Baggergut und damit einer nur zeitlich befristeten Eintragsquelle erklärbar ist. Ein Belastungsschwerpunkt liegt bei den Klärschlamm- und Baggergutverbringungsstationen.

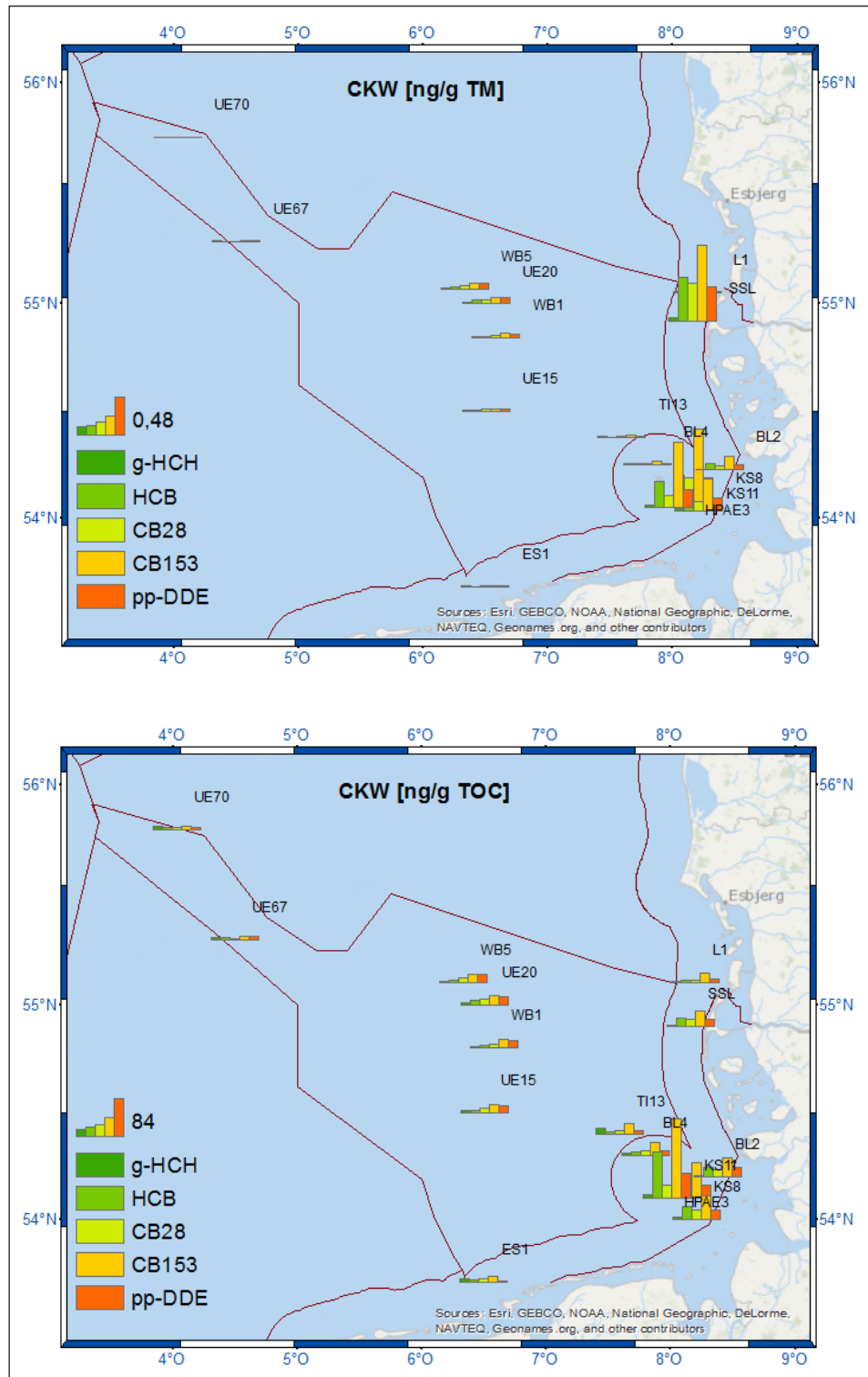


Abb. 17a und 17b: Konzentrationsverteilung ausgewählter CKW in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013): a) oben: in ng/g Trockenmasse, b) unten: bezogen auf ng/g TOC.

### *Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)*

Die räumliche Verteilung der PAK ist in Abbildung 18 exemplarisch für die Leit-substanzen wiedergegeben. Sie ähnelt der TOC- und CKW-Verteilung – mit höheren Werten um SSL, HPAE3 und den KS-Stationen. Allerdings fällt auf, dass die Median PAK Konzentrationen an der Station KS11 nur wenig größer sind als an den WB Stationen.

Infolgedessen werden bei Bezug auf den TOC die Konzentrationen an den WB-Stationen in der zentralen Deutschen Bucht sogar z. T. höher als die Konzentrationen im Elb-Mündungsbereich. Besonders deutlich ist diese Verteilung bei den alkylierten PAK, deren Werte in der zentralen Deutschen Bucht um ein vielfaches höher sind als im Elb-Mündungsbereich (Abb. 19). Hohe Konzentrationen an alkylierten PAK bei gleichzeitig hoher Konzentration an dem entsprechenden Mutter-PAK sind ein deutlicher Hinweis auf eine gemischte Quelle, mit sowohl pyrogenem als auch petrogenem Ursprung in diesem Gebiet. Ausnahme bildet die Station HPAE3, die höhere Konzentrationen bei den niederkondensierten Aromaten zeigt. Es ist somit ein deutlicher Belastungsschwerpunkt in der zentralen Deutschen Bucht (WB Stationen) für PAK und alkylierte PAK festzustellen.

Die statistischen Größen sind in den Tabellen A14–A15 im Anhang zusammengefasst. Auch hier ist in der Regel eine Abnahme der Variabilität durch den Bezug auf den TOC zu beobachten. Eine Zunahme der Variabilität bezogen auf den TOC wird bei allen PAK bei der Station HPAE3 beobachtet, aufgrund ihrer zeitlich variablen starken Schadstoffbelastung durch die Ausbringung von Baggergut.

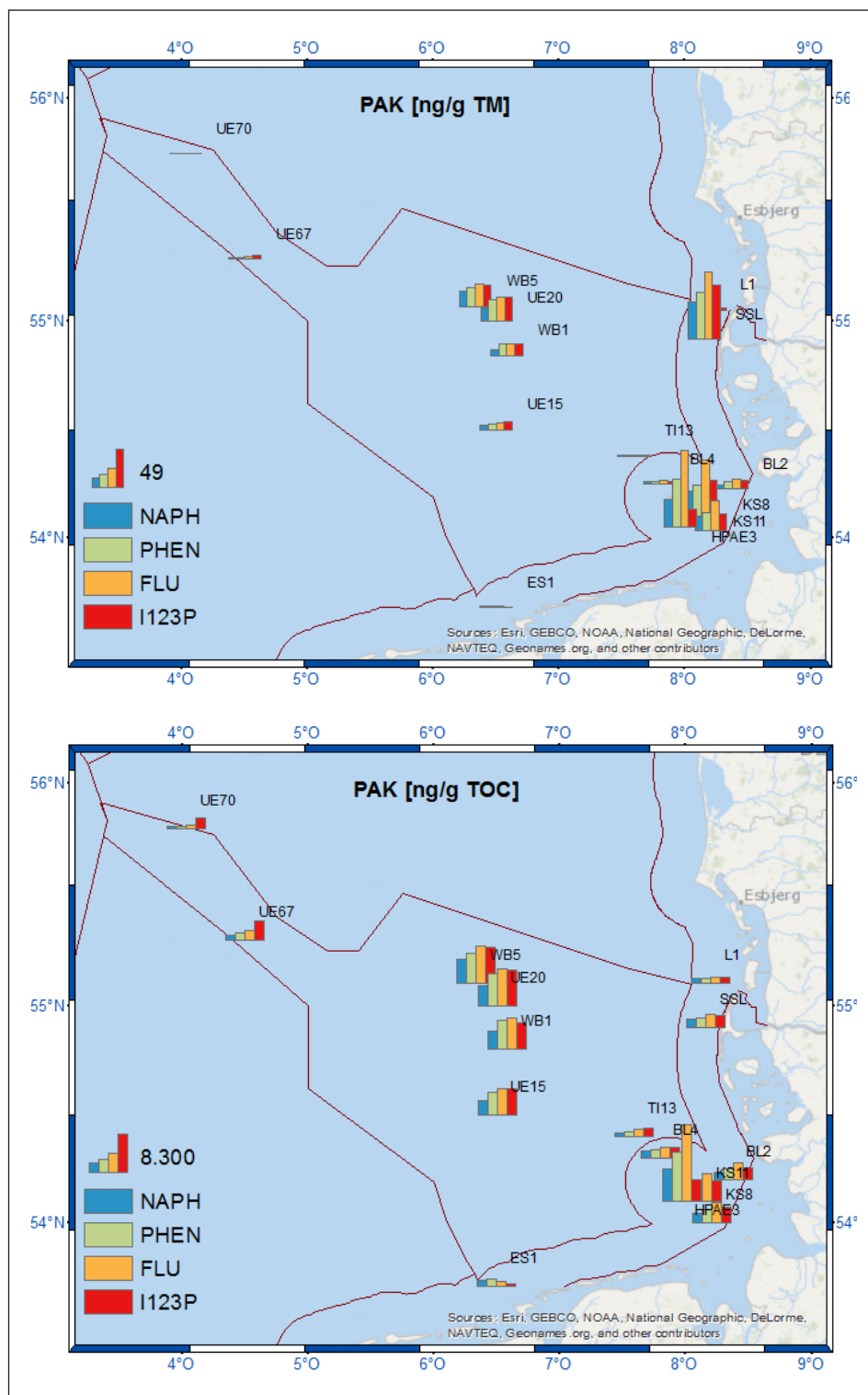


Abb. 18a und 18b: Konzentrationsverteilung ausgewählter PAK in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013): a) oben: in ng/g Trockenmasse, b) unten: bezogen auf ng/g TOC.

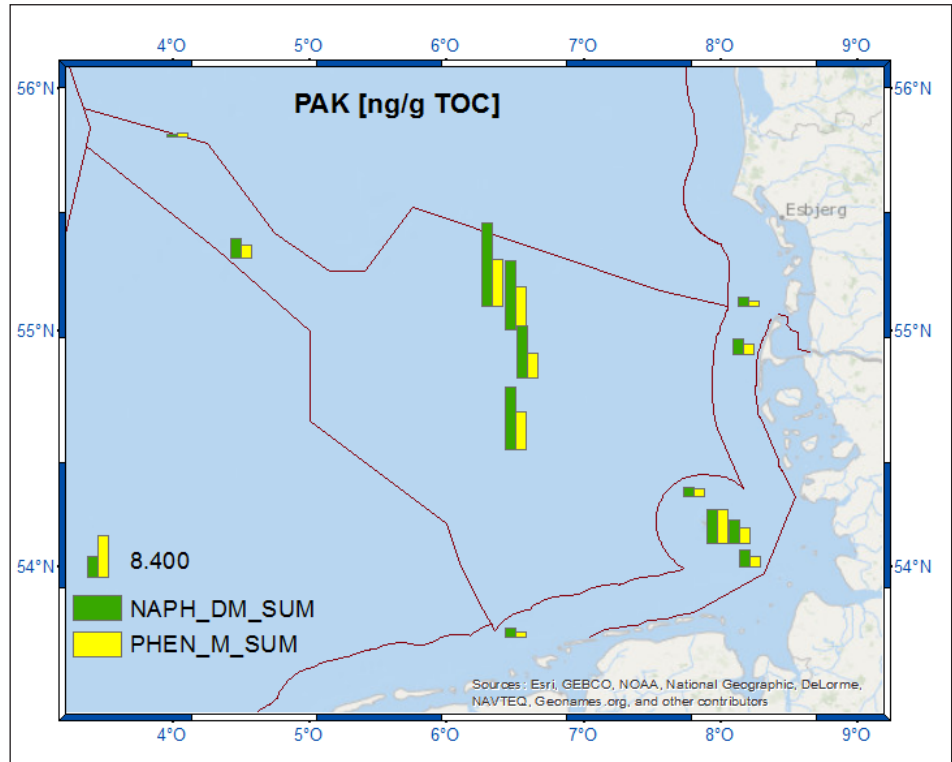


Abb. 19: Konzentrationsverteilung ausgewählter alkylierter PAK bezogen auf ng/g TOC in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 2008–2013).

#### 4.4.2 Vergleich mit Nordsee, Ostsee und Nordmeer

Die Stationen der Deutschen Bucht werden im Folgenden anhand der drei Beispielstationen KS11, WB5 und UE70 mit Proben aus den Gebieten „übrige“ Nordsee, Ostsee und Nordmeer (Barentsee, Norwegische See und Grönland See) verglichen. Zusätzlich werden noch Stationen aus dem Gebiet vor der Rhein-Mündung (St011, St012, St17, ST19) als Teilgebiet betrachtet, bei denen am wahrscheinlichsten ein anthropogener Einfluss erwartet werden kann. Ein weiteres Teilgebiet bilden Stationen des Skagerraks. Zur Vereinfachung der Interpretation werden dabei die Median-Werte verwendet.

Da bei den bisherigen Analysen deutlich geworden ist (Kap. 4.2), dass die Schadstoff-Konzentrationen zu einem überwiegenden Teil von den Sediment-eigenschaften (TOC, Korngrößenverteilung) beeinflusst werden, sind in Abb. 20 die TOC-Werte der ausgewählten Gebiete dargestellt. Die höchsten Werte werden auf Stationen in der Ostsee beobachtet (vor allem an Station J1/271 im Gotland Becken), gefolgt von den Stationen im Skagerrak, auf KS11(DB), im Nordmeer, auf WB5 (DB), in der „übrigen“ Nordsee, auf UE70 (DB) und vor der Rhein-Mündung (Abb. 21). Die Streuung der Werte ist so groß, dass die Werte der Gebiete z. T. überlappen (vor allem, wenn die Extremwerte mit betrachtet werden). Wie Tabelle 6 zeigt, liegen die Medianwerte der TOC-Gehalte im Bereich von 37,8 mg/g (Ostsee) bis 0,24 mg/g (Rheinmündung), umfassen also zwei Größenordnungen.

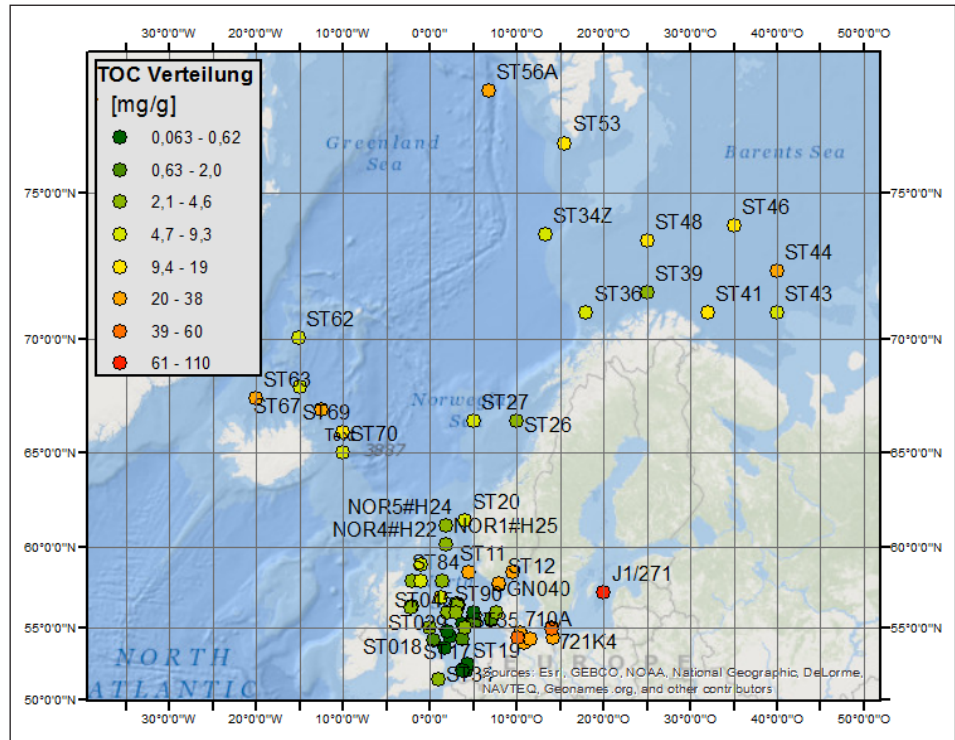


Abb. 20: Mittlere TOC-Werte [mg/g TM] der Nordsee-, Nordmeer- und Ostseestationen für die Jahre 1994–2013.



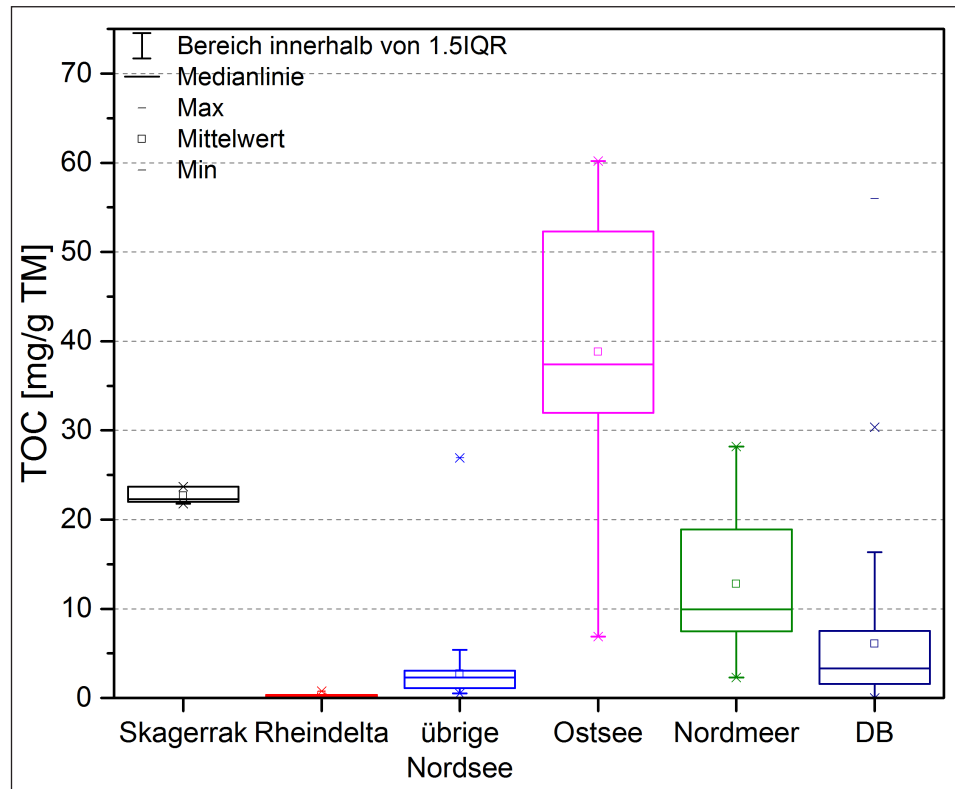


Abb. 21: TOC Verteilung in Sedimenten verschiedener Seegebiete.

Die Medianwerte der CKW- und PAK-Leitsubstanzen für die einzelnen Gebiete werden in den Tabellen 6 und 7 sowohl für die Konzentrationen bezogen auf TM als auch auf TOC dargestellt. In den Abbildungen 22 bis 25 werden diese Daten zur besseren Veranschaulichung auch graphisch dargestellt.

Bei den Leitsubstanz-CKW werden die höchsten auf TM bezogenen Konzentrationen auf den Stationen aus der Ostsee, auf KS11 und aus dem Skagerrak beobachtet ( $CB153 > 0,5 \text{ ng/g TM}$ ;  $pp\text{-DDE} > 0,3 \text{ ng/g TM}$ ). Die Stationen WB5 und Nordmeer folgen mit Konzentrationen zwischen  $0,04$  und  $0,07 \text{ ng/g TM}$ . Die g-HCH-Werte liegen rel. konstant zwischen  $0,01$  und  $0,05 \text{ ng/g TM}$ . Die niedrigsten Konzentrationen werden auf den Stationen „übrige“ Nordsee, UE70 und vor der Rhein-Mündung beobachtet ( $< 0,012 \text{ ng/g TM}$ ) und liegen im Bereich der Bestimmungsgrenzen. Vergleicht man die CKW-Konzentrationen mit den TOC-Werten der Proben, so erkennt man in Abbildung 22, dass diese nicht homogen parallel verlaufen. KS11 und Ostsee erscheinen so – in Relation zum TOC – deutlich stärker belastet als Skagerrak und Nordmeer.

Besser ist dies zu erkennen, wenn man die auf TOC normierten Werte in Abbildung 23 betrachtet.

Tabella 6: Median-Werte für TOC [mg/g] und für die Leitsubstanzen [ng/g TM] in den betrachteten Gebieten.

Gebiet/ Stationen	TOC	g-HCH	CB153	pp- DDE	Naph	Phen	Flu	I123P
KS11	13,05	0,043	0,95	0,34	41,75	49,23	81,94	54,90
WB5	3,60	0,011	0,067	0,073	19,77	23,29	28,26	27,04
UE70	0,66	0,0045	0,005	0,0025	0,25	0,14	0,43	1,331
Ostsee	37,76	0,044	1,82	1,33	20,27	54,82	164,63	303,34
Skagerrak	22,30	0,047	0,501	0,363	71,70	102,86	131,94	183,50
übrige NS	2,31	0,005	0,012	0,0075	0,77	1,17	2,63	5,25
Rhein-Mündung	0,24	0,01	0,01	0,01	0,0825	0,406	0,481	0,395
Nordmeer	9,95	0,035	0,045	0,065	3,62	8,41	4,07	13,79

Tabella 7: Median-Werte für TOC [mg/g] und für die Leitsubstanzen [ng/g TOC] in den betrachteten Gebieten.

Gebiet/ Stationen	TOC	g-HCH	CB153	pp- DDE	Naph	Phen	Flu	I123P
KS11	13,05	3,5	78,1	27,9	3113,0	3724,1	6004,3	4403,9
WB5	3,60	3,4	18,7	19,8	5426,1	6701,6	8234,4	7792,6
UE70	0,66	7,5	8,3	5,3	394,5	403,2	659,6	2234,0
Ostsee	37,76	1,4	39,1	37,3	554,0	1696,0	4149,8	6012,1
Skagerrak	22,30	2,0	21,2	16,7	3026,6	4638,0	5950,4	7742,6
übrige NS	2,31	3,1	5,9	3,5	417,6	601,1	1221,0	3103,9
Rhein-Mündung	0,24	35,7	50,0	35,7	310,8	1764,9	2235,1	1067,6
Nordmeer	9,95	2,4	4,0	7,9	320,9	717,7	503,9	1232,3

Durch die geringere Wertedynamik lassen sich die Gebiete hier in nur zwei Gruppen einteilen. Die Stationen UE70, „übrige“ NS und Nordmeer bilden eine Gruppe mit rel. gleichmäßigen und niedrigen Werten von < 8 ng/g TOC. Die restlichen Stationen/Gebiete sind deutlich höher belastet – mit CB153 und DDE-Werten von > 18 ng/ TOC. Zusätzlich zu den auf TM-Basis als höher belastet eingestuften Stationen aus der Ostsee, dem Skagerrak und KS11 werden hier nun auch die Station WB5 und die Stationen vor der Rheinmündung als höher belastet eingestuft. Allerdings muss bei den Stationen vor der Rheinmündung berücksichtigt werden, dass aufgrund der sehr kleinen Messwerte in

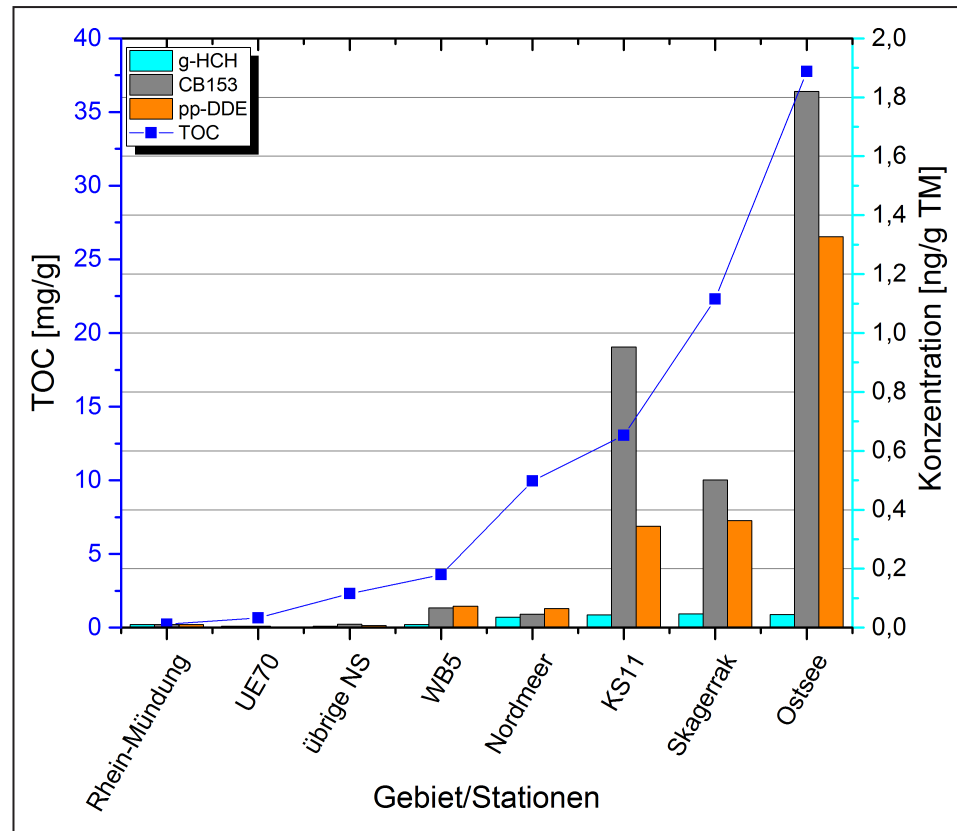


Abb. 22: Median Konzentration ausgewählter CKW [ng/g TM] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt.

der Nähe der Bestimmungsgrenzen die Quotientenbildung beim TOC-Bezug zu einer erheblichen Unsicherheit führt. Die oben bereits angedeutete höhere Belastung auf KS und in der Ostsee kann durch den TOC-Bezug deutlich dargestellt werden. Insgesamt lässt sich die Gruppe mit der Höherbelastung gut mit der Nähe zu möglichen Quellen (Elbe, Rhein und Oder) bzw. mit einem langsamen Wasseraustausch (d. h. auch langsame Schadstoff-Auswaschung) in der Ostsee plausibel erklären. Der Einfluss durch den TOC-Gehalt der Sedimente ist deutlich verringert worden und lässt eine bessere Interpretation zu. Bei den Schadstoffmustern fällt auf, dass die Station KS11 stärker mit PCB belastet ist als die übrigen Stationen (s. a. Anhang A2 – Clusteranalysen).

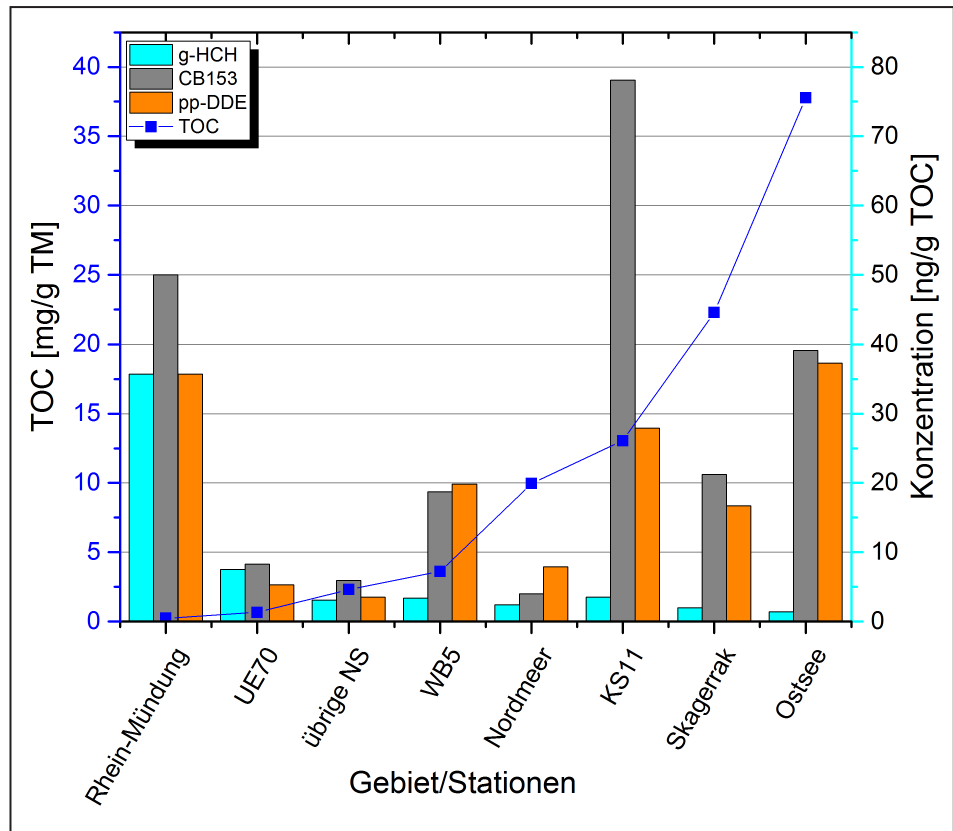


Abb. 23: Median Konzentration ausgewählter CKW [ng/g TOC] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt.

Bei den PAK werden etwas andere Zusammenhänge erkennbar. Bei den auf TM berechneten Konzentrationen zeigen – wie bei den CKW – die Stationen der Ostsee, des Skagerrak und KS11 die höchsten Werte (40 ng/g TM bis 303 ng/g TM). Danach folgt die Station WB5 mit Werten von 20 bis 30 ng/g TM und mit größerem Abstand die Stationen aus dem Nordmeer und der übrigen Nordsee (0,8 bis 14 ng/g TM). Die niedrigsten Konzentrationen werden wiederum auf UE70 und vor der Rhein-Mündung beobachtet. Im Gegensatz zu den CKW verhalten sich allerdings die PAK-Konzentrationen recht ähnlich wie die TOC-Werte; nur die Proben aus dem Nordmeer zeigen für ihren hohen TOC-Wert recht geringe PAK-Konzentrationen.

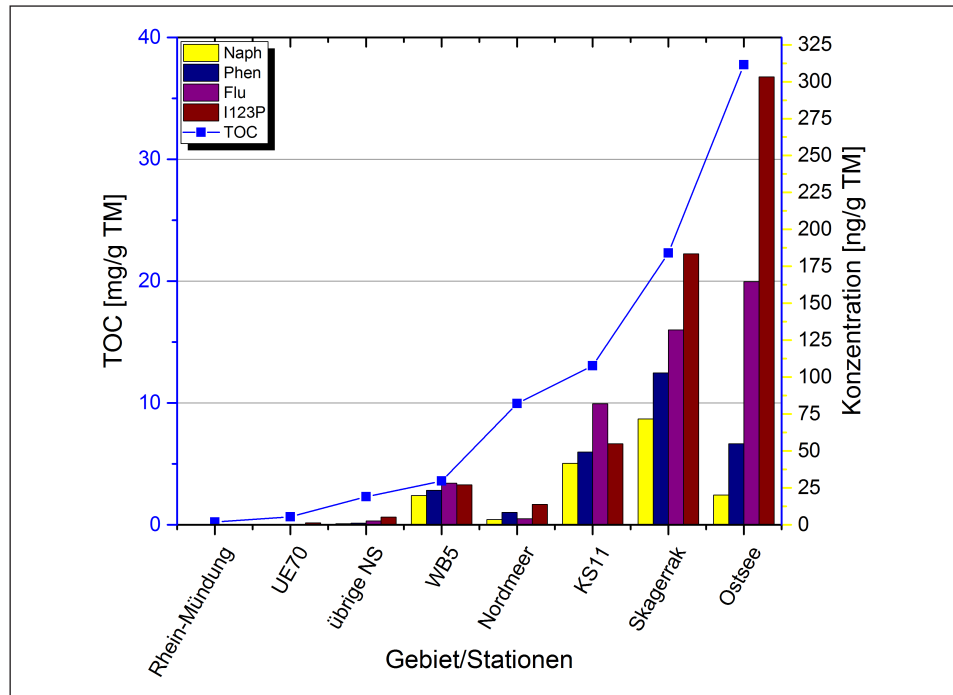


Abb. 24: Median Konzentration ausgewählter PAK [ng/g TM] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt.

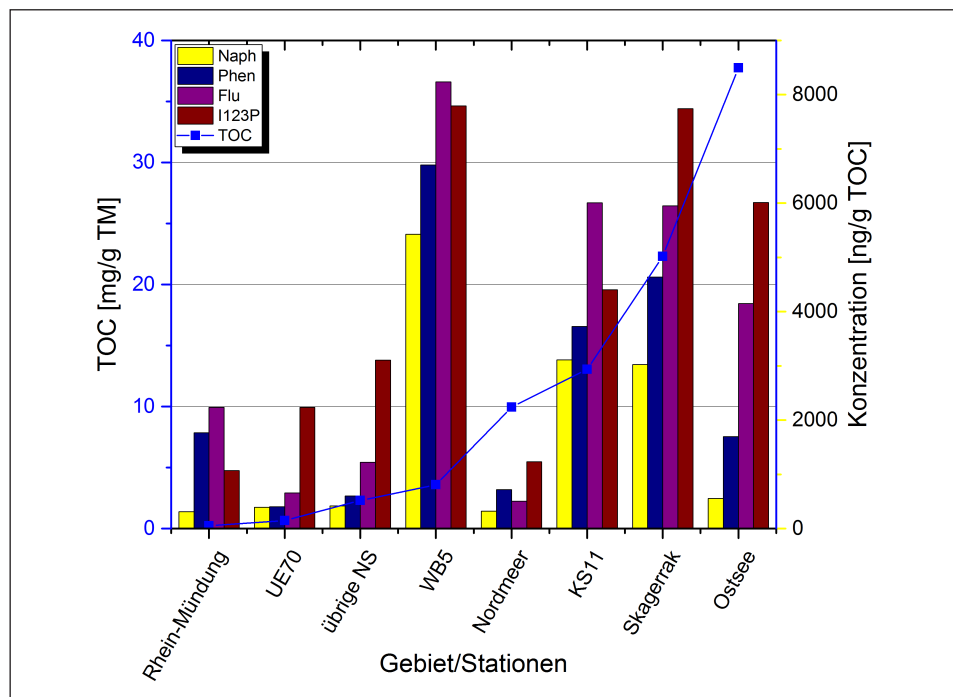


Abb. 25: Median Konzentration ausgewählter PAK [ng/g TOC] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt.

Anhand der auf TOC normierten Werte lassen sich wiederum zwei Gruppen identifizieren. Zu der Gruppe mit den niedrigen Werten zählen – wie bei den CKW – die Stationen aus der „übrigen“ Nordsee, UE70 und aus dem Nordmeer. Zusätzlich reihen sich aber die Stationen vor der Rhein-Mündung in diese wenig belastete Gruppe ein. Die Stationen der Ostsee, aus dem Skagerrak sowie KS11 und WB5 bilden die höher belastete Gruppe, wobei WB5 die höchsten und die Ostsee die niedrigsten Werte aufweisen; insgesamt liegen sie jedoch in einem rel. engen Bereich (nur die etwas polareren 2- und 3-Ring-Aromaten weisen in der Ostsee deutlich geringere Werte auf).

In Kapitel 4.4.1 konnte die Frage nicht eindeutig beantwortet werden, ob die relativ hohen PAK-Werte im Bereich von WB5 auf eine Erhöhung hindeuten oder die Werte von KS11 aufgrund einer Verringerung zustande kommen. Eine ähnliche Fragestellung tritt bei den erhöhten CKW-Werten auf KS11 auf. Daher wurde eine Korrelation der Mediane der Schadstoff-Konzentrationen (bez. auf TM) gegen den Median-TOC-Gehalt der Proben untersucht (Abb. 26), um eventuelle Auffälligkeiten zu erkennen. Wenn die Schadstoff-Konzentrationen überwiegend durch den TOC-Gehalt bestimmt werden, sollte eine lineare Beziehung zwischen beiden resultieren. Wenn andere Einflussgrößen hinzukommen (z. B. lokale Eintragsquellen oder Unterschiede in den chemischen Eigenschaften des TOC), wird die Korrelation gestört und diese wird schlechter. Bei den Korrelationen der CKW findet man mäßige Korrelationskoeffizienten zwischen  $R^2$ : 0,63 für g-HCH und 0,80 für pp-DDE. Somit sind andere Einflussgrößen wirksam. Die CB153-Konzentrationen für KS11 und den Ostseeproben liegen oberhalb der Regressionsgerade und deuten auf eine erhöhte Belastung hin, während der Skagerrak-Median unterhalb liegt und somit im Vergleich weniger stark belastet ist. Beim DDE ist der Ostsee-Median ebenfalls erhöht während der Skagerrak- und Nordmeer-Wert erniedrigt ist.

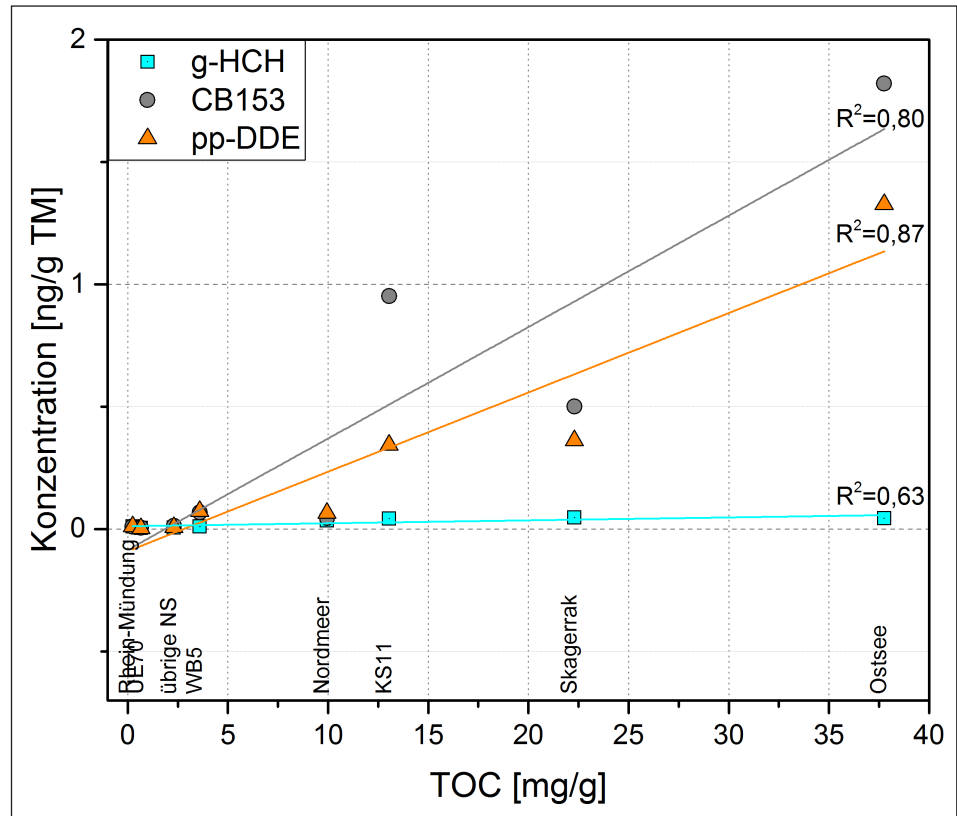


Abb. 26: Median CKW Konzentration verschiedener Seegebiete, sowie die Beziehung zwischen TOC und Konzentration in Abhängigkeit von der Substanz.

Bei den PAK (Abb. 27) variieren die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Leitsubstanzen sehr stark; sie steigen von dem polaren Naph ( $R^2: 0,16$ ) bis zum sehr unpolaren I123P ( $R^2: 0,93$ ) deutlich an. Während für die unpolaren PAK Fluoranthren und Indenopyren ein starker TOC-Einfluss vorhanden ist, sind für die polaren Substanzen Naphthalin und Phenanthren erhebliche andere Einflussgrößen wirksam. Tendenziell sind die Naph-, Phen- und Flu-Werte für KS11 und Skagerrak erhöht. An der Station WB5 sind alle PAK (relativ betrachtet) erhöht. Bei den Nordmeerproben liegen alle PAK-Mediane unter den entsprechenden Korrelationsgeraden und unterstreichen die geringe Belastung, wie sie für diese „Remote Area“ erwartet werden kann. Da es sich hierbei stets um relative Aussagen handelt, kann natürlich auch von einer etwas geringeren Belastung der Ostsee-Sedimente gesprochen werden.

Es ist bemerkenswert, dass der Einfluss des TOC auf die Schadstoffkonzentrationen von polaren zu unpolaren Stoffen zunimmt; nicht nur die Korrelationen werden besser, sondern auch die Stärke des Effekts nimmt zu, was an den zunehmenden Steigungen der Korrelationsgeraden zu erkennen ist. Eine Erklärung hierfür findet man in den höheren Affinitäten und Verteilungskoeffizienten der unpolaren Stoffe zum Sediment (vgl. auch Abb. 8 in Kap. 4.2).

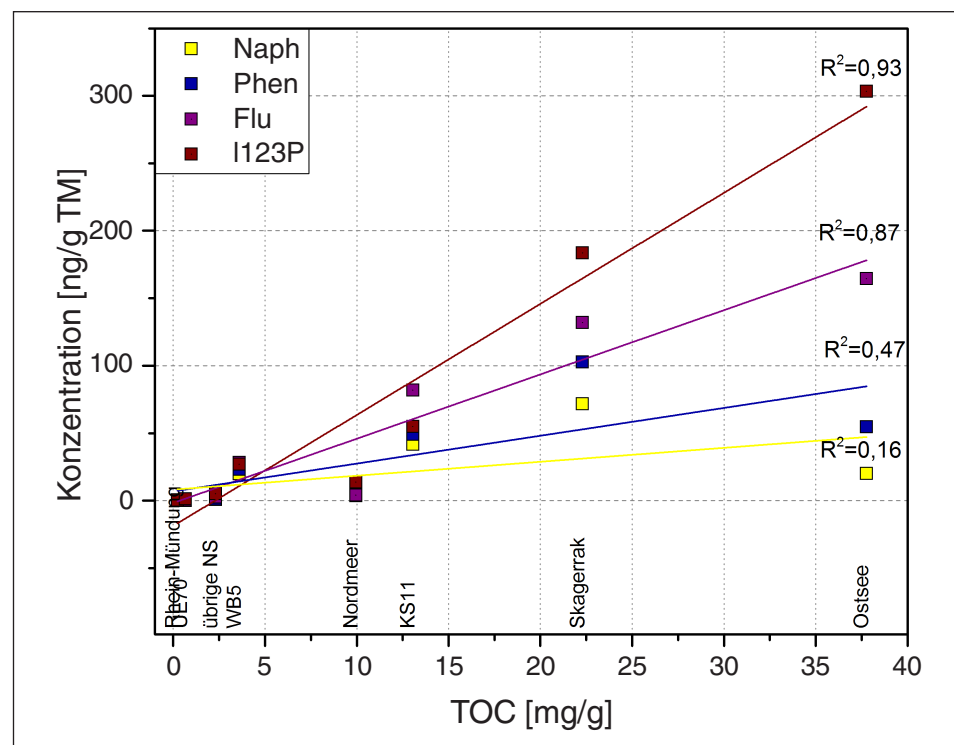


Abb. 27: Median PAK Konzentration verschiedener Seegebiete, sowie die Beziehung zwischen TOC und Konzentration in Abhängigkeit von der Substanz.

Der Ursprung der PAK ist eine wesentliche Einflussgröße, um die unterschiedlichen Belastungen zu erklären. Welche verschiedenen Quellen die PAK Belastungen haben, kann mit Hilfe von Konzentrationsverhältnissen zwischen den PAK Phenanthren und Anthracen (P/A) sowie Fluoranthren und Pyren (Flu/Pyr) bestimmt werden. Phenanthren ist das thermodynamisch stabilste 3-Ring Isomer. Hochtemperaturprozesse (Verbrennungsprozesse) führen also zu niedrigen P/A Verhältnissen (4 bis 10) (Gschwend und Hites, 1981). Im Gegensatz dazu führt die langsame thermische Umwandlung organischen Materials zu Erdöl zu deutlich höheren P/A Verhältnissen. Budzinski et al. (1997) unterscheiden daher 2 Klassen von PAK in Sedimenten: P/A > 10 mit petrogenem Ursprung und P/A < 10 für vorwiegend pyrolytische Quellen. Da die Grenzen nicht so präzise sind, wird bei P/A Verhältnissen von < 15 von nicht vollständiger Verbrennung des Rohöls ausgegangen.



Ähnliche Überlegungen gelten auch bezüglich des Fluo/Pyr Verhältnisses. Werte größer als 1 werden hier als pyrogener Ursprung gewertet.

Wie in Abbildung 28 zu sehen, stammen die PAK Belastungen in den Sedimenten der Deutschen Bucht, der Ostsee, der Nordsee, Skagerrak und Rheindelta hauptsächlich aus pyrogenem Ursprung, also vermutlich aus Verbrennungsrückständen der Schifffahrt sowie von Landquellen (Verkehr, Haushalt, Industrie). Vereinzelt liegen vor allem die P/A Verhältnisse in diesen Gebieten deutlich über 15, womit man nicht mehr von einer unvollständigen Verbrennung ausgehen kann, sondern von z.B. ölhaltigen Rückständen der Schifffahrt.

Die PAK-Verhältnisse der Nordmeerproben lassen für etliche Stationen auf einen petrogenen Ursprung der PAK Konzentrationen schließen. Dabei handelt es sich vor allem um die Stationen südlich von Spitzbergen und nördlich von Island, deren petrogene PAK-Quelle die Kohlevorkommen darstellen bzw. die ozeanischen Ölaustritte sein können. Die Stationen der Barentssee lassen sich nicht eindeutig einer der Quellen zuweisen und unterscheiden sich damit auch deutlich von Stationen der Deutschen Bucht.

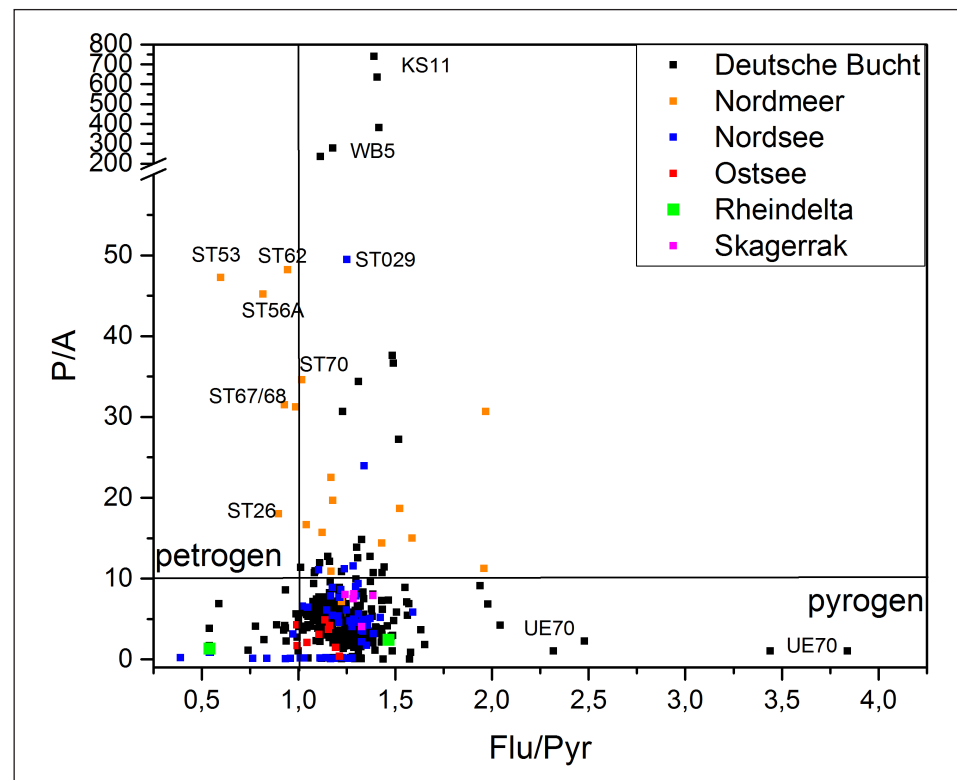


Abb. 28: Darstellung der PAK-Herkunft der Sedimente anhand des mittleren Phenanthren/Anthracen und Fluoranthen/Pyren Verhältnis.

### *Analyse der Schadstoff-Muster anhand von Cluster-Analysen*

Mittels Cluster-Analyse wird im Anhang A2 explizit untersucht, inwieweit regional bestimmte Schadstoff-Muster auftreten, anhand derer eventuell Gebiete klassifiziert oder Eintragswege erklärt werden können.

Aufgrund der sehr inhomogenen Werteverteilung der Schadstoff-Konzentrationen (s. Kap. 3) ist die direkte Cluster-Analyse schwierig und führt zunächst nur zu Gruppierungen mit einer geringen Anzahl hoher Werte und einer Gruppe mit niedrigen Werten (95 % der Werte), aber wenig weiterer Strukturierung. Ein besseres Ergebnis erzielt man durch Normierung der Konzentrationen auf den jeweils größten Wert einer Probe und anschließender Cluster-Analyse.

Die in Abb. A9 dargestellten Centroide der beiden so erhaltenen, etwa gleich großen Cluster zeigen deutliche Unterschiede in den Komponenten-Mustern der beiden Gruppen. In Cluster 2 befinden sich hauptsächlich die Proben aus den Stationen der inneren Deutschen Bucht (KS8, KS11, HP AE3, HESE, BL4, EIDER), während Cluster 1 die küstenfernen Stationen der Weißen Bank und der Nordsee und des Skagerrak enthält. Ein signifikanter Unterschied ist zunächst bei den PAK zu finden: FLU und PYR nehmen zu Cluster 1 hin deutlich ab. Wahrscheinlich werden sie durch die Elbe verstärkt in die Deutsche Bucht eingetragen. Der auffallendste Unterschied liegt aber in den höheren CKW-Werten von Cluster 2, was klar auf einen besonderen Eintrag und eine besondere Belastung dieses Gebietes durch CKW hinweist. (Bei der Darstellung ist zu beachten, dass die CKW-Werte mit 100 multipliziert wurden; die CKW-Konzentrationen sind also real 100-mal kleiner als die PAK-Werte!)

Gründe für die relativ höheren CKW Werte in Cluster 2 findet man zum einen in der historischen Belastung des Klärschlammverklappungsgebietes (KS-Stationen), in den jüngeren Sedimentverklappungen auf HP AE3 und im Elbe-Einfluss.

### Fazit:

Der Einfluss der Sediment-Eigenschaft TOC wird auch bei weiträumigen Beprobungsgebieten bestätigt. Daher ist es vorteilhaft, räumliche Vergleiche von Proben anhand der TOC normierten Werte durchzuführen. Auf diese Weise wurden die Proben aus der Ostsee, dem Skagerrak und KS11 als relativ hoch belastet mit CKW und PAK eingruppiert. Die Proben vor der Rheinmündung fallen bei den CKW durch rel. hohe Werte auf; während WB5 insbesondere durch PAK hoch belastet ist. Die sandigen Proben der „übrigen“ Nordsee, einschließlich UE70 sind gering belastet.

Die Nordmeerproben zeigen ebenfalls sehr geringe Schadstoffkonzentrationen. Hier führt der rel. hohe TOC-Gehalt eher zu einer (rechnerischen) Verdünnung der Werte. Trotz der zivilisationsfernen Lage sind jedoch auch hier alle untersuchten Schadstoffe nachweisbar und liegen nicht wesentlich unter den Werten aus der Nordsee.

Die ökologische Bewertung der Belastungen, historisch und aktuell, erfolgt im Kapitel 4.5 – Zeitliche Belastungsentwicklung.

## 4.5 Zeitliche Belastungsentwicklung

Um den heutigen Belastungszustand beurteilen zu können, ist die Einordnung des Ist-Zustandes in die jüngere Belastungsentwicklung von Interesse, da somit Veränderungen aufgrund von getroffenen Maßnahmen oder neu entwickelten Belastungen erfasst werden können. Hierfür eignet sich zum Einen die Betrachtung von Zeitreihen (Kap. 4.5.1) als auch die Betrachtung von Sedimenttiefenprofilen (Kap. 4.5.2). Die Einordnung des Zustandes des Meeresbodens wurde dabei anhand der von OSPAR festgelegten Bewertungskriterien vorgenommen (Tab. 8).

Tab. 8: CEMP/OSPAR Schadstoffkriterien für den Zeitpunkt T<sub>0</sub> (vor Einsatz), sowie nach aktuellen Umweltbewertungskriterien (T<sub>1</sub>)

Gruppe	Substanz	Sediment (µg/kg 2,5% TOC)			
		Hintergrund/geringe Konzentrationen	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>
		BC	< BAC	< EAC	< ERL
Pestizide	g-HCH	0,0/0,05			3,0
	pp-DDE	0,0/0,05			2,2
	HCB	0,0/0,05			20
PCB	CB 28	0,0/0,05	0,22	1,7	
	CB 52	0,0/0,05	0,12	2,7	
	CB 101	0,0/0,05	0,14	3,0	
	CB 118	0,0/0,05	0,17	0,6	
	CB 138	0,0/0,05	0,15	7,9	
	CB 153	0,0/0,05	0,19	40	
	CB 180	0,0/0,05	0,10	12	
PAK	NAPH	5	8		160
	PHEN	17	32		240
	ANT	3	5		85
	FLU	20	39		600
	PYR	13	24		665
	BaA	9	16		261
	CHR/TR	11	20		384
	BaP	15	30		430
	BghiP	45	80		85
	I123P	50	103		240

BC (Hintergrundkonzentration – Background Concentration).

BAC (Hintergrundbewertungskonzentration – background assessment concentration) OSPAR Kommission: mittlere Konzentrationen signifikant unterhalb des BAC werden als Nahe dem Hintergrund angesehen.

EAC (Umweltbewertungskriterium – Environmental assessment criteria).

Konzentrationen unterhalb des EAC sollten keine chronischen Effekte in marinen Spezies hervorrufen.

ERL (Effektbereich niedrig – Effects range low).

US EPA: Konzentrationen unterhalb des ERL verursachen selten nachteilige Effekte in marinen Organismen.

#### 4.5.1 Zeitreihen

Für die Stationen mit besonderen Belastungen wie KS11 und HP AE3 wurden für die im Abschnitt 4.1 festgelegten Leitsubstanzen (g-HCH, HCB, pp-DDE, CB28, CB153, PHEN, FLU und I123P) zeitliche Trendanalysen durchgeführt\*. Als Vergleich zu den deutlich belasteten Stationen wurde auch für die weniger stark belastete Station WB5 der Weißen Bank eine zeitliche Trendanalyse durchgeführt.

In den Sedimenten der Weißen Bank, deren Schadstoffvariabilität im Vergleich zu KS 11 mit 10 bis 130% deutlich niedriger ist, ist eine signifikante Abnahme der Konzentration nur für das g-HCH feststellbar. Da der Einsatz von Lindan in sämtlichen OSPAR Regionen nicht länger erlaubt ist, wird erwartet, dass sich die Konzentration dieser synthetischen Substanz bis auf den Hintergrundwert (BC) von Null (bzw. unter die besten vorhandenen Bestimmungsgrenzen) verringert (OSPAR, 2014). Dieses Ziel wurde für das g-HCH in den letzten Jahren teilweise schon erreicht.

Für die PCB und die hier betrachteten Pestizide sind an dieser Station – aufgrund der hohen Variabilität – keine langfristigen Trends zu beobachten. Allerdings ist die Belastung generell sehr niedrig und entspricht nach den CEMP Kriterien der OSPAR einem annehmbaren Zustand ( $< EAC$ ) (Abb. 29). Das bedeutet, dass die Konzentrationen kein signifikantes Risiko für die Umwelt darstellen sollten, da für Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten unterhalb des EAC kein chronischer Effekt bei marinen Arten erwartet wird (CEMP Assessment criteria). Auch der Einsatz von PCB Formulierungen ist seit vielen Jahren in den OSPAR Gebieten verboten. Es wird daher erwartet, dass sich langfristig die Konzentrationen im Sediment für die PCB bis auf den Hintergrundwert von Null verringern, da es sich auch bei den PCB um rein synthetische Substanzen handelt (OSPAR, 2009). Die Reduzierung geht jedoch – aufgrund des ubiquitären Vorkommens in der Umwelt – nur noch sehr langsam vor sich. Die PCB und auch die anderen CKW nähern sich auf WB5 allerdings den Hintergrundwerten an.

Die überwiegend aus Verbrennungsrückständen gebildeten PAK weisen eine große Streuung der Werte auf; zeitliche Trends sind in dem Untersuchungszeitraum nicht festzustellen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die PAK in der Meeresumwelt sowohl natürliche als auch anthropogene Quellen haben. Die Hintergrundkonzentration dieser Schadstoffe bezieht die natürlichen Quellen mit ein. Wenn natürliche Quellen nicht vorhanden sind, können die Sedimentkonzentrationen somit deutlich unterhalb des BAC liegen. Umgekehrt können die anthropogenen Quellen, bestehend aus diffusen und punktuellen

\* Ein Trend wird bei einem Signifikanzniveau von  $p > 0,05$  als signifikant eingestuft, was für die hier betrachteten Substanzen immer eine Abnahme der Belastung bedeutete

Quellen, z. B. die Schifffahrt, zu zeitweisen Belastungserhöhungen führen. Obwohl es für die PAK aufgrund ihrer diffusen Einträge keine speziellen Anwendungsverbote gibt, führen möglicherweise Regelungen zur Abgasreinigung sowie der Anwendung der besten am Markt verfügbaren Technologie dazu, dass die PAK Konzentrationen seit 2008 im Sediment einem akzeptablen Zustand entsprechen.

Aufgrund der sehr hohen Variabilität der Schadstoffe (30 bis 200%) im ehemaligen Klärschlammverklappungsgebiet (KS 11) ist kein signifikanter zeitlicher Trend an dieser Station für die PAK, die PCB sowie dem pp-DDE feststellbar (siehe Abb. 29). Eine signifikante Abnahme der Konzentrationen zeigte sich für g-HCH und HCB. Das Verbot dieser Substanzen liegt vor dem Beginn dieser Zeitreihe, sodass die Konzentrationen im Sediment auch im Klärschlammverklappungsgebiet für den gesamten Zeitraum 1995–2013 unterhalb des EAC liegen und sich teilweise sogar bis auf die Hintergrundkonzentration verringert haben. Die Sedimente an dieser Station sind bezüglich der CKW also in einem annehmbaren bis sehr guten Umweltzustand, allerdings liegen sie meist signifikant über den Konzentrationen der Weißen Bank.

Wie auch an der WB Station weisen die Indenopyren-Konzentrationen eine so hohe Variabilität auf, dass die Werte sowohl vereinzelt oberhalb des ERL-Kriteriums\* lagen als auch unterhalb des BAC. In den letzten Jahren zeigte sich eine deutliche Tendenz zu Werten nahe dem Hintergrundwert. Auch dies ist vermutlich wieder eine Folge der verbesserten Abgasreinigung.

Besonders interessant ist die Baggergutverbringungsstelle HPAE3, bei der man eine starke Erhöhung der Konzentrationen vor allem des HCB, der PCB sowie der PAK im Zeitraum der Verbringung zwischen 2005 und 2010 sehen kann.

Eine deutliche Abnahme der Konzentration ist bereits 2010 im Jahre der vorerst letzten Verbringung feststellbar, wie die zeitlichen Verläufe in Abbildung 29 zeigen. Aufgrund der sehr variablen Konzentrationen kann für den gesamten Zeitraum kein signifikanter Trend für die PAK sowie die PCB festgestellt werden. Eine signifikante Abnahme erfolgte jedoch für das g-HCH, das HCB und das pp-DDE. Die Ergebnisse dokumentieren sehr gut, wie stark die Schadstoffbelastung auch von lokalen Quellen abhängt. Im Zeitraum der Einbringung von Baggergut war die Belastung des Sediments mit einigen PCB, dem pp-DDE sowie den PAK, gemessen an den EAC Kriterien, deutlich erhöht. Der Zustand des Sediments muss damit für diesen Zeitraum als nicht akzeptabel bezeichnet werden. Nach Beendigung der Einbringung ist der Zustand des Sedimentes bezüglich aller untersuchten Schadstoffe hingegen annehmbar (< EAC).

\* Für Substanzen, für die kein EAC verfügbar ist, kann die Bewertung auch auf Grundlage der von der US Umweltbehörde (EPA) genutzten ERL (effect range low) Kriterien erfolgen.

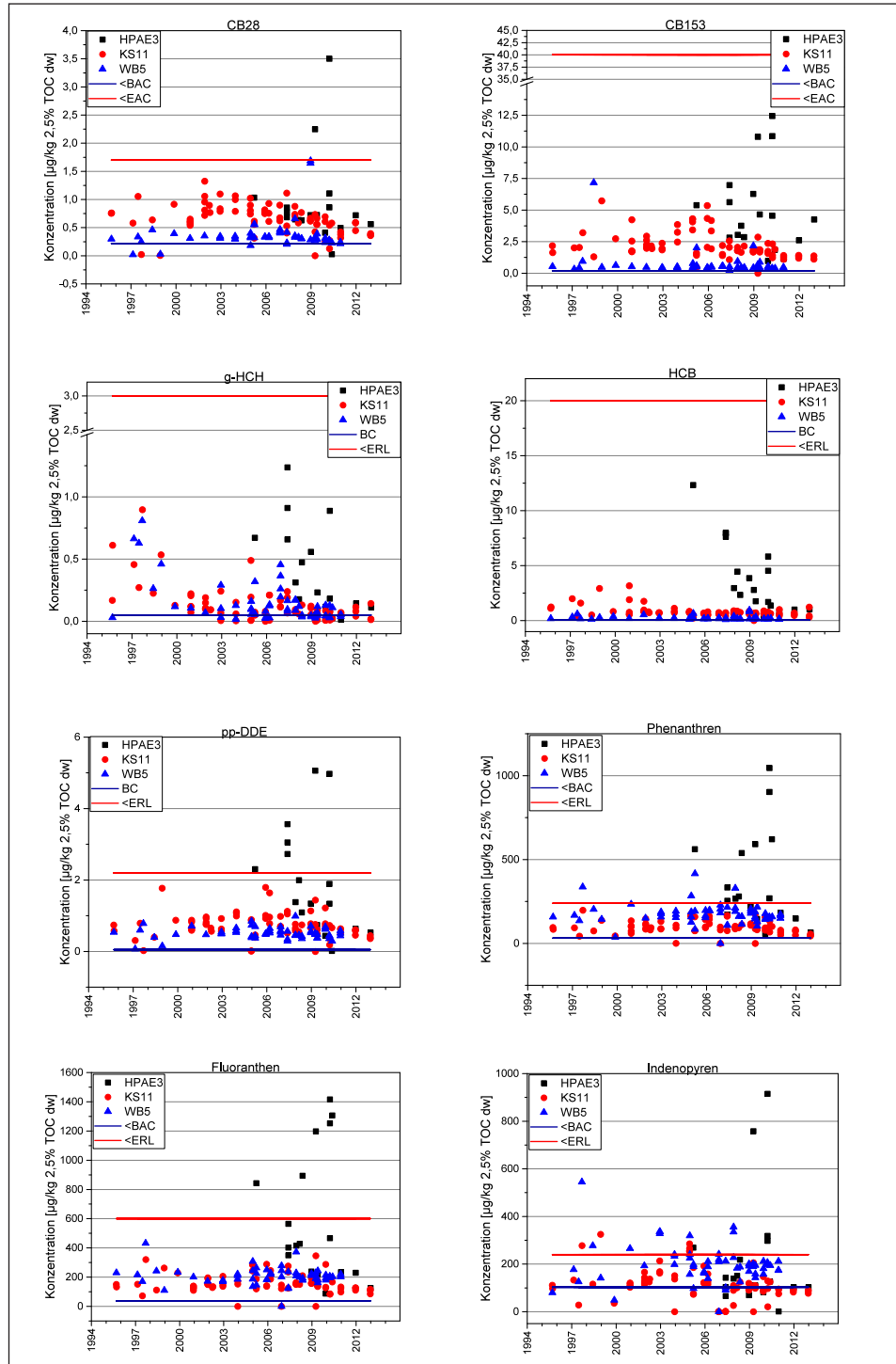


Abb. 29: Zeitliche Trends ausgewählter PCB, Pestizide und PAK in Sedimenten der Stationen HPAE3, KS11 und WB5 für die Jahre 1995–2013 im Vergleich mit der Hintergrundkonzentration (BC) bzw. der Hintergrundbewertungskonzentration (BAC) sowie dem Umweltbewertungskriterium (EAC) bzw. dem Effektbereich niedrig (ERL).

#### 4.5.2 Sedimenttiefenprofile

Neben der Zeitreihenanalyse der langjährigen Monitoring Daten können auch Sedimenttiefenprofile Auskunft über den zeitlichen Verlauf der Belastung liefern. Durch die kontinuierliche Ablagerung von partikulärem Material in das Sediment, stellt die oberste Schicht (0–2 cm) die aktuelle Belastungssituation dar, während tiefere Schichten die Belastung vorangegangener Zeiträume dokumentieren sollten. Das gilt jedoch nur für ungestörte Sedimente, die nicht durch Sturm, Bodenfischerei oder Bioturbation verändert wurden.

Wie auch für die Zeitreihenanalyse wurden Kerne aus dem Gebiet der ehemaligen Klärschlammverklappung (KS 11) sowie einer weiteren schlickreichen Station der Helgoländer Bucht (HESE1), als auch der Weißen Bank (WB 5) mit bis zu einer Tiefe von 30 cm untersucht. Da das Hauptsedimentationsgebiet der Nordsee im Skagerrak liegt, wurden zusätzlich auch zwei Kerne aus dem Skagerrak (St 40, 2005 & 2009) mit Kernen von bis zu 42 cm Tiefe untersucht. Zum Vergleich zur Deutschen Bucht wurde ferner ein Kern aus der Ostsee (J1, 1998) herangezogen. Die Ergebnisse der Konzentrationsverläufe in den verschiedenen Sedimenttiefenprofilen sind in den Abbildungen 30 und 31 dargestellt.

In den Sedimentprofilen der Deutschen Bucht zeigten sich unterschiedliche PCB-Verläufe in Richtung zur Sedimentoberfläche. An der Station KS11 hat das CB153 die höchste Konzentration in der Schicht zwischen 2–4 cm. Die schlickreiche Station HESE1 in räumlicher Nähe zur Station KS11 zeigte jedoch nur eine Erhöhung der PCB Konzentrationen bis zu einer Tiefe von 20 cm. Die darüber liegenden, aktuelleren Schichten zeigten eine PCB-Konzentrationsabnahme.

Für das g-HCH und das HCB ist an beiden Kernen der Helgoländer Bucht kein eindeutiger Trend feststellbar. Das pp-DDE, als Metabolit des DDT, zeigt in den oberen Sedimentschichten der Station KS11 zwischen 0–10 cm eine deutliche Konzentrationsabnahme im Vergleich zu den tieferen, d. h. älteren, Sedimentschichten. Der Erfolg der Beschränkungen des Insektizids DDT seit 1972 ist also deutlich in den Sedimenttiefenprofilen sichtbar.

Die Konzentrationen der Pestizide und PCB sind im Sedimenttiefenprofil der Station WB5 deutlich niedriger als an den Stationen der Helgoländer Bucht. Auch an dieser Station ist eine Abnahme der PCB mit Verringerung der Schichttiefe, also ein mit der Zeit abnehmender Trend, feststellbar. Die Konzentration des g-HCH liegt nahe der Bestimmungsgrenze und hat eine homogene Verteilung über alle Tiefenschichten hinweg. Ähnlich homogen ist die Verteilung



des HCB. Für das pp-DDE ist aufgrund der hohen Variabilität kein Trend vorhanden.

Wie bereits bei der zeitlichen Betrachtung über mehrere Jahre zu sehen (Ausnahme Station HPAE3), ist die CKW Konzentrationen in den Sedimentkernen der Deutschen Bucht an allen Stationen und Schichten unterhalb des ERL\* (effect range low), was auf einen akzeptablen Zustand des Sediments deutet.

Im Vergleich der Sedimentkerne zwischen Deutscher Bucht, Skagerrak und Ostsee ist eine deutlich bessere Schichtung der Kerne im Skagerrak und der Ostsee erkennbar. An den Kernen aus dem Skagerrak ist eine eindeutige Konzentrationserhöhung des pp-DDE bis zu einer Schichttiefe von –20 cm, mit anschließender Abnahme der Konzentration im oberflächennahen Sediment zu sehen. Ein ähnlicher Konzentrationsverlauf mit einer Konzentrationsabnahme in den oberen 15 cm Sediment ist auch für die PCB und das HCB zu sehen. Die oberen 15 cm Sediment repräsentieren also die Sedimentierung seit ca. 1985, der Regelung der Anwendung von PCB haltigen Stoffen. Auch in der Ostsee ist die Abnahme der Konzentration mit Beginn der Beschränkungen des DDT und der PCB sichtbar. Während im Skagerrak alle Pestizide und PCB Konzentrationen unterhalb der ERL Kriterien liegen, lagen die pp-DDE Konzentrationen in der Ostsee in zwei Schichten deutlich über diesem Kriterium. Der Zustand war daher zeitweise nicht akzeptabel. Dank der Regelungen liegen die Konzentrationen in den oberen Sedimentschichten wieder unterhalb des ERL Kriteriums.

Wie bereits in der Zeitreihenanalyse zu sehen, zeigte sich auch in den Sedimenttiefenprofilen eine deutliche Belastung mit den höher molekularen PAK, wie Benz-ghiperlylen oder dem Indenopyren. Trotz einer Abnahme der I123P Konzentration in den oberen 10 cm des Sedimentkerns der Station KS11 liegen die Konzentrationen in allen Schichten oberhalb des ERL, was eine eindeutige Belastung des Sediments bedeutet.

---

\* Für Substanzen, für die kein EAC verfügbar ist, kann die Bewertung auch auf Grundlage der von der US Umweltbehörde (EPA) genutzten ERL (effect range low) Kriterien erfolgen.

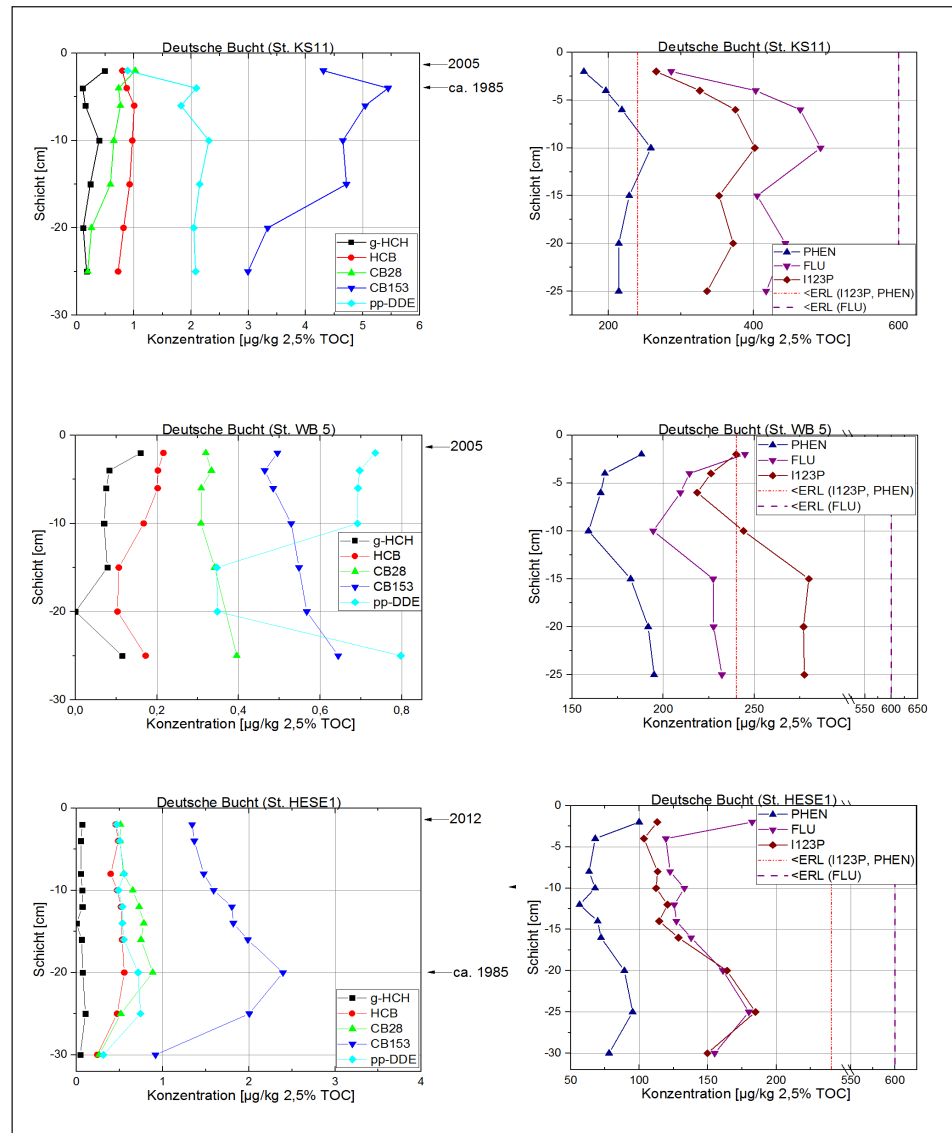


Abb. 30: Konzentration ausgewählter PCB, Pestizide und PAK, normiert auf 2,5 % TOC in Sedimentschichten der Deutschen Bucht (KS11–2005, WB 5–2005 & HESE1–2012).

Ein ähnlicher Konzentrationsverlauf des I123P ist auch in den Kernen aus Skagerrak, Ostsee und HESE1 zu sehen. Die Konzentrationen im Skagerrak lagen bis auf die obersten 4 cm des Sedimentes ebenfalls oberhalb des ERL Kriteriums. An den Kernen der Ostsee und HESE1 liegen die Konzentrationen an I123P unterhalb des ERL. Für den Sedimentkern der Weißen Bank ist kein eindeutiger Trend für die PAK erkennbar. Die I123P Konzentrationen liegen in den obersten 6 cm Sediment unterhalb des ERL Kriteriums.

Der Rückgang der PAK Konzentration in den oberen Schichten ist ermutigend und vermutlich das Ergebnis des Einsatzes moderner Abgasreinigungssysteme. Da noch nicht alle Sedimente einen akzeptablen Zustand haben, sondern deutlich mit den höher molekularen PAK belastet sind, sollten diese Indikator-Substanzen auch zukünftig weiter überwacht werden.

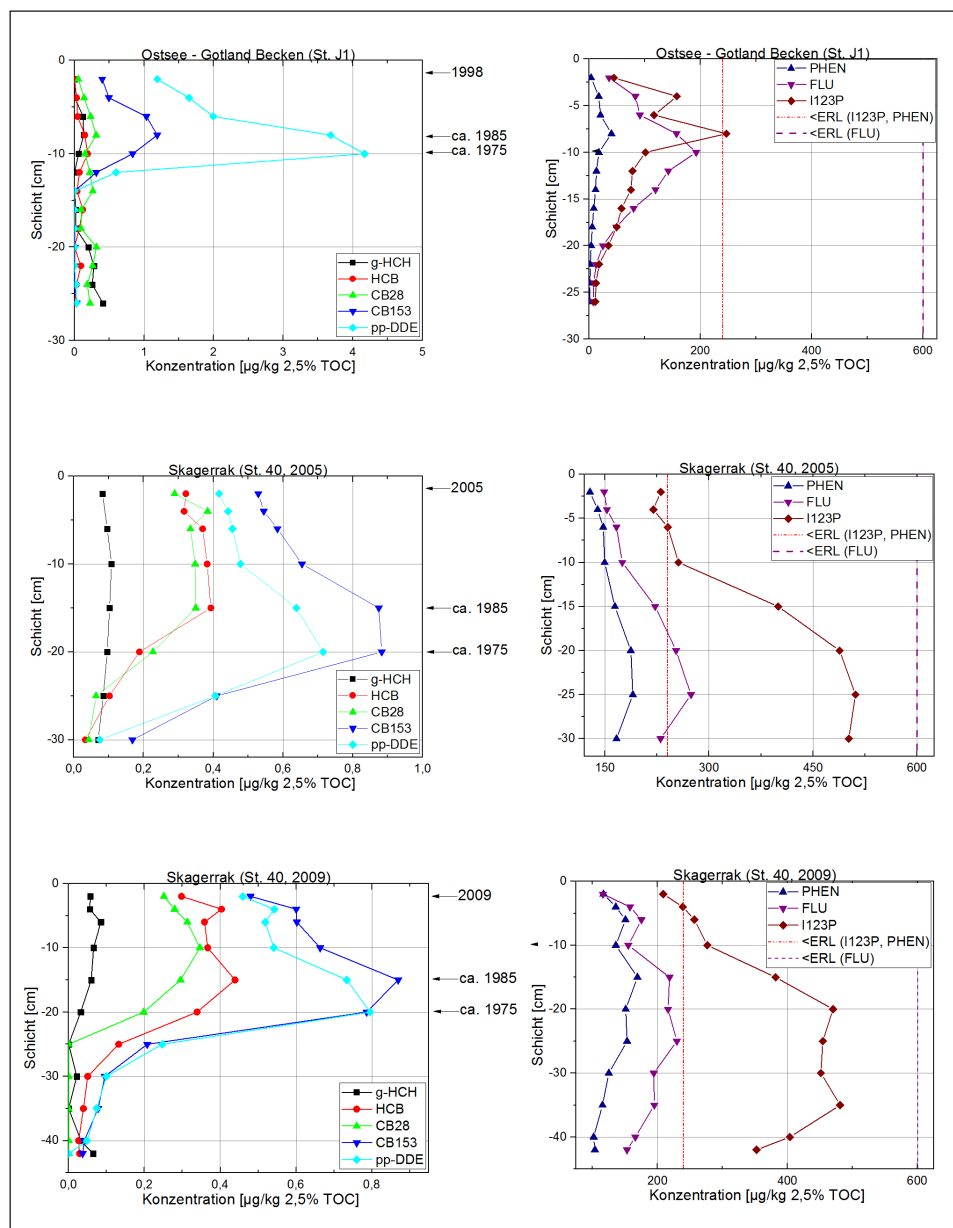


Abb. 31: Konzentration ausgewählter PCB, Pestizide und PAK, normiert auf 2,5% TOC in Sedimentschichten der Ostsee (1998) und dem Skagerrak (2005 & 2009).



*Fazit:*

Vergleicht man die Ergebnisse aus der langjährigen Zeitreihenanalyse der Oberflächensedimente (Kap. 4.5.1) mit denen aus den Tiefenprofilen (Kap. 4.5.2), so sind leichte Vorteile bei der Bewertung der Tiefenprofile festzustellen. Obwohl in der Deutschen Bucht auch diese noch wegen der Bioturbation und der geringen Wassertiefe eine recht hohe Variabilität aufweisen, ist diese oft geringer als die der Zeitreihen, so dass Zeittrends anhand von Tiefenprofilen verlässlicher erscheinen.

#### 4.6 Verteilungsmuster zwischen Sediment und Schwebstoffen

Da Schwebstoffe eine wichtige Transportphase im Wasser und Quelle des organischen Materials im Sediment darstellen, werden im Folgenden Verteilungsmuster zwischen Sediment und Schwebstoffen an einem Probensatz von unterschiedlichen Sediment-TOC-Gehalten zwischen < BG und 17 mg/g (ES1, L1, UE15 und KS11) betrachtet.

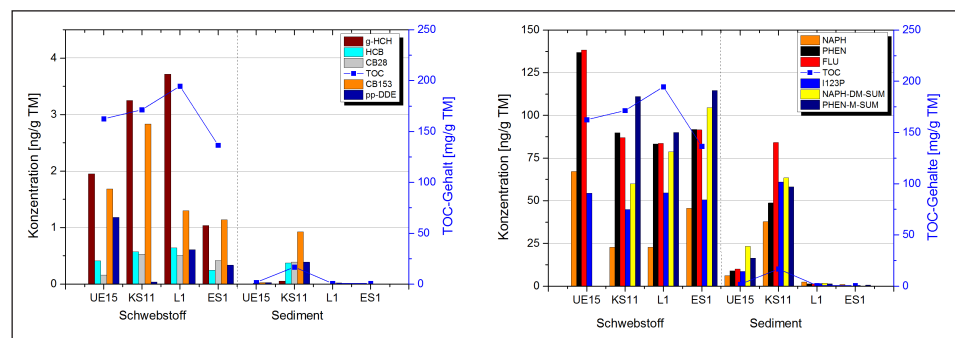


Abb. 32: Schadstoffkonzentrationen von ausgewählten CKW und PAK in Schwebstoffen und Sedi-  
menten der Jahre 2011/2012 (bez. auf TM).

Die Schwebstoffproben wurden überwiegend im Frühjahr und Sommer (Mai bis Anfang September) gewonnen und enthalten daher einen bedeutsamen Anteil an Biomasse (Plankton), was analytisch als TOC erfasst wird. Wie aufgrund ihres hohen Anteils an TOC zwischen 60 und 195 mg/g zu erwarten, sind in den Schwebstoffen meist deutlich höhere Schadstoffkonzentrationen (bez. auf TM) als in den Sedimenten zu finden (Abb. 32). Ausnahme bildet die TOC-reiche Station KS11 im ehemaligen Klärschlammverklappungsgebiet (KS11), bei der die höchsten Schadstoffkonzentrationen einiger Substanzen, wie dem pp-DDE, Naphthalin und Indenopyren im Sediment vorliegen. Auch die Konzentrationen der anderen untersuchten Substanzen liegen zwischen Sediment und Schwebstoffen nur maximal einen Faktor von 3 auseinander und sind ein Indiz für den starken Schadstoffeintrag durch die ehemalige Verbringung von Klärschlamm an der Station KS11.

Besonders deutlich wird der Unterschied in der Schadstoffverteilung zwischen Sediment und Schwebstoff bei Stationen von Sedimenten mit sehr geringem TOC (ES1, L1), bei denen 75–750 fache höhere CKW-Konzentrationen und 10–600 fache höhere PAK-Konzentrationen in den Schwebstoffen vorliegen. Der TOC reiche Schwebstoff stellt, vor allem im Frühsommer (Beprobung), eine Haupteintragsquelle des organischen Materials in das Sediment dar und führt bei Mischung mit Sedimenten dort zu einer Erniedrigung der Schadstoffkonzentration bez. auf TOC (bzw. einer Erhöhung bez. auf TM). Bei der Betrachtung

Die auf TOC-normierten Schadstoffgehalte nivelliert sich die CKW Konzentration zwischen Schwebstoffen und Sediment sehr stark (Abb. 33). Mit Ausnahme des polaren g-HCH liegen die auf TOC bezogenen CKW-Konzentrationen in den Schwebstoffen sogar meist unterhalb der entsprechenden Sedimentkonzentrationen. Bei den PAK ist dieser Effekt sogar noch deutlicher. Das zeigt, dass die Quelle der PAK im Sediment nicht nur aus schwebstoffbürtigem Material stammt. Die Verteilung der auf den TOC normierten Schadstoffe, insbesondere der PAK, in den Schwebstoffen ist zwischen den Stationen relativ homogen. Der PAK Eintrag in den Schwebstoffen ist diffus und kann daher nur bedingt lokalen Quellen zugeordnet werden. Bei den PAK muss allerdings noch berücksichtigt werden, dass ein verstärkter Eintrag im Winter stattfindet (höherer Verbrauch fossiler Brennstoffe). Hier können evtl. auch die Konzentrationen in den Schwebstoffen anders ausfallen – ebenso sind im Winter geringere TOC-Werte zu erwarten.

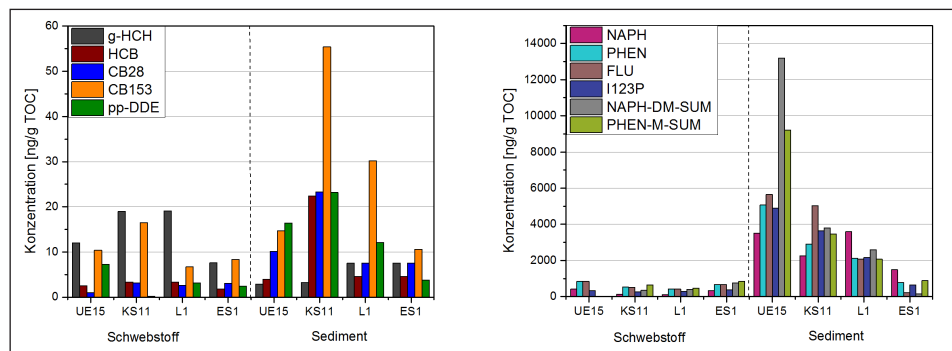


Abb. 33: TOC-normierte CKW und PAK Konzentrationen in Schwebstoffen und Sedimenten der Jahre 2011/2012.

Eine Sonderstellung weist das im Vergleich zu den anderen betrachteten Substanzen hydrophilere g-HCH, mit einem  $\log K_{ow}$  von 4,14, welches sich in allen Gebieten deutlich stärker an den Schwebstoffen als an die Sedimente bindet. Substanzen mit einem niedrigen Oktanol – Wasser Verteilungskoeffizienten wie das g-HCH korrelieren schlechter mit den TOC-Gehalten der Sedimente ( $R = 0,68$ ) als Substanzen mit höheren  $\log K_{ow}$  Werten wie das CB 153 ( $\log K_{ow} = 7,75$ ;  $R = 0,86$ ). Der TOC-Gehalt der Schwebstoffe korreliert generell schlechter mit den Schadstoffen als der TOC-Gehalt des Sediments. Es ist zudem eine umgekehrte Korrelationsverteilung zu beobachten. Das CB 153 mit hohem  $\log K_{ow}$  korreliert mit einem Korrelationskoeffizienten von  $R = 0,52$ , während das g-HCH mit niedrigerem  $\log K_{ow}$  einen Korrelationskoeffizienten von  $R = 0,66$  zeigt.

Die Verteilung zwischen Schwebstoffen und Sedimenten ist also nicht allein durch den TOC-Gehalt, sondern auch durch die physiko-chemischen Eigenschaften der Schadstoffe, ihrer Eintragspfade sowie der Verweildauer beeinflusst.



## 5 Zusammenfassung

Anhand langjähriger Monitoringdaten organischer Schadstoffe wird die Belastungssituation in den Sedimenten der Nordsee dargestellt. Die wesentlichen Faktoren, die die Schadstoffverteilung im Sediment bestimmen, sind:

1. Sedimenteigenschaften, wie der TOC-Gehalt
2. physiko-chemische Eigenschaften der Schadstoffe
3. Eintragspfad und -quellen

Aufgrund der großen Bindungsaffinität zwischen organischen Kohlenstoffverbindungen (TOC) und unpolaren Schadstoffen ist die räumliche Schadstoffverteilung stark durch den TOC-Gehalt im Sediment bestimmt. Dadurch werden die Gebiete mit hohen TOC-Gehalten, die parallel auch einen hohen Feinkornanteil aufweisen, gleichzeitig zu Gebieten mit hohen Schadstoffgehalten; dies sind die Gebiete der zentralen DB um die „Weiße Bank“ (WB-Stationen), die Stationen im Elbe-Ästuar, insbesondere wo Klärschlamm aus Hamburg verklappt worden ist (KS-Stationen) und eine Station vor Sylt (SSL). Während die erhöhten Schadstoff-Gehalte in den Sedimenten der Elbnahen Stationen auch auf direkte Schadstoff-Einträge aus der Elbe zurückgeführt werden können, zeigen die Stationen vor Sylt sehr deutlich den dominierenden Einfluss des TOC-Gehaltes auf: die Stationen L1 und SSL weisen trotz räumlicher Nähe und somit ähnlicher Schadstoffquellen sehr unterschiedliche Schadstoffkonzentrationen auf. Der Unterschied ist durch Schlickanreicherung bedingt, die bei der Station SSL nach der Sandentnahme erfolgte, was wiederum zu einer vielfach höheren Schadstoffkonzentrationen geführt hat. Bei Bezug auf den TOC nivellieren sich die höheren Schadstoffkonzentrationen und liegen im gleichen Konzentrationsbereich. Die Stationen im Gebiet der „Weißen Bank“ weisen eine bemerkenswerte Anreicherung an PAK im Vergleich zu den übrigen Schadstoffen auf, deren Ursache noch nicht eindeutig erklärt werden kann, denkbar wäre z. B. ein Einfluss durch die Schifffahrt oder von Öl-Förderplattformen. Allerdings bilden sedimentierte Partikel aus Verbrennungsrückständen die Hauptquelle der PAK in der Deutschen Bucht.

Die **Zeitreihenanalysen** zeigen, dass Konzentrationsänderungen der hier untersuchten „klassischen“ Schadstoffe im Untersuchungszeitraum (1994 bis 2013) bei hoher Variabilität meist sehr gering waren. Besonders hoch war die Variabilität der PAK Daten, sodass ein Trend für diese Substanzgruppe nicht feststellbar ist. Nur für Lindan (g-HCH) wurde eine signifikante Abnahme der Konzentration bis in die Größenordnung des Hintergrundwertes in der Deutschen Bucht beobachtet. Eine Änderung der Konzentration ließ sich zudem bei lokalen Eintragspfaden, wie z. B. der Ausbringung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen, beobachten. In dem Gebiet der Baggergutverbringung (HPAE3) wurde ein temporärer Belastungsschwerpunkt ermittelt, wobei sich die lokale Belastung



nach Beendigung der Verbringung wieder deutlich verringerte. Die Sedimenttiefenprofile zeigen über die Zeitreihenanalyse hinaus den Erfolg der Regulierungen von Schadstoffen. Insbesondere der Rückgang der PCB und DDT Verbindungen konnte über die Sedimentkernanalyse erstmalig dokumentiert werden. Auffallend ist, dass die Konzentrationen der höher aromatisierten PAK sowohl in den Sedimentkernen als auch in den Daten der Zeitreihe das obere Bewertungskriterium (ERL) zeitweise deutlich überschreiten. Dies stellt ein mögliches Potenzial negativer biologischer Auswirkungen dar und sollte auch zukünftig intensiv beobachtet werden.

Die Schwebstoffe zeigen aufgrund ihrer hohen TOC-Gehalte im Vergleich zum Sediment deutlich höhere CKW- und PAK-Konzentrationen (bez. auf Trockenmasse) auf und stellen als Hauptquelle des organischen Materials einen wichtigen Eintragspfad in das Sediment dar. Die räumliche Verteilung der Schadstoffkonzentrationen ist dabei relativ homogen. Die Verteilung der Schadstoffe zwischen Sediment, Schwebstoff und Wasserphase ist abhängig von der Polarität der Schadstoffe und deren Verteilungskoeffizienten zwischen Wasser und Sediment. Normiert auf den TOC-Gehalt zeigt das hydrophile Hexachlorcyclohexan in den Schwebstoffen deutlich höhere Konzentrationen als im Sediment, während die unpolaren Stoffe umgekehrt im Sediment höhere Werte aufweisen.

## 6 Ausblick

Aus den dargestellten Ergebnissen und Erfahrungen der langjährigen Umweltuntersuchungen lassen sich einige Folgerungen zur Optimierung für das zukünftige Monitoring herleiten.

Das Stationsnetz sollte anhand der Schadstoff-Konzentrationen und Sedimentcharakteristischer Eigenschaften (Korngrößenverteilung, TOC-Gehalte) bzgl. Redundanzen optimiert werden; z.B. könnte die Station WB5 repräsentativ für das Gebiet der weißen Bank beprobt und die Überwachung der Stationen UE74, UE55, UE26, WB20 und WB1 zeitlich stark ausgedünnt werden. Ebenso könnten im „Entenschnabel“ die Stationen UE70, Ente2, UE68 durch UE67 repräsentiert werden. Erweitert werden sollte das Netz durch 2 bis 3 Stationen im Gebiet des Austerngrundes in der westlichen Deutschen Bucht, da hier bisher nur wenige Daten für die Station UE57 vorliegen, andererseits das Interesse an Sedimentdaten durch die geplanten Offshore-Windparks (OWP) sehr groß ist. Die geplanten OWP sollten auch als Grundlage für eine generelle Lückeanalyse herangezogen werden.

Bei den zeitlichen Trenduntersuchungen sollte aufgrund der beobachteten, teils geringen Änderungen, die Untersuchungsstrategie überdacht werden. Die jährlichen Untersuchungen könnten z. B. – in Anlehnung an die Strategie in den Bundesländern – zugunsten einer Beprobung alle 2 bis 3 Jahre verändert werden, dann sollte jedoch durch eine Mehrfachbeprobung und Sedimentkernuntersuchungen versucht werden, die lokale Variabilität der Probenahmen zu reduzieren. Bei neuen Schadstoffen oder neuen Quellen sollte die Beprobungsfrequenz allerdings beibehalten werden.

Das bisherige Schadstoffspektrum sollte erweitert werden, da inzwischen zahlreiche neuartige Problemstoffe wie z. B. alternative Flammenschutzmittel (PBDE), Weichmacher, Biozide und Pestizide in die Umwelt eingetragen werden, die bisher nicht im Sedimentmonitoring berücksichtigt werden. Neben Stoffen, die ubiquitär verwendet werden, sollten insbesondere neuartige Substanzen, die aufgrund der verstärkten Nutzung der deutschen AWZ durch Offshore-Aktivitäten (siehe Abbildung 1) eine potenzielle Belastung der Sedimente darstellen können, untersucht werden – wie z. B. Weichmacher und andere Begleitstoffe aus Geotextilien, Farben und Lacken sowie Antifouling- und Korrosionsschutzmittel. Die generellen Erkenntnisse der bisher betrachteten klassischen Schadstoffe können bei der Beurteilung und Bewertung des Umweltverhaltens der neuen Stoffe anhand ihrer chemischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften genutzt werden.

Für sehr sandige Proben mit einem TOC-Gehalt von  $< 0,5$  mg/g stößt die gegenwärtige Methodik an ihre Grenzen und die Präzision ist entsprechend geringer.

Eine Verbesserung der Methodik könnte durch Siebung und Analyse der Feinkornfraktion  $< 63 \mu\text{m}$  erfolgen (Brockmeyer et al., in Vorbereitung). Ob dieses etwas aufwändigere Verfahren in der Routine angewendet werden sollte, ist zu diskutieren: einerseits besteht der größte Teil des Untersuchungsgebietes der DB aus sandigen Oberflächensedimenten, andererseits haben die bisherigen Untersuchungen gezeigt, dass diese sandigen Sedimente nur sehr gering durch Schadstoffe belastet sind und dadurch ihre ökologische Bedeutung entsprechend geringer ist. Allerdings ist noch nicht abschließend geklärt, ob nicht gerade der höher belastete Feinkornanteil im Sediment eine entscheidende ökologische Bedeutung durch eine größere Bioverfügbarkeit aufweisen könnte.

### **Danksagung**

Unser besonderer Dank gilt Helmut Dora, Dagmar Häger und Heidi Gall-Rebe, durch deren ausgezeichnete und über Jahre konstant sorgfältige Arbeiten bei der Probennahme, Probenbearbeitung und Durchführung der Analysen die dargestellten Ergebnisse erst möglich geworden sind.

## 7 Literatur

Brockmeyer, B., Niehus, N. C., Witt, G. (in Vorbereitung). Distribution of hydrophobic organic contaminants in the marine sediment-porewater system.

Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Picard, C., Garrigues, P. (1997) Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine Chemistry* 58, 85–97.

Burgess, R. M., Ryba, S. A., Cantwell, M. G., Gundersen, J. L. (2001) Exploratory analysis of the effects of particulate characteristics on the variation of partitioning of nonpolar organic contaminants to marine sediments. *Water Research* 35, 4390–4404.

Gschwend, P. M., Hites, R. A. (1981) Fluxes of the polycyclic aromatic compounds to marine and lacustrine sediments in the northeastern United States. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45, 2359–2367.

Law, R. J. (2014) An overview of time trends in organic contaminant concentrations in marine mammals: Going up or down? *Marine Pollution Bulletin*, 82, 7–10.

Loewe, P., Klein, H., Weigelt-Krenz, S., (Eds.) (2013) System Nordsee – 2006 & 2007: Zustand und Entwicklungen. *Berichte des BSH*, Nr. 49, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 2013.

OSPAR Commission (2009) Agreement on CEMP Assessment Criteria for the QSR 2010. Nr.: 2009/461.

OSPAR Commission (2014) Levels and trends in marine contaminants and their biological effects – CEMP Assessment report 2013. *Monitoring and Assessment Series*.

Theobald, N., Loewe, P. (2009) Organische Stoffe. In: Loewe, P. (Ed.) *System Nordsee – Zustand 2005 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen*. *Berichte des BSH*, Nr. 44, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock.

Theobald, N. (2011) Emerging Persistent Organic Pollutants in the Marine Environment in *Persistent Pollution – Past, Present and Future*. In: M. Quante et al. (Eds.), DOI 10.1007/978-3-642-17419-3\_19, Springer, 365–381.



## 8 Anhang

---



- A1 Methodik Sedimentanalytik**
- A2 Cluster-Analyse**
- A3 Tabellen**



## A1 Datenmaterial und besondere Stationen

### 1. Probenahme

Die Probenahme mariner Sedimente wird auf seegängigen Schiffen mit Geräten unterschiedlicher Größe und Bauart durchgeführt. Auf definierten Probenahmestationen wird das Sedimententnahmegesetz an einem Serendraht auf den Meeresgrund herabgelassen und sticht dort einen Sedimentkern oder -quader aus. Die Größe des Sedimentkerns hängt von der Art des Probenahmegerätes sowie der Bodenbeschaffenheit ab. In der Regel ist die maximale Beprobung nur bis ca. 40 cm Sedimenttiefe mit den eingesetzten Probenahmegeräten möglich und nötig, da tiefer kaum anthropogene Schadstoffe nachzuweisen sind. Für die Entnahme von Oberflächensedimenten wird vornehmlich der kleine Kastengreifer (Reineck-Greifer) eingesetzt, da dieser Edelstahlkasten spezieller Konstruktion es ermöglicht, kontaminationsfrei und reproduzierbar marine Oberflächensedimente zu entnehmen. In weichen Sedimenten mit hohem Schlickanteil kann auch ein Gemini-Corer eingesetzt werden. Dies ermöglicht die Datierung der Sedimente in vertikalen Schichten. Die Sedimentproben werden in Aluminiumschalen überführt und bis zur weiteren Probenbearbeitung bei  $-18^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

### 2. Aufbereitung, Extraktion und chromatographische Vorreinigung mariner Sediment- und Schwebstoffproben

Die tiefgefrorene Sedimentprobe wird aufgetaut und bei Raumtemperatur für 72 h in einer Clean-Bench getrocknet. Zum Homogenisieren werden die getrockneten Proben in einer Planetenkugelmühle bei 150 rpm (Retsch „PM 400“) gemahlen.

Zur gemahlene Probe (5,0–25,0 g Sediment; 0,5 g–1,0 g Schwebstoff) wird 0,5 g aktiviertes Cu-Pulver, 15–50 ml des Hexan-Aceton-Gemisches (1:1 v/v), sowie ein interner Standard hinzugegeben. Das gefüllte Becherglas wird in einem großen druckstabilen Teflonbecher im Ofenraum der Mikrowelle bei  $120^{\circ}\text{C}$  und 800 Watt extrahiert. Nach der Extraktion wird das Probenextrakt bei 2500 U/min 10 Minuten zentrifugiert und der Überstand in ein Büchiglas™ dekantiert. Danach erfolgt das Einengen am Parallelverdampfer ( $45^{\circ}\text{C}$  Heiztemperatur,  $12^{\circ}\text{C}$  Kühltemperatur, 200 U/min Rotationsgeschwindigkeit, schrittweise auf 200 hPa) (BÜCHI, Syncore, Schweiz) bis zu einem Volumen von 1 ml. Zum Entfernen des restlichen Acetons wird 2 mal mit je 2 ml n-Hexan aufgefüllt und wiederum auf 1 ml eingengt.

Die Aufreinigung erfolgt mittels Säulenchromatographie mit desaktiviertem Kieselgel. Nach Aufgeben der Analysenprobe wird mit 15 ml n-Hexan-Dichlorme-



than-Gemisch (3:1 v/v) eluiert. Das Eluat wird am Parallelverdampfer auf ca. 0,3 ml, anschließend in einem Vial im Stickstoffstrom auf 200 µL eingengt.

Die weitere HPLC-Aufreinigung erfolgt mittels GPC (isokratische Trennung mit 100 % Tetrahydrofuran, Fluss: 1 ml/min, Temperatur: 35 °C) mit Fluoreszenzdetektion (Excitation 364 nm, Emission 418 nm) wobei das Probeneluat im Zeitfenster 10–17 Minuten mit einem Fraktionssammler aufgefangen wird. Das Eluat wird erneut am Parallelverdampfer auf ca. 0,3 ml eingengt, mit 200 µL Wiederfindungs-Standard (CB78 100 ng/ml) aufgefüllt und anschließend im Stickstoffstrom auf 200 µL Endvolumen eingengt. Der so erhaltene Probenextrakt kann mit GC-MS vermessen werden.

**Verfahrensblindwert:** Ein nur mit Lösemittelgemisch befülltes Becherglas wird wie eine Probe extrahiert und aufgearbeitet.

### 3. Analysen – Konzentrationsbestimmung organischer Schadstoffe in Extrakten aus Sediment- und Schwebstoffproben\*

Die Analyse der PAK erfolgte mittels eines Gaschromatographs CP-3800, gekoppelt mit einem Varian 1200 Quadrupol MSMS (beide Varian Associates, Sunnyvale, USA), ausgestattet mit einem Autosampler CTC GC PAL (CTC Analytics AG, Zwingen, Schweiz). Als Trennsäule wurde eine Varian Factor Four Capillary Column VF-5ms mit 30m Länge, 0,25mm ID und 0,25 µm Filmdicke (Varian Associates, Sunnyvale, USA) verwendet. Das Trägergas war Helium 5.0 (Linde, Hamburg, Germany), die Flussrate betrug 1 ml/min. Die Injektion erfolgte split/splitlos, das Injektionsvolumen betrug 2 µL. Die chromatographische Trennung begann mit einer Temperatur von 60 °C für 0,2 min., bevor sie mit einer Geschwindigkeit von 5 °C/min auf 100 °C erhöht und für 0,1 min. konstant gehalten wurde. Der letzte Schritt war eine Temperaturerhöhung auf 320 °C mit einer Rate von 3,5 °C/min. und einer abschließend konstant gehaltenen Temperatur für 4 min. Die Injektion erfolgte mittels Kaltaufgabesystem mit einer Starttemperatur von 60 °C, gefolgt von einem Anstieg mit 10 °C/s auf 280 °C. Diese Temperatur wurde bis zum Ende der Datenaufnahme gehalten. Die Temperaturen von Transfer-Line, Ionenquelle und Quadrupol waren wie folgt: Transfer-Line: 275 °C; Ionenquelle: 250 °C; Quadrupol: 40 °C. Die Quantifizierung der Analyten erfolgte mittels interner Isotopenmarkierter Standards. Die MS-Parameter sind in Tabelle A1 aufgeführt.

\* Die Parameter und Methodik entspricht der Messung von Passivsammlerextrakten (U. R. Kraus, R. Gunold, A. Paschke, N. Theobald (2013) Prüfung und Validierung der Einsatzmöglichkeiten neuartiger Passivsammler für die Überwachung prioritärer Schadstoffe unter der WRRL, der MSRL und im Rahmen von HELCOM und OSPAR, Umweltbundesamt)

Tabelle A1: Massenspektrometrische Parameter zur Bestimmung von PAK mittels GC-MS/MS.

Analyt	Vorläufer-Ion [m/z]	Produkt-Ion [m/z]	Dwell Time [sec]	Kollisionsenergie [V]
ACY	152,3	152,3	0,200	20
ACE	153,8	152,0	0,100	20
ANT	178,0	178,0	0,133	20
BAA	228,0	228,0	0,100	20
BBF	252,0	252,0	0,100	20
BGHIP	276,0	276,0	0,133	20
BAP	252,0	252,0	0,100	20
CHRTR	228,0	228,0	0,100	20
DBAHA	278,0	278,0	0,133	20
FLU	201,9	201,9	0,070	20
FL	166,2	165,0	0,100	20
I123P	276,0	276,0	0,133	20
PHEN	178,0	178,0	0,133	20
PYR	201,9	201,9	0,070	20
ACE-D10	164,0	162,1	0,100	20
ANT-D10	188,1	188,1	0,133	20
BEP-D12	264,1	264,1	0,100	20
BGHIP-D12	288,1	288,1	0,133	20
FLU-D10	212,0	212,0	0,070	20

Die Bestimmung der CKW erfolgte mittels eines GC CP3800, gekoppelt mit Massenspektrometer Saturn 2000 (beide Varian Associates, Sunnyvale, USA), ausgestattet mit einem Autosampler CTC GC PAL (CTC Analytics AG, Zwingen, Schweiz). Als Trennsäule wurde eine HT 8 mit 0,22 mm ID, 25 m Länge und 0,22 µm Filmdicke (SGE Analytical Science, Milton Keynes, UK) verwendet, der eine unbelegte, desaktivierte Vorsäule von 2–5 m Länge mit 0,53 mm ID (Agilent, Waldbronn, Deutschland) vorgeschaltet wurde. Das Trägergas war Helium 5.0 (Linde, Hamburg, Germany), die Flussrate betrug 1,3 ml/min. Die Injektion erfolgte split/splitlos (Splitöffnung nach 3 min.), das Injektionsvolumen betrug 2 µL. Die chromatographische Trennung begann mit einer Temperatur von 90 °C für 1 min, bevor sie zunächst mit einer Geschwindigkeit von 10 °C/min auf 170 °C erhöht wurde, um dann mit 3 °C/min auf 290 °C zu steigen. Die Endtemperatur wurde für 40 min konstant gehalten. Die Injektion erfolgte mittels Kaltaufgabesystem mit einer Starttemperatur von 90 °C, gefolgt von einem Anstieg mit 5 °C/s auf 250 °C. Diese Temperatur wurde bis zum Ende der

Datenaufnahme gehalten. Die Trap-Temperatur betrug 200 °C, die Manifold-Temperatur 80 °C und die Transfer-Line-Temperatur 280 °C. Die axiale Modulation der Ion-Trap betrug 4,1 V.

Die Quantifizierung der Analyten erfolgte mittels interner Standards. Die MS-Parameter sind in Tabelle A2 aufgeführt.

Tabelle A2: Massenspektrometrische Parameter zur Bestimmung von CKW, mittels GC-MS/MS.

Analyt	Vorläufer-Ion [m/z]	Produkt-Ion [m/z]	Excitation Storage Level [m/z]	Dissoz.- Energie [V]	Scan- Bereich [m/z – m/z]
PCB 28	256,0	186,0	100	0,7	182–187
PCB 52	292,0	256,9	100	0,5	256–258
PCB 101	325,9	291,0	150	0,7	290–374
PCB 118	325,9	256,0	150	0,9	255–257
PCB 138	360,0	325,0	150	0,6	199–326
PCB 153	360,0	325,0	150	0,6	199–326
PCB 180	394,0	358,9	175	0,6	358–360
DDT	235,0	200,0	100	0,5	199–326
DDD	235,0	200,0	100	0,5	199–326
DDE	318,0	246,1	140	0,5	245–278
HCB	283,8	213,9	125	1,1	182–250
HCHA	218,8	182,8	100	0,4	182–250
HCHB	218,8	182,8	100	0,4	182–187
HCHG	218,8	182,8	100	0,4	182–187
TCN	266,0	231,0	120	1,2	230–232
HCHE	218,8	182,8	100	0,4	182–187
CB185	394,0	358,9	150	0,6	358–360
DDT-D8	243,1	208,0	100	0,5	199–326

## A2 Cluster-Analyse

Um zu überprüfen, ob bei den teilweisen Beschränkungen auf wenige Leitsubstanzen Informationen verloren gegangen sind, wurde der gesamte Datensatz mittels hierarchischer Clusteranalyse untersucht. Die Analyse erfolgt auf rein mathematischer Basis, für die dabei gefundenen Gruppierungen werden anschließend plausible Erklärungen (örtlicher oder zeitlicher Art) gesucht. Ziele der Analysen waren:

- Ermittlung räumlicher Belastungsschwerpunkte und der Identifizierung von Gebieten mit ähnlichen Schadstoffkonzentrationen und -mustern;
- Vergleich der Stationen der Deutschen Bucht mit benachbarten Seegebieten;
- Untersuchung auf Auffälligkeiten in den Schadstoff-Mustern bez. der Probenahmestandorte.

Für die Identifizierung von Ähnlichkeiten und Unterschieden der Probenahmestationen untereinander bzw. zwischen und innerhalb der verschiedenen Beprobungsgebiete bietet das Verfahren der hierarchischen Clusteranalyse ein geeignetes Mittel zur Strukturierung des Datensatzes. Mit dieser Methode werden „Entfernungen“ zwischen Variablen eines Datensatzes berechnet und miteinander verglichen. Geringe Entfernungen zwischen den Variablen indizieren Ähnlichkeiten, während große Abstände Unterschiede in den gefundenen Mustern aufzeigen. Dies ermöglicht es, Gruppierungen mit ähnlichen Eigenschaften innerhalb eines Datensatzes in Form von Clustern zu erstellen, welche sich mit Hilfe des Dendrogramms graphisch darstellen lassen. Die Berechnung der Cluster erfolgt mit der Software OriginPro 9G.

### **Clusterstufe 1: alle Daten (Identifizierung von Gebieten mit Belastungsschwerpunkten)**

Für eine räumliche Differenzierung der Schadstoffverteilung wurden zunächst die Werte aller Stationen aus „Deutscher Bucht“, „Nordmeer“, „Nordsee“ und „Ostsee“ einer Cluster-Analyse unterzogen. Die Analyse des Gesamtdatensatzes zeigt eine ähnliche unsymmetrische Struktur wie die summarische Betrachtung in Kap. 4.3. Während ein Großteil der Stationen in einem Cluster mit sehr geringen Schadstoffkonzentrationen zusammenfällt, wird der Rest der Proben in sieben deutlich unterschiedliche Cluster getrennt. Dabei zeigte sich, dass alle Ostsee-Proben sich in diesen Clustern befinden. Die organischen Schadstoffe in der Ostsee weisen alle recht hohe Konzentrationen auf, besonders in der Kieler und der Pommerschen Bucht (Station 710A und 710) und separieren mit den höchsten Konzentrationswerten der Deutschen Bucht von

Station KS11 und HPAE3 von dem Großteil (95%) der Proben. Besonders gut ist die Separierung anhand der CKW. Die Centroiden und die wichtigsten Eigenschaften des CKW-Cluster sind in Tabelle A3 zusammengefasst. Bei der Analyse mit den PAK wurde eine ähnliche Auftrennung erzielt, die jedoch nicht ganz so scharf die Ostseeproben von den höher konzentrierten DB-Proben separierte (Tab. A4).

Die Gründe für die Unterschiede der Ostseeproben im Vergleich zu den Proben aus Nordsee, Nordmeer und Deutsche Bucht liegen unter anderem in der Sedimentcharakteristik. Wie bei den Stationen KS11 und HPAE3 in der Deutschen Bucht, deren Schadstoffkonzentrationen sich deutlich von den anderen Stationen abheben (Tab. A4), sind auch die Ostseeproben sehr schlickreich. Die Ostseeproben haben die höchsten TOC Gehalte, mit Werten zwischen 30–114 mg/g TM. Damit sind die Konzentrationen teilweise sogar doppelt so hoch wie bei der sehr schlickreichen Station SSL vor der Insel Sylt in der Deutschen Bucht (Kap. 4.3).

Tabelle A3: Centroide unterschiedlicher CKW (ng/g) in den einzelnen Clustern, Anzahl der Proben und prozentualer Anteil je Cluster mit dazugehörigen Stationen der Nordsee (NS), Deutsche Bucht (DB), Ostsee (OS) und Nordmeer.

Cluster	g-HCH	HCB	CB28	CB118	CB153	CB138	CB180	pp-DDE	pp-DDD	Anzahl	%	Station
1	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,02	0,05	0,06	471	95,34	Sonstige
2	0,10	0,56	0,43	0,72	1,96	1,15	0,88	0,73	2,24	15	3,04	KS11, KS8, HP AE3, OS
3	0,03	0,67	0,82	1,05	3,21	2,40	1,93	1,06	4,37	2	0,40	KS11
4	0,02	0,05	0,20	0,48	1,59	0,98	0,58	5,01	7,87	2	0,40	J1/271 + 721 (OS)
5	0,31	3,68	0,32	0,33	1,31	0,96	1,04	1,42	7,30	1	0,20	HP AE3 (DB)
6	< BG	0,37	0,33	1,19	9,35	7,19	4,19	0,00	3,28	1	0,20	710 (OS)
7	< BG	0,26	0,23	3,00	11,94	9,44	6,83	0,00	4,35	1	0,20	710A (OS)
8	0,02	0,05	0,06	2,22	8,38	7,14	4,43	0,06	0,14	1	0,20	KS11 (DB)

Tabelle A4: Centroide unterschiedlicher PAK (ng/g), Anzahl der Proben und prozentualer Anteil je Cluster mit dazugehörigen Stationen der Nordsee (NS), Deutsche Bucht (DB), Ostsee (OS) und Nordmeer.

Cluster	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BaA	BaP	DBahA	I123P	BghiP	Anzahl	%	Stationen
1	72,9	3,9	8,0	24,0	92,0	276	152,5	122,3	64,5	73,4	29,2	134,4	126,9	18	3,8	KS11, 715, HP AE3, Skagerrak (St11, 12 und 40)
2	20,8	4,1	3,7	9,7	60,2	15,5	165,3	142,6	84,1	124,5	50,0	313,4	290,7	4	0,8	Ostsee
3	7,4	0,3	0,6	2,5	11,0	2,3	13,4	11,7	6,6	6,2	3,1	14,3	15,8	449	94,1	Sonstige (NM, NS, DB, OS)
4	38,3	4,1	4,3	23,6	47,6	272,8	100,7	76,5	32,0	29,1	46,3	18,3	51,3	2	0,4	KS8 HP AE3
5	88,6	0,1	2,6	47,0	310,7	6,6	34,6	57,8	9,0	15,6	6,1	11,1	63,6	1	0,2	St53 (NM)
6	131,6	0,2	5,7	29,0	113,2	102,9	238,3	321,9	10,7	9,9	2,2	23,1	38,7	1	0,2	HP AE3
7	92,5	10,1	28,0	45,4	202,1	97,7	261,7	250,6	218,3	301,3	79,8	334,8	321,7	1	0,2	710 (OS)
8	174,0	14,8	59,7	68,7	267,2	160,0	854,2	858,7	446,0	423,9	153,2	801,8	887,3	1	0,2	710A (OS)

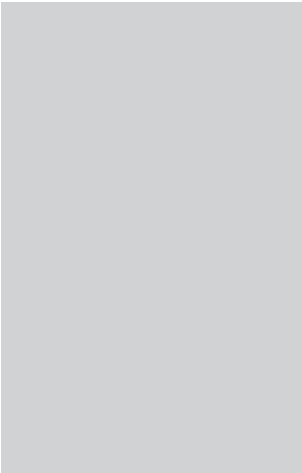
Bei Durchführung der Clusteranalysen aller Stationen mit auf TOC normierten Werten finden sich alle Ostseeproben im Hauptcluster (97,8% der Proben) wieder (Tab. A5). Die vergleichsweise hohen Schadstoffkonzentrationen in der Ostsee sind somit durch die ebenfalls deutlich erhöhten TOC-Gehalte und der Anlagerung der Schadstoffe an den TOC zu erklären. Lokale Besonderheiten qualitativer oder quantitativer Art aufgrund lokaler Eintragsquellen können daraus jedoch nicht abgeleitet werden.

Cluster	Members	Prozent	Stationen
1	464	97,89	Sonstige
2	2	0,42	WB5, WB1
3	1	0,21	UE70
4	2	0,42	HPAE3
5	2	0,42	HPAE3
6	1	0,21	HPAE3
7	1	0,21	HPAE3
8	1	0,21	ES1

*Tabella A5:  
Cluster aller Stationen mit auf TOC  
normierten CKW- und PAK-Werten.*

## **Clusterstufe 2: Daten ohne Ostsee (Gebietsbetrachtung Deutsche Bucht, Nordsee und Nordmeer)**

Um eine weitere räumliche Differenzierung der Gebiete zu erzielen, wurden in einem 2. Schritt der Datensatz ohne die Ostseeproben betrachtet. Die Dendrogramme der gemeinsamen Analyse von Deutsche Bucht (DB), Nordsee und Nordmeer bezüglich ihrer CKW und PAK Verläufe sind in den Abbildungen A1 und A2 gezeigt. Bei der Cluster-Analyse zeigt sich ganz deutlich erneut eine starke Übergewichtung der Proben mit geringen Konzentrationen, die sich im Hauptcluster wiederfinden. Die Stationsgruppierungen der CKW sind dabei recht ähnlich der Stationsgruppierung der PAK, d.h., beide trennen sehr gut die höher konzentrierten Proben aus der DB (HPAE3, KS11 und KS8) von den niedriger konzentrierten Proben ab, die im größten Cluster verbleiben, wie in den Abbildungen A3–A4 und den Tabellen A6–A7 dargestellt. Allerdings werden bei den CKW 97 % in das Hauptcluster gruppiert, während bei den PAK nur 95 % dort zu finden sind. Bei der PAK-Clusterung werden zusätzlich zu den höher konzentrierten Proben aus der Deutschen Bucht, auch die an PAK konzentrierten Proben aus dem Skagerrak (St11, 12 und 40) sowie aus dem Nordmeer (St53) außerhalb des Hauptclusters gruppiert (Abb. A4, Tab. A7).



Während die CKW Konzentrationen bei den Skagerrakproben und der Nordmeerprobe vor der Küste Spitzbergens (ST53) identisch mit den anderen Stationen aus Cluster 1 sind, sind die PAK Konzentrationen deutlich erhöht. Eine mögliche Erklärung ist der räumlich begrenzte hohe Schiffsverkehr im Skagerrak und den damit erhöhten PAK Emissionen, sowie die Kohlevorkommen und -förderung auf Spitzbergen.

Bei Clusterung der auf TOC normierten Konzentrationen befinden sich 97,8 % der Proben im Hauptcluster, was auf dem nivellierenden Effekt der TOC-Normierung beruht (vgl. Kap. 4.3). Deutlich erhöhte Konzentrationen zeigt Station HP AE3 (Tonne E3), an der Baggergut abgelagert wird. Besonders HCB, PCB und die niederkondensierten Aromaten sind um mindestens einen Faktor 10 höher konzentriert als in den restlichen Proben.







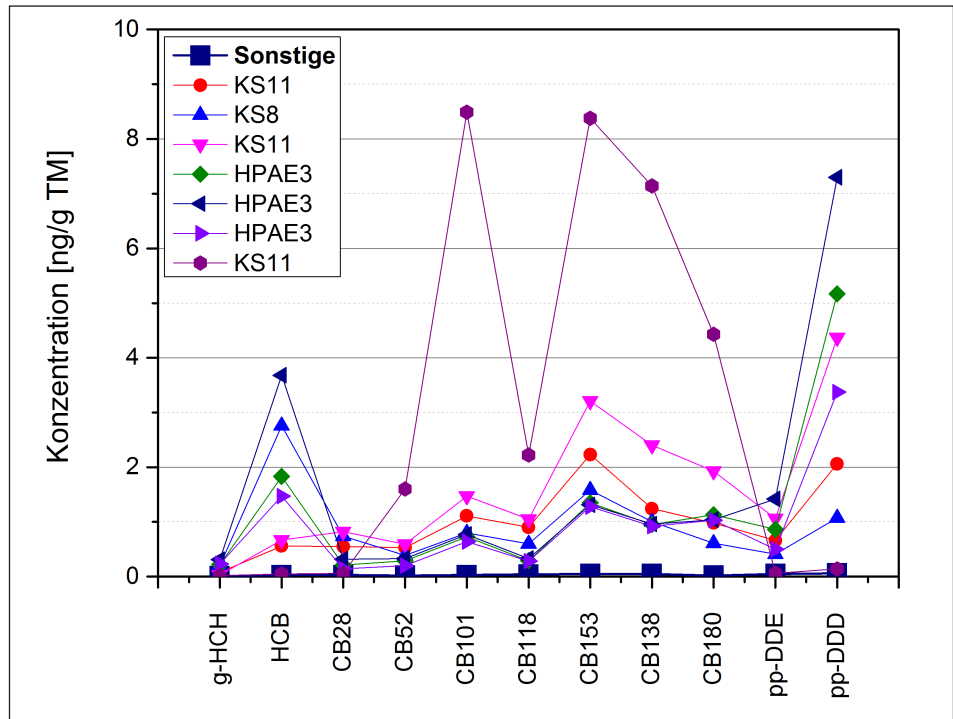


Abbildung A3: Centroide der Cluster für CKW (ohne Ostseeproben).

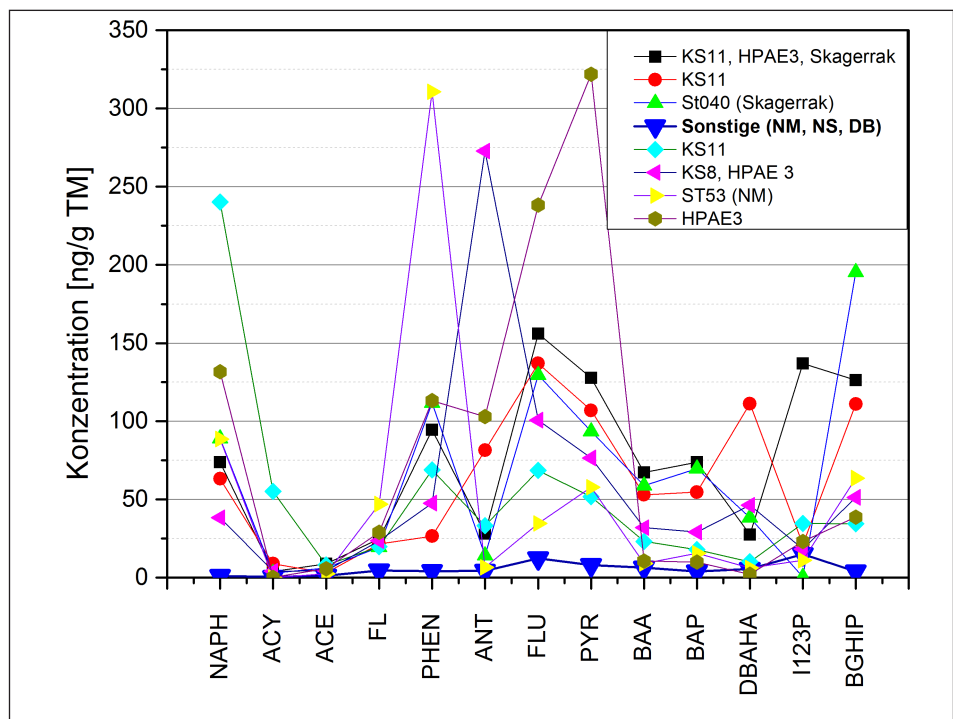


Abbildung A4: Centroide der Cluster für PAK (ohne Ostseeproben).

Tabelle A6: Centroide der CKW (ng/g) in den einzelnen Clustern. Anzahl der Proben und prozentualer Anteil je Cluster mit dazugehörigen Stationen der Nordsee (NS), Deutsche Bucht (DB) und Nordmeer.

Cluster	g-HCH	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	pp-DDE	pp-DDD	Anzahl	%	Stationen
1	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,02	0,05	0,06	469	96,70	Sonstige
2	0,08	0,56	0,55	0,53	1,11	0,90	2,23	1,24	0,98	0,66	2,06	9	1,86	KS11
3	0,20	2,76	0,74	0,39	0,80	0,60	1,58	1,00	0,61	0,41	1,07	1	0,21	KS8
4	0,03	0,67	0,82	0,59	1,47	1,05	3,21	2,40	1,93	1,06	4,37	2	0,41	KS11
5	0,22	1,83	0,21	0,29	0,73	0,29	1,35	0,95	1,13	0,86	5,17	1	0,21	HPAE3
6	0,31	3,68	0,32	0,33	0,77	0,33	1,31	0,96	1,04	1,42	7,30	1	0,21	HPAE3
7	0,23	1,47	0,14	0,20	0,64	0,28	1,28	0,92	1,03	0,50	3,37	1	0,21	HPAE3
8	0,02	0,05	0,06	1,60	8,49	2,22	8,38	7,14	4,43	0,06	0,14	1	0,21	KS11

Tabelle A7: Centroide der PAK (ng/g) in den einzelnen Clustern. Anzahl der Proben und prozentualer Anteil je Cluster mit dazugehörigen Stationen der Nordsee (NS), Deutsche Bucht (DB) und Nordmeer.

Cluster	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BaA	BAP	DBaH	I123P	BghiP	Anzahl	%	Stationen
1	73,8	4,0	8,8	24,9	94,5	28,2	156	127	67,3	73,7	27,5	136	126	15	3,2	KS11, HPAE3, Skagerrak
2	63,2	8,9	3,1	21,6	26,5	81,4	136	106	53,0	54,7	111	21,2	111	1	0,2	KS11
3	88,9	3,0	6,1	19,5	111	14,2	129	93,5	58,8	69,7	38,3	0,4	195	1	0,2	St040 (Skagerrak)
4	1,1	0,5	1,2	4,5	4,1	4,3	12,4	8,0	6,3	4,0	5,5	15,0	4,0	445	95,1	Sonstige (NM, NS, DB)
5	240	55,1	8,1	19,8	68,9	33,3	68,5	51,7	23,1	17,9	10,1	34,6	34,4	2	0,4	KS11
6	38,3	4,1	4,3	23,6	47,6	272	100	76,5	32,0	29,1	46,3	18,3	51,3	2	0,4	KS8, HPAE3
7	88,6	0,1	2,6	47,0	310	6,6	34,6	57,8	9,0	15,6	6,1	11,1	63,6	1	0,2	ST53 (NM)
8	131	0,2	5,7	29,0	113	102	238	321	10,7	9,9	2,2	23,1	38,7	1	0,2	HPAE3

### Clusterstufe 3: Daten ohne Maximalwerte

Im dritten Schritt der Datenanalyse werden wiederum die wenigen Proben mit den höchsten Konzentrationen – also vor allem die Stationen der Klärschlamm- und Baggertgutverbringung – aus dem Datensatz entfernt. Bei Betrachtung der Deutschen Bucht ohne diese stark nutzungsbeeinflussten Stationen (HPAE3, KS11 und KS8) zeigt sich, dass die Stationen der weißen Bank (WB5, WB1, UE20, UE15) vor allem bei den PAK deutlich von den anderen Stationen separieren (Abb. A5 und A6, Tab. A8). Ein eigenes Cluster bildet auch die Station der Sandentnahme vor der Insel Sylt (SSL) aufgrund der nutzungsbedingten Änderung der Sedimenteigenschaften hin zu erhöhter Schlickablagerung. Innerhalb der CKW bilden nur die Stationen WB 5 und SSL eigene Cluster (Abb. A7).

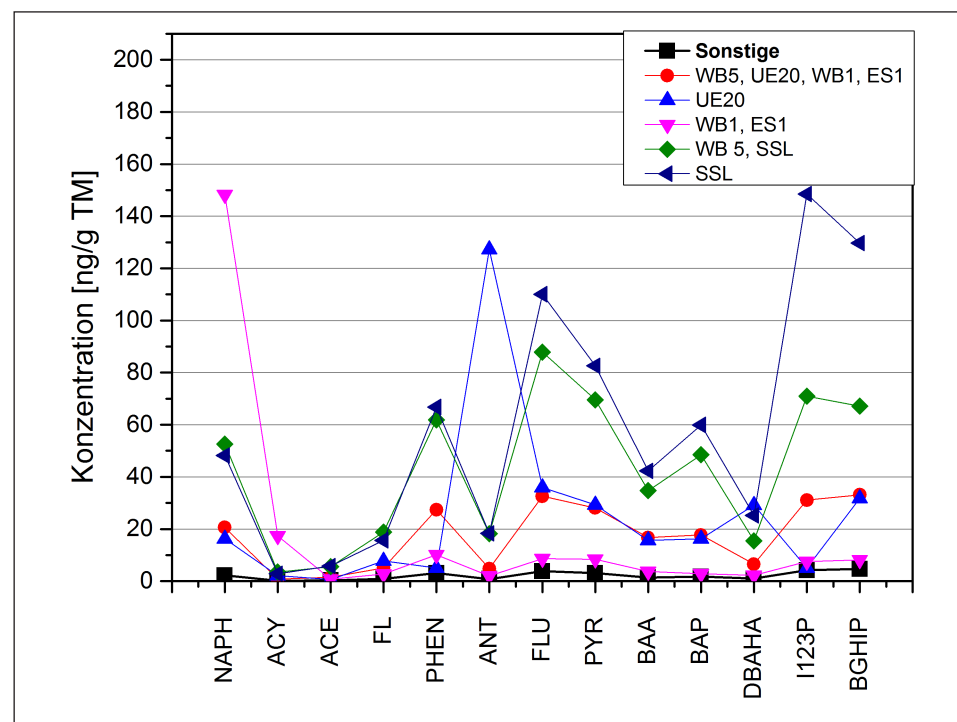


Abbildung A5: Centroide der Cluster für PAK der Deutschen Bucht (ohne KS11, KS8, HPAE3)

Cluster	Anzahl	Prozent	Stationen
1	192	68,82	Sonstige
2	72	25,81	WB5, UE20, WB1, UE15
3	1	0,36	UE20
4	2	0,72	WB1, ES1
5	11	3,94	WB 5, SSL
6	1	0,36	SSL

Tabelle A8: Clusterung der PAK-Werte der Deutschen Bucht (ohne KS11, KS8, HPAE3)



## Methodische Besonderheiten/Methodenkritik

Die Clusteranalysen wurden jeweils getrennt für CKW und PAK durchgeführt. Eine Cluster-Analyse mit den CKW und PAK zusammen ist identisch mit der Verteilung der PAK-Clusterung, da die im Vergleich zu den CKW hohen PAK-Konzentrationen die Clusterung (mathematisch) dominieren.

Die Cluster-Analysen wurden primär mit Daten bezogen auf Trockenmasse (TM) durchgeführt. Bei Clusterung der auf TOC normierten Konzentrationen befinden sich noch mehr Proben (97,8 % des Datensatzes ex-Ostsee) im Hauptcluster, was auf den nivellierenden Effekt der TOC-Normierung beruht (vgl. Kap. 4.3). Neue Aspekte zeigen sich dadurch jedoch nicht.

Durch die unsymmetrische Verteilung der Daten entsteht zunächst auch eine sehr unsymmetrische Clusterung in ein Hauptcluster (größer 95 %) und wenigen, aber sehr unterschiedlichen Proben (Stationen). Die Hauptmenge der Proben wird also nicht weiter differenziert. Erst nach stufenweiser Ausgrenzung der Extreme wird eine weitere Differenzierung der Daten möglich.

Das Vorhandensein von Clustern mit nur einem Mitglied schränkt natürlich die Repräsentanz dieser Probe ein und könnte ein Hinweis auf Ausreißer sein, insbesondere wenn nur eine oder wenige Substanzen diese Singularität verursachen.

Da es aufgrund der unsymmetrischen Verteilung des Datensatzes sehr schwierig ist, probenspezifische Unterschiede in den Substanzmustern der Proben zu finden, wird in einem weiteren Ansatz der Datensatz wie folgt transformiert: bei jeder Probe wird auf die jeweils größte Konzentration/Substanz normiert, die den Wert 100 erhält. Da die CKW wesentlich geringere Konzentrationen aufweisen, werden diese anschließend mit 100 multipliziert. Der so erhaltene transformierte Datensatz wird anschließend einer Cluster-Analyse unterzogen. Dabei wurden zwei Hauptcluster ermittelt (Tab. A9, Abb. A8).

Cluster	Anzahl	Prozent	Stationen
1	242	50,73	DB, NS, NM, Skagerrak
2	233	48,85	DB, Ostsee, Rhein
3	2	0,42	KS11

*Tabelle A9: Clusterung der auf die größte Konzentration der Substanzen normierten Proben*

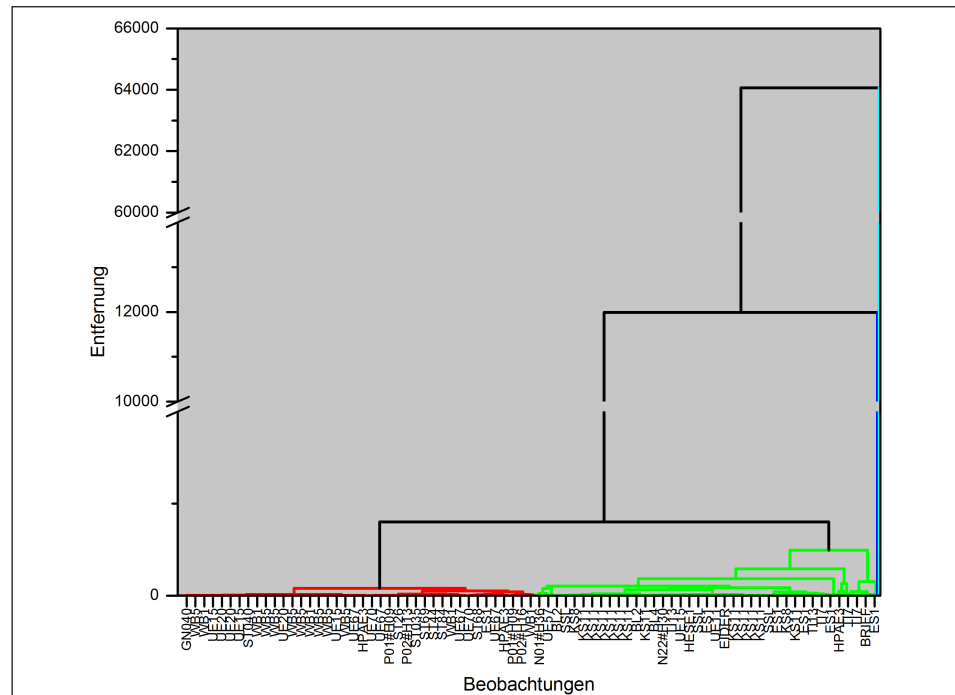


Abbildung A8: Dendrogramm der auf die größte Konzentration aller Substanzen normierten Werte mit Bezug auf die Stationen.

Die in Abb. A9 dargestellten Centroide der Cluster zeigen deutliche Unterschiede in den Komponenten-Mustern der beiden Gruppen. In Cluster 2 befinden sich hauptsächlich die Proben aus den Stationen der inneren Deutschen Bucht (KS8, KS11, HPAE3, HESE, BL4, EIDER), während Cluster 1 die küstenfernen Stationen der Weißen Bank und der Nordsee und des Skagerrak enthält. Ein signifikanter Unterschied ist zunächst bei den PAK zu finden: FLU und PYR nehmen zu Cluster 1 hin deutlich ab. Möglicherweise werden sie durch die Elbe verstärkt in die Deutsche Bucht eingetragen. Der auffallendste Unterschied liegt aber in den höheren CKW-Werten von Cluster 2, was klar auf einen besonderen Eintrag und eine besondere Belastung dieses Gebietes durch CKW hinweist. (Bei der Darstellung ist zu beachten, dass die CKW-Werte mit 100 multipliziert wurden; die CKW-Konzentrationen sind also real 100-mal kleiner als die PAK-Werte!) Gründe für die relativ höheren CKW Werte findet man zum einen in der historischen Belastung des Klärschlammverklappungsgebietes (KS-Stationen) und zum anderen in den jüngeren Sedimentverklappungen auf HPAE3 und im Elbe-Einfluss.



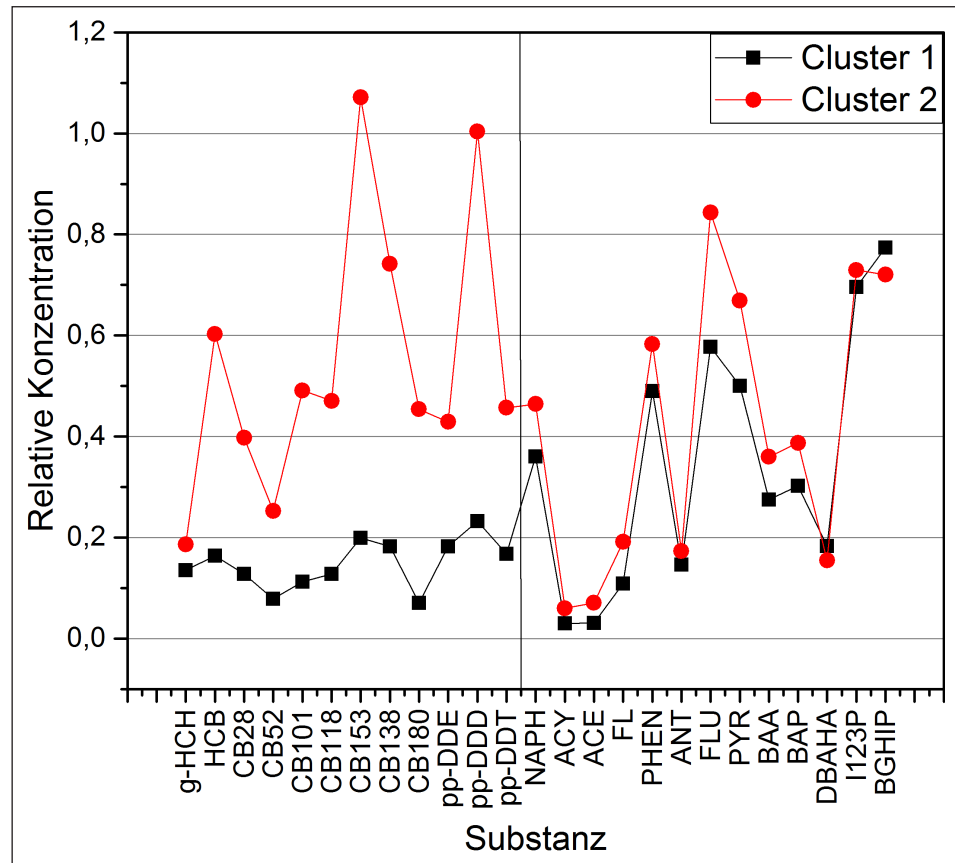


Abbildung A9: Centroide der Hauptcluster der relativen Schadstoff-Konzentrationen (die Konzentrationen der Schadstoffe wurden hierfür in jeder Probe jeweils auf die Substanz mit der größten Konzentration normiert, die CKW wurden anschließend mit dem Faktor 100 multipliziert).

## A3 Tabellen

Tabelle A10: Auflistung der BSH-Monitoringfahrten zur Untersuchung der Schadstoffbelastung im Sediment.

Reisecode	Schiff	Reisebeginn	Reiseende	Reisegebiet
GA241B	GAUSS	11-Jun-94	21-Jun-94	Nordsee
GA251	GAUSS	02-Dez-94	14-Dez-94	Nordsee
GA261	GAUSS	01-Jun-95	01-Jun-95	Nordmeer
GA272	GAUSS	01-Feb-96	01-Feb-96	Deutsche Bucht
GA301	GAUSS	01-Jul-97	01-Aug-97	Deutsche Bucht
GA308	GAUSS	01-Nov-97	01-Nov-97	Deutsche Bucht
GA312	GAUSS	01-Feb-98	01-Feb-98	Deutsche Bucht
GA323	GAUSS	01-Nov-98	01-Nov-98	Deutsche Bucht
GA332	GAUSS	01-Mai-99	01-Mai-99	Deutsche Bucht
GA335	GAUSS	02-Jul-99	22-Jul-99	Nordsee
WH209	WALTHER HERWIG III	01-Aug-99	01-Sep-99	Nord-/Ostsee
GA349	GAUSS	01-Apr-00	01-Apr-00	Deutsche Bucht
GA351	GAUSS	01-Jul-00	01-Jul-00	Deutsche Bucht
WH220	WALTHER HERWIG III	01-Aug-00	01-Sep-00	Nord-/Ostsee
DE45B	DENEB	01-Apr-01	01-Apr-01	Deutsche Bucht
GA367	GAUSS	15-Mai-01	22-Mai-01	Deutsche Bucht
GA371	GAUSS	07-Aug-01	26-Aug-01	Nord-/Ostsee
WH231	WALTHER HERWIG III	01-Aug-01	01-Sep-01	Nordsee
GA383	GAUSS	04-Mai-02	11-Mai-02	Deutsche Bucht
GA387	GAUSS	01-Aug-02	01-Sep-02	Deutsche Bucht/Ostsee
GA392	GAUSS	01-Nov-02	01-Nov-02	Deutsche Bucht
GA402	GAUSS	20-Mai-03	28-Mai-03	Deutsche Bucht
GA405	GAUSS	28-Jul-03	13-Aug-03	Nordsee/England
GA419	GAUSS	18-Mai-04	24-Mai-04	Deutsche Bucht
GA425A	GAUSS	29-Jul-04	05-Aug-04	Deutsche Bucht
GA440	GAUSS	25-Mai-05	05-Jun-05	Deutsche Bucht
GA446A	GAUSS	10-Aug-05	29-Aug-05	Nordsee

*Tabelle A10 (Fortsetzung): Auflistung der BSH-Monitoringfahrten zur Untersuchung der Schadstoffbelastung im Sediment.*

Reisecode	Schiff	Reisebeginn	Reiseende	Reisegebiet
GA446B	GAUSS	29-Aug-05	05-Sep-05	Nordsee
AT143	ATAIR	15-Mai-06	23-Mai-06	Deutsche Bucht
GA463A	GAUSS	02-Aug-06	18-Aug-06	Nordsee
GA463B	GAUSS	20-Aug-06	30-Aug-06	Deutsche Bucht
GA465	GAUSS	04-Okt-06	14-Okt-06	Deutsche Bucht
AT150	ATAIR	15-Mai-07	25-Mai-07	Deutsche Bucht
PE273	PELAGIA	03-Aug-07	26-Aug-07	Nordsee
AT155	ATAIR	30-Okt-07	04-Nov-07	Deutsche Bucht
HE281	HEINCKE	31-Okt-07	10-Nov-07	Deutsche Bucht
AT160	ATAIR	14-Mai-08	22-Mai-08	Deutsche Bucht
PE293B	PELAGIA	06-Aug-08	14-Aug-08	Deutsche Bucht
LA2008	L'ATALANTE	21-Okt-08	28-Okt-08	Deutsche Bucht
AT170	ATAIR	27-Mai-09	05-Jun-09	Deutsche Bucht
PE311A	PELAGIA	20-Aug-09	11-Sep-09	Nordsee
PE311B	PELAGIA	11-Sep-09	20-Sep-09	Deutsche Bucht
PK2009	POURQUOI PAS?	02-Nov-09	11-Nov-09	Deutsche Bucht
AT180	ATAIR	18-Mai-10	27-Mai-10	Deutsche Bucht
PE323B	PELAGIA	24-Aug-10	04-Sep-10	Deutsche Bucht
CE1017	CELTIC EXPLORER	02-Nov-10	10-Nov-10	Deutsche Bucht
AT190	ATAIR	24-Mai-11	02-Jun-11	Deutsche Bucht
DE119	DENEB	29-Mai-12	07-Jun-12	Deutsche Bucht
CE1211B	CELTIC EXPLORER	30-Aug-12	09-Sep-12	Deutsche Bucht
AT209	ATAIR	30-Mai-13	07-Jun-13	Deutsche Bucht

Tabelle A11: Probenahmestationen mit Probenanzahl und Koordinaten.

Station	Breite	Länge	Anzahl	Gebiet
BL2	54,2248	8,3804	7	Deutsche Bucht
BL4	54,2500	7,7999	13	Deutsche Bucht
BRIFF	53,6750	6,4167	1	Deutsche Bucht
EIDER	54,2251	8,3830	7	Deutsche Bucht
ENTE2	55,7667	4,2500	2	Deutsche Bucht
ES1	53,7760	6,4992	19	Deutsche Bucht
HESE1	54,1174	7,9570	7	Deutsche Bucht
HPAE3	54,0515	7,9662	19	Deutsche Bucht
JMP#H44	54,3600	7,5205	1	Deutsche Bucht
KS11	54,0662	8,1298	78	Deutsche Bucht
KS8	54,0327	8,2088	22	Deutsche Bucht
L1	55,0502	8,2014	19	Deutsche Bucht
L2	55,0588	8,1667	3	Deutsche Bucht
SSL	54,9149	8,1622	14	Deutsche Bucht
TI13	54,3791	7,5941	10	Deutsche Bucht
TI19	54,3333	7,5833	5	Deutsche Bucht
TI7	54,4167	7,7083	4	Deutsche Bucht
UE11	54,2425	7,5008	2	Deutsche Bucht
UE15	54,5001	6,4998	20	Deutsche Bucht
UE18	54,5008	7,9992	2	Deutsche Bucht
UE20	54,9996	6,5080	20	Deutsche Bucht
UE26	54,7500	6,5000	2	Deutsche Bucht
UE28	54,5000	8,1992	2	Deutsche Bucht
UE33	54,2006	8,2006	3	Deutsche Bucht
UE55	55,2500	6,0000	3	Deutsche Bucht
UE57	54,2500	6,0000	2	Deutsche Bucht
UE67	55,3043	4,4998	17	Deutsche Bucht
UE68	55,4833	4,5000	3	Deutsche Bucht
UE70	55,7588	4,1178	13	Deutsche Bucht
UE74	55,5000	5,7500	2	Deutsche Bucht
WB1	54,8385	6,5826	21	Deutsche Bucht
WB5	55,0979	6,4866	63	Deutsche Bucht
ST20	61,5000	4,0000	1	Nordmeer
ST26	66,5000	10,0000	1	Nordmeer
ST27	66,5000	5,0000	1	Nordmeer
ST34Z	73,7230	13,2605	1	Nordmeer
ST36	71,0000	18,0000	1	Nordmeer
ST39	71,7500	25,0000	1	Nordmeer
ST41	71,0000	32,0000	1	Nordmeer

Tabelle A11 (Fortsetzung): Probenahmestationen mit Probenanzahl und Koordinaten.

Station	Breite	Länge	Anzahl	Gebiet
ST43	71,0000	40,0000	1	Nordmeer
ST44	72,5000	40,0000	1	Nordmeer
ST46	74,0000	35,0000	1	Nordmeer
ST48	73,5000	25,0000	1	Nordmeer
ST53	76,4167	15,5500	1	Nordmeer
ST56A	77,7733	6,8167	1	Nordmeer
ST62	70,0250	-15,1117	1	Nordmeer
ST63	67,5000	-20,0000	1	Nordmeer
ST67	68,0000	-15,0000	1	Nordmeer
ST68	67,0000	-12,5000	1	Nordmeer
ST69	66,0000	-10,0000	1	Nordmeer
ST70	65,0000	-10,0000	1	Nordmeer
ST83	59,0000	-1,0000	1	Nordmeer
ST84	58,0000	-2,0000	1	Nordmeer
ST90	56,0000	2,0000	1	Nordmeer
D01#H12	55,3115	3,7252	1	Nordsee
H01#H29	54,2147	0,3515	1	Nordsee
N04#H35	54,7742	2,0313	1	Nordsee
N04#H38	54,4322	2,3670	1	Nordsee
N06#H17	56,3832	-2,0225	1	Nordsee
N06#H22	56,3815	-2,0202	1	Nordsee
N06#H30	56,3235	-2,1335	1	Nordsee
N11#H02	55,6282	7,0655	1	Nordsee
N11#H04	55,5243	7,1522	1	Nordsee
N22#H35	53,6827	1,7295	1	Nordsee
NOR1#H25	60,1157	1,9002	1	Nordsee
NOR4#H22	61,1970	1,8680	1	Nordsee
NOR5#H24	61,2047	1,8448	1	Nordsee
P01#H06	55,4443	5,2133	2	Nordsee
P01#H07	55,4728	5,0469	2	Nordsee
P01#H08	55,5157	5,1022	1	Nordsee
P01#H09	55,4733	5,0456	2	Nordsee
P01#H10	55,5237	5,1062	1	Nordsee
P01#H12	55,4482	5,1058	1	Nordsee
P01#H13	55,4945	4,9740	1	Nordsee
P01#H14	55,5128	5,1058	1	Nordsee
P01#H15	55,4480	5,2112	1	Nordsee
P02#H11	56,5282	3,3088	1	Nordsee
P02#H12	56,5963	3,2175	1	Nordsee

Tabelle A11 (Fortsetzung): Probenahmestationen mit Probenanzahl und Koordinaten.

Station	Breite	Länge	Anzahl	Gebiet
P02#H13	56,5583	3,0385	1	Nordsee
P02#H14	56,4913	3,1445	1	Nordsee
P02#H16	56,5251	3,3088	2	Nordsee
P02#H17	56,5434	3,1843	2	Nordsee
P02#H18	56,5598	3,2338	2	Nordsee
P02#H19	56,5425	3,1792	2	Nordsee
PG1	53,6800	9,5383	1	Nordsee
ST018	55,0028	0,0013	1	Nordsee
ST020	55,0020	3,9977	1	Nordsee
ST026	55,9977	7,7158	1	Nordsee
ST028	55,9998	5,0015	1	Nordsee
ST029	56,0030	3,0093	1	Nordsee
ST035	57,0018	1,3308	1	Nordsee
ST044	58,0000	1,4937	1	Nordsee
ST045	58,0002	-1,0008	1	Nordsee
ST05	54,0019	8,0986	2	Nordsee
ST06	53,9325	7,8958	2	Nordsee
ST16	58,5000	4,5000	1	Nordsee
ST34	51,5083	0,9800	1	Nordsee
ST35	54,2536	3,8226	2	Nordsee
710A	54,3800	10,1767	1	Ostsee
721K4	54,9167	14,0000	1	Ostsee
B01#H48	54,6803	10,4210	1	Ostsee
B01#H62	54,5480	10,6398	1	Ostsee
J1/271	57,3000	20,0600	1	Ostsee
ST710	54,3900	14,1333	1	Ostsee
ST715	54,0483	10,8333	1	Ostsee
ST718	54,3150	11,5517	1	Ostsee
ST721K4	55,0067	14,0800	1	Ostsee
ST011	52,5100	4,3138	1	Rheindelta
ST012	52,1140	3,7578	1	Rheindelta
ST17	52,1083	4,1925	2	Rheindelta
ST19	52,1650	3,9443	2	Rheindelta
ST040	57,8047	7,9994	2	Skagerrak
ST11	56,7738	8,6783	2	Skagerrak
ST12	57,7500	8,0000	1	Skagerrak
GN040	57,7997	7,9988	1	Skagerrak

Tabelle A12: Summenstatistik von CKW an ausgewählten Stationen (N>6) der Deutschen Bucht bezogen auf Trockenmasse.  
(Konzentrationswerte in ng/g TM)

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
g-HCH	KS11	73	0,065	0,082	1,265	0,003	0,043	0,530
	UE67	16	0,010	0,012	1,159	0,003	0,005	0,050
	WB5	66	0,019	0,026	1,361	0,003	0,011	0,167
	UE20	19	0,055	0,074	1,346	0,005	0,022	0,230
	WB1	20	0,026	0,034	1,294	0,003	0,010	0,125
	UE15	19	0,015	0,015	1,034	0,003	0,007	0,054
	ES1	19	0,009	0,011	1,235	0,003	0,005	0,044
	L1	18	0,009	0,008	0,860	0,003	0,005	0,031
	KS8	21	0,036	0,041	1,164	0,003	0,032	0,196
	UE70	12	0,006	0,006	0,968	0,003	0,005	0,021
	TI13	10	0,012	0,015	1,267	0,003	0,006	0,050
	SSL	13	0,060	0,059	0,977	0,003	0,048	0,228
	BL4	11	0,007	0,005	0,743	0,003	0,005	0,019
	BL2	7	0,015	0,013	0,860	0,003	0,011	0,037
	HPAE3	16	0,072	0,093	1,301	0,005	0,030	0,305
HCB	KS11	74	0,416	0,236	0,568	0,041	0,367	1,360
	UE67	16	0,007	0,010	1,457	0,003	0,005	0,043
	WB5	66	0,038	0,054	1,428	0,012	0,026	0,428
	UE20	19	0,079	0,153	1,939	0,013	0,038	0,693
	WB1	20	0,031	0,046	1,493	0,005	0,014	0,210
	UE15	19	0,011	0,009	0,888	0,003	0,009	0,039
	ES1	19	0,032	0,107	3,398	0,003	0,005	0,473
	L1	18	0,025	0,044	1,768	0,003	0,010	0,191
	KS8	21	0,354	0,574	1,624	0,005	0,237	2,757
	UE70	12	0,024	0,066	2,785	0,003	0,004	0,232
	TI13	10	0,005	0,004	0,771	0,003	0,004	0,014
	SSL	13	0,546	0,149	0,273	0,327	0,555	0,858
	BL4	11	0,022	0,024	1,123	0,003	0,015	0,077
	BL2	7	0,101	0,083	0,818	0,011	0,080	0,218
	HPAE3	16	0,709	0,935	1,319	0,086	0,325	3,679
CB28	KS11	74	0,355	0,194	0,547	0,003	0,343	1,065
	UE67	16	0,006	0,008	1,339	0,003	0,004	0,036
	WB5	66	0,054	0,052	0,950	0,003	0,044	0,368
	UE20	19	0,053	0,024	0,452	0,021	0,047	0,108
	WB1	20	0,032	0,030	0,943	0,003	0,021	0,127
	UE15	19	0,029	0,042	1,446	0,005	0,020	0,199
	ES1	19	0,010	0,011	1,102	0,003	0,005	0,041
	L1	18	0,012	0,013	1,089	0,003	0,005	0,054
	KS8	21	0,183	0,178	0,974	0,003	0,116	0,739
	UE70	12	0,006	0,008	1,310	0,003	0,004	0,030
	TI13	10	0,005	0,003	0,583	0,003	0,005	0,012
	SSL	13	0,434	0,104	0,239	0,252	0,492	0,575
	BL4	11	0,025	0,025	1,006	0,003	0,017	0,083
	BL2	7	0,061	0,039	0,636	0,011	0,047	0,118
	HPAE3	16	0,152	0,088	0,579	0,005	0,137	0,318

Tabelle A12 (Fortsetzung): Summenstatistik von CKW an ausgewählten Stationen (N>6) der Deutschen Bucht bezogen auf Trockenmasse. (Konzentrationswerte in ng/g TM)

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
CB153	KS11	74	1,270	1,084	0,853	0,085	0,952	8,382
	UE67	16	0,007	0,002	0,344	0,003	0,007	0,011
	WB5	66	0,109	0,200	1,835	0,032	0,068	1,316
	UE20	19	0,082	0,025	0,300	0,033	0,082	0,120
	WB1	20	0,055	0,036	0,652	0,005	0,047	0,174
	UE15	19	0,036	0,037	1,028	0,007	0,028	0,184
	ES1	19	0,036	0,074	2,056	0,003	0,009	0,317
	L1	18	0,030	0,016	0,533	0,009	0,025	0,065
	KS8	21	0,488	0,387	0,792	0,048	0,395	1,575
	UE70	12	0,005	0,003	0,574	0,003	0,005	0,012
	TI13	10	0,017	0,008	0,495	0,005	0,017	0,028
	SSL	13	0,940	0,226	0,240	0,593	0,974	1,334
	BL4	11	0,064	0,051	0,794	0,007	0,048	0,166
	BL2	7	0,186	0,122	0,654	0,040	0,171	0,374
	HPAE3	16	0,786	0,374	0,476	0,243	0,824	1,352
pp-DDE	KS11	74	0,383	0,235	0,615	0,005	0,344	1,108
	UE67	16	0,012	0,008	0,646	0,003	0,009	0,024
	WB5	66	0,078	0,054	0,696	0,013	0,073	0,455
	UE20	19	0,074	0,028	0,375	0,005	0,078	0,118
	WB1	20	0,054	0,045	0,826	0,005	0,041	0,210
	UE15	19	0,028	0,028	0,993	0,003	0,026	0,132
	ES1	19	0,011	0,017	1,601	0,003	0,005	0,075
	L1	18	0,013	0,007	0,531	0,003	0,012	0,027
	KS8	21	0,194	0,166	0,855	0,005	0,157	0,616
	UE70	12	0,004	0,002	0,474	0,003	0,003	0,008
	TI13	10	0,005	0,002	0,433	0,003	0,006	0,009
	SSL	13	0,432	0,157	0,364	0,184	0,446	0,776
	BL4	11	0,022	0,018	0,817	0,003	0,020	0,067
	BL2	7	0,076	0,044	0,578	0,018	0,062	0,134
	HPAE3	16	0,348	0,365	1,048	0,003	0,222	1,417



Tabelle A13: Summenstatistik von CKW an ausgewählten Stationen (N>6) der Deutschen Bucht bezogen auf TOC.  
(Konzentrationswerte in ng/g TOC)

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
g-HCH	KS11	74	5,1	6,0	1,2	0,0	3,5	35,9
	UE67	16	11,2	18,3	1,6	1,5	5,0	75,5
	WB5	60	5,6	6,6	1,2	0,6	3,4	32,3
	UE20	19	12,2	14,7	1,2	0,9	5,8	50,0
	WB1	20	8,2	10,3	1,3	0,5	4,2	43,1
	UE15	18	8,9	8,7	1,0	1,2	5,1	31,8
	L1	18	6,9	5,4	0,8	1,9	5,1	22,1
	KS8	21	5,3	6,8	1,3	0,1	3,8	32,5
	ES1	15	9,0	6,4	0,7	1,1	7,5	23,2
	UE70	11	7,8	5,5	0,7	2,7	7,5	23,3
	TI13	10	15,4	13,7	0,9	3,4	12,0	46,7
	SSL	13	2,1	1,9	0,9	0,1	1,6	6,9
	BL4	11	4,2	2,4	0,6	1,0	4,6	8,1
	BL2	7	3,5	1,6	0,5	1,9	3,5	6,5
	HPAE3	16	14,6	15,2	1,0	0,5	7,2	49,5
HCB	KS11	74	32,9	19,5	0,6	9,1	28,3	126,7
	UE67	16	5,8	8,2	1,4	1,5	4,3	36,1
	WB5	60	9,3	6,5	0,7	3,8	7,2	37,4
	UE20	19	20,3	43,7	2,2	4,3	9,3	199,1
	WB1	20	9,5	12,3	1,3	1,5	5,5	56,5
	UE15	18	5,9	4,8	0,8	1,8	4,6	18,8
	L1	18	19,4	33,1	1,7	1,8	7,5	125,7
	KS8	21	31,5	29,9	1,0	3,1	27,7	155,8
	ES1	15	25,2	63,2	2,5	1,1	5,7	248,9
	UE70	11	8,5	9,2	1,1	3,7	5,3	35,5
	TI13	10	6,8	4,0	0,6	2,9	5,4	13,1
	SSL	13	19,6	7,0	0,4	9,5	19,4	31,4
	BL4	11	9,4	4,6	0,5	4,6	8,1	17,9
	BL2	7	23,0	9,7	0,4	9,2	20,3	38,4
	HPAE3	16	138,1	106,9	0,8	13,8	102,4	319,8
CB28	KS11	74	26,6	10,0	0,4	0,2	26,3	53,0
	UE67	16	6,7	12,9	1,9	1,5	2,9	54,3
	WB5	60	14,6	10,6	0,7	0,8	12,8	67,5
	UE20	19	13,5	5,5	0,4	5,5	12,3	31,0
	WB1	20	10,2	7,0	0,7	1,0	9,7	30,7
	UE15	18	12,7	6,0	0,5	4,2	11,1	30,2
	L1	18	8,4	7,9	0,9	2,0	7,0	35,5
	KS8	21	18,8	8,4	0,4	0,3	19,3	41,8
	ES1	15	11,1	14,4	1,3	2,6	7,5	61,9
	UE70	11	6,0	1,9	0,3	2,7	5,6	8,3
	TI13	10	8,0	3,4	0,4	2,9	8,1	12,9
	SSL	13	15,3	4,3	0,3	7,5	16,2	20,8
	BL4	11	11,3	5,0	0,4	5,6	10,2	19,6
	BL2	7	15,1	3,4	0,2	9,2	15,1	20,8
	HPAE3	16	37,4	33,0	0,9	1,1	28,8	140,0

Tabelle A13 (Fortsetzung): Summenstatistik von CKW an ausgewählten Stationen (N>6) der Deutschen Bucht bezogen auf TOC.  
(Konzentrationswerte in ng/g TOC)

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
CB153	KS11	74	116,5	235,5	2,0	18,9	78,1	2084,6
	UE67	16	6,2	2,7	0,4	2,1	6,5	10,6
	WB5	60	27,4	37,3	1,4	9,6	18,7	286,8
	UE20	19	20,9	4,7	0,2	11,8	20,3	31,3
	WB1	20	17,9	8,1	0,5	1,5	19,5	42,0
	UE15	18	17,4	5,2	0,3	8,5	17,1	31,7
	L1	18	22,4	8,7	0,4	7,6	21,4	42,8
	KS8	21	52,1	16,0	0,3	24,3	52,9	89,0
	ES1	15	33,8	49,7	1,5	3,5	13,1	166,8
	UE70	11	10,5	10,1	1,0	2,7	8,3	38,7
	TI13	10	22,9	5,8	0,3	12,5	22,7	32,4
	SSL	13	33,6	10,4	0,3	16,7	34,5	48,1
	BL4	11	31,7	10,5	0,3	18,9	28,9	52,8
	BL2	7	46,8	14,4	0,3	33,6	42,3	68,6
HPAE3	16	206,1	141,4	0,7	38,9	176,1	497,9	
pp-DDE	KS11	74	29,1	13,6	0,5	0,4	27,9	71,7
	UE67	16	9,9	8,1	0,8	2,1	7,9	36,2
	WB5	60	20,5	6,1	0,3	2,9	19,8	39,6
	UE20	19	19,4	7,2	0,4	1,1	18,9	33,0
	WB1	20	17,6	10,3	0,6	1,0	17,0	50,7
	UE15	18	14,6	7,6	0,5	2,9	15,8	30,2
	L1	18	9,8	5,8	0,6	2,0	9,0	29,0
	KS8	21	19,3	7,1	0,4	3,1	20,4	29,3
	ES1	15	11,4	14,1	1,2	2,9	4,2	49,8
	UE70	11	7,2	5,2	0,7	2,7	5,3	19,4
	TI13	10	8,5	4,7	0,6	3,6	7,2	19,2
	SSL	13	15,2	5,9	0,4	7,5	16,0	28,0
	BL4	11	11,4	5,2	0,5	1,2	10,8	20,4
	BL2	7	19,3	2,7	0,1	15,1	20,1	22,8
HPAE3	16	74,8	63,7	0,9	0,5	53,6	202,5	

Tabelle A14: Summenstatistik von PAK an ausgewählten Stationen (N&gt;6) der Deutschen Bucht bezogen auf Trockenmasse (ng/g TM).

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
NAPH	KS11	73	49,5	41,7	0,8	0,1	41,7	245,2
	UE67	16	2,3	2,7	1,2	0,3	1,3	9,8
	WB5	65	22,5	17,0	0,8	5,9	19,3	120,0
	UE20	19	17,3	5,5	0,3	9,1	16,3	31,9
	WB1	20	18,2	31,3	1,7	4,5	8,0	146,5
	UE15	19	5,6	3,3	0,6	0,3	5,1	15,0
	ES1	19	9,6	34,2	3,6	0,1	0,8	150,1
	L1	18	1,4	0,9	0,7	0,3	1,2	3,2
	KS8	21	20,2	13,4	0,7	2,2	18,4	42,6
	UE70	12	1,1	2,6	2,4	0,1	0,3	9,5
	TI13	10	0,6	0,4	0,7	0,1	0,5	1,4
	SSL	13	53,0	17,1	0,3	21,6	48,9	94,2
	BL4	11	3,0	2,4	0,8	0,3	2,3	7,9
	BL2	7	6,1	3,5	0,6	1,2	4,8	11,8
HPAE3	16	45,9	31,1	0,7	5,4	35,1	131,6	
PHEN	KS11	73	51,7	25,1	0,5	0,1	49,2	124,0
	UE67	16	2,5	2,2	0,9	0,1	2,1	10,3
	WB5	65	25,3	11,5	0,5	6,0	23,6	72,0
	UE20	19	25,0	9,1	0,4	5,1	27,0	43,5
	WB1	20	17,6	10,9	0,6	1,9	14,3	49,6
	UE15	19	8,2	4,4	0,5	0,6	7,7	22,1
	ES1	19	3,0	5,6	1,9	0,1	0,9	22,5
	L1	18	1,6	1,0	0,7	0,1	1,3	3,8
	KS8	21	24,6	14,2	0,6	3,1	23,0	49,9
	UE70	12	0,7	1,3	1,8	0,1	0,2	4,6
	TI13	10	1,1	1,3	1,2	0,1	0,7	4,7
	SSL	13	60,9	13,0	0,2	34,8	61,4	78,4
	BL4	11	4,0	3,5	0,9	0,7	2,9	10,6
	BL2	7	9,9	6,0	0,6	1,2	9,5	17,7
HPAE3	16	57,2	32,9	0,6	10,6	61,6	113,2	
FLU	KS11	73	84,7	43,3	0,5	0,1	81,9	222,6
	UE67	16	2,7	1,1	0,4	1,1	2,5	4,7
	WB5	65	31,0	13,7	0,4	9,3	28,4	95,8
	UE20	19	30,9	8,3	0,3	11,8	30,3	46,1
	WB1	20	19,5	9,7	0,5	8,2	15,7	47,1
	UE15	19	10,3	6,3	0,6	3,8	8,9	33,0
	ES1	19	3,5	8,1	2,3	0,1	0,8	34,5
	L1	18	2,3	1,7	0,7	0,6	1,7	6,7
	KS8	21	40,3	28,0	0,7	4,0	37,8	109,8
	UE70	12	0,8	1,1	1,5	0,2	0,5	4,2
	TI13	10	1,0	0,4	0,4	0,3	1,0	1,6
	SSL	13	87,0	18,6	0,2	47,8	86,5	114,5
	BL4	11	5,3	4,7	0,9	1,0	3,7	15,4
	BL2	7	14,6	10,4	0,7	1,8	12,4	31,7
HPAE3	16	96,4	63,8	0,7	11,5	98,9	238,3	

Tabelle A14 (Fortsetzung): Summenstatistik von PAK an ausgewählten Stationen (N>6) der Deutschen Bucht bezogen auf Trockenmasse (ng/g TM).

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
I123P	KS11	73	59,0	42,0	0,7	0,1	54,9	202,4
	UE67	16	5,1	2,5	0,5	0,4	4,7	10,8
	WB5	65	30,8	17,1	0,6	7,9	27,1	114,6
	UE20	19	30,0	13,2	0,4	5,1	30,5	52,1
	WB1	20	19,2	14,0	0,7	2,7	15,3	69,0
	UE15	19	11,4	7,5	0,7	0,8	9,8	34,1
	ES1	19	3,0	7,0	2,3	0,1	0,5	29,8
	L1	18	2,3	1,5	0,7	0,7	1,8	6,1
	KS8	21	30,5	23,0	0,8	3,5	21,5	77,6
	UE70	12	1,3	0,8	0,6	0,1	1,3	2,9
	TI13	10	1,2	0,7	0,6	0,3	1,2	2,6
	SSL	13	71,6	26,0	0,4	45,9	70,8	148,5
	BL4	11	5,4	5,4	1,0	0,9	3,5	16,6
	BL2	7	12,0	9,6	0,8	1,6	11,1	25,5
	HPAE3	16	32,5	25,2	0,8	0,4	22,4	73,5
NAPH-DM-SUM	KS11	23	60,9	27,4	0,5	11,9	61,8	137,7
	UE67	4	4,9	2,6	0,5	3,0	4,0	8,6
	WB5	25	56,4	18,5	0,3	22,7	54,6	104,0
	UE20	4	55,5	12,2	0,2	42,1	55,3	69,1
	WB1	4	30,3	10,1	0,3	18,9	29,5	43,2
	UE15	4	19,1	10,8	0,6	9,0	17,6	32,4
	ES1	4	2,7	3,9	1,5	0,1	1,1	8,6
	L1	4	1,5	0,8	0,5	0,6	1,5	2,5
	KS8	4	46,1	18,7	0,4	25,0	46,2	67,2
	UE70	3	0,4	0,3	0,7	0,1	0,4	0,7
	TI13	0	--	--	--	--	--	--
	SSL	4	88,5	13,2	0,1	74,7	86,7	105,9
	BL4	3	4,1	1,6	0,4	3,0	3,4	5,9
	BL2	0	--	--	--	--	--	--
	HPAE3	12	47,3	24,3	0,5	21,1	38,1	89,7
PHEN-M-SUM	KS11	23	43,8	22,5	0,5	8,2	40,4	120,3
	UE67	4	2,7	1,6	0,6	0,6	3,0	4,2
	WB5	25	30,0	11,1	0,4	9,8	27,0	55,6
	UE20	4	34,3	2,4	0,1	30,7	35,2	35,9
	WB1	4	16,4	2,5	0,2	13,4	16,6	19,0
	UE15	4	10,7	6,4	0,6	2,9	11,8	16,3
	ES1	4	1,5	1,8	1,2	0,6	0,6	4,1
	L1	4	1,0	0,5	0,5	0,6	1,0	1,5
	KS8	4	32,7	19,3	0,6	10,1	32,7	55,1
	UE70	3	0,6	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6
	TI13	0	--	--	--	--	--	--
	SSL	4	61,7	17,4	0,3	44,2	62,2	78,3
	BL4	3	3,0	2,0	0,7	1,6	2,1	5,2
	BL2	0	--	--	--	--	--	--
	HPAE3	12	40,4	25,0	0,6	2,0	47,8	74,5

Tabelle A15: Summenstatistik von PAK an ausgewählten Stationen (N&gt;6) der Deutschen Bucht bezogen auf TOC (ng/g TOC).

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
NAPH	KS11	73	3786,2	2611,3	0,7	3,0	3113,0	17364,7
	UE67	16	2291,3	3615,3	1,6	277,3	1020,3	14768,3
	WB5	59	6286,5	4638,1	0,7	2295,5	5426,1	37928,6
	UE20	19	4534,7	1663,1	0,4	2548,8	4276,3	9758,4
	WB1	20	5924,8	10338,2	1,7	1060,2	3940,6	49154,0
	UE15	18	2994,9	1185,4	0,4	153,4	3131,2	4981,1
	L1	18	1107,8	821,2	0,7	146,2	1116,9	3590,9
	KS8	21	2200,4	861,3	0,4	1029,3	2077,5	5162,3
	ES1	15	16783,3	58076,6	3,5	250,0	1254,3	226579,6
	UE70	11	1689,5	4175,7	2,5	137,4	394,5	14264,2
	TI13	10	830,1	430,9	0,5	128,2	866,1	1350,0
	SSL	13	1872,2	693,8	0,4	831,0	1707,2	3379,7
	BL4	11	1440,4	532,3	0,4	643,4	1422,1	2155,3
	BL2	7	1545,1	258,6	0,2	991,6	1608,5	1789,5
HPAE3	16	12170,0	10610,6	0,9	2698,4	6982,7	35492,3	
PHEN	KS11	73	4063,8	1522,9	0,4	5,0	3724,1	7898,3
	UE67	16	2066,6	1614,6	0,8	120,2	1553,6	6496,9
	WB5	59	7096,3	2330,5	0,3	1480,3	6701,6	16625,2
	UE20	19	6378,8	1881,4	0,3	1474,1	7012,7	8891,4
	WB1	20	5761,0	2869,0	0,5	989,6	6386,3	11985,5
	UE15	18	4391,4	1572,9	0,4	731,7	4845,3	6585,7
	L1	18	1126,6	558,7	0,5	100,8	1076,2	2126,8
	KS8	21	2929,2	1121,4	0,4	1052,5	2805,3	6117,5
	ES1	15	3152,3	4740,3	1,5	147,1	1520,0	16694,4
	UE70	11	1138,7	2075,0	1,8	137,4	403,2	7269,8
	TI13	10	2061,3	3272,8	1,6	208,3	991,3	11190,5
	SSL	13	2159,2	642,4	0,3	1400,0	2040,0	3703,2
	BL4	11	2081,3	1216,5	0,6	680,6	1827,6	5129,0
	BL2	7	2453,7	890,1	0,4	983,2	2425,4	3904,6
HPAE3	16	14555,8	11776,5	0,8	2291,2	10458,7	41810,9	
FLU	KS11	73	6590,2	2531,0	0,4	5,0	6004,3	13852,2
	UE67	16	2246,7	897,1	0,4	1025,2	2052,1	4143,4
	WB5	59	8423,4	2054,3	0,2	4382,1	8234,4	17283,3
	UE20	19	7881,3	1493,3	0,2	5505,0	7916,2	10928,6
	WB1	20	6386,1	2032,1	0,3	2573,4	6802,6	11379,2
	UE15	18	5434,3	1376,1	0,3	2865,2	5598,1	9231,7
	L1	18	1658,3	949,8	0,6	467,7	1406,5	4407,9
	KS8	21	4452,0	1769,5	0,4	2351,6	4334,0	10751,2
	ES1	15	2916,9	4937,8	1,7	226,4	1008,9	18173,7
	UE70	11	754,7	516,1	0,7	226,4	659,6	1716,4
	TI13	10	1520,2	619,8	0,4	735,6	1538,3	2690,5
	SSL	13	3071,1	789,4	0,3	1685,4	2992,2	4110,3
	BL4	11	2616,5	1062,6	0,4	1366,3	2374,8	4863,4
	BL2	7	3529,0	1277,4	0,4	1470,6	3481,5	5589,1
HPAE3	16	23527,1	18532,0	0,8	3510,4	16604,9	56649,7	

Tabelle A15 (Fortsetzung): Summenstatistik von PAK an ausgewählten Stationen (N&gt;6) der Deutschen Bucht bezogen auf TOC (ng/g TOC).

Leitsubstanz	Station	N gesamt	Mittel- wert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient	Minimum	Median	Maximum
I123P	KS11	73	4676,2	2705,9	0,6	5,0	4403,9	13003,9
	UE67	16	4169,8	1677,3	0,4	423,1	3954,1	6768,8
	WB5	59	8160,5	3110,9	0,4	1953,2	7792,6	21786,7
	UE20	19	7423,2	2264,1	0,3	1459,8	7795,4	11892,2
	WB1	20	6091,8	3150,4	0,5	1414,5	5744,6	16671,5
	UE15	18	5855,6	2366,6	0,4	963,4	5589,8	11730,8
	L1	18	1637,5	665,8	0,4	486,8	1512,7	2881,0
	KS8	21	3542,0	1814,0	0,5	834,5	3353,9	9268,9
	ES1	15	2584,1	4494,6	1,7	147,1	649,1	15684,2
	UE70	11	2309,0	1296,4	0,6	649,1	2234,0	4677,4
	TI13	10	1648,8	675,2	0,4	550,0	1678,9	2700,0
	SSL	13	2566,5	1057,7	0,4	1169,8	2484,9	5358,7
	BL4	11	2578,1	1192,8	0,5	1076,2	2359,2	4640,0
	BL2	7	2776,5	1176,6	0,4	1327,7	2551,1	4502,6
HPAE3	16	8915,0	10193,9	1,1	39,9	4732,6	36600,5	
NAPH-DM-SUM	KS11	23	4702,1	1432,1	0,3	2411,7	4664,9	8566,3
	UE67	4	4214,5	1915,2	0,5	2044,8	4090,3	6632,5
	WB5	19	17306,7	2205,0	0,1	12454,4	16861,6	21718,8
	UE20	4	14674,0	5332,8	0,4	9495,5	14029,8	21140,7
	WB1	4	9768,3	4633,4	0,5	3621,6	10477,2	14497,0
	UE15	4	12089,5	5063,9	0,4	5506,7	12538,0	17775,1
	L1	4	1644,7	954,2	0,6	324,0	1830,1	2594,7
	KS8	4	3440,2	941,4	0,3	2237,8	3501,4	4520,2
	ES1	4	4094,7	5939,9	1,5	143,4	1649,1	12937,4
	UE70	3	574,6	421,5	0,7	143,4	594,7	985,7
	TI13	0	--	--	--	--	--	--
	SSL	4	3271,9	404,5	0,1	2854,5	3244,9	3743,1
	BL4	3	2599,4	1704,5	0,7	1412,0	1833,7	4552,5
	BL2	0	--	--	--	--	--	--
HPAE3	12	14360,0	13598,9	0,9	4166,4	6826,3	40793,8	
PHEN-M-SUM	KS11	23	3384,6	1228,1	0,4	2016,9	3137,0	7488,4
	UE67	4	2771,8	2187,1	0,8	343,0	2683,8	5376,6
	WB5	19	9193,5	1635,7	0,2	5369,8	9428,6	11597,5
	UE20	4	9084,9	2791,9	0,3	6535,0	8813,1	12178,4
	WB1	4	5232,9	2267,1	0,4	2953,4	4956,7	8064,8
	UE15	4	7180,5	4423,8	0,6	1770,6	7475,7	12000,0
	L1	4	1087,5	720,9	0,7	345,0	967,1	2070,9
	KS8	4	2290,1	986,6	0,4	1359,5	2258,5	3284,0
	ES1	4	2226,4	2671,7	1,2	890,6	890,6	6234,0
	UE70	3	890,6	0,0	0,0	890,6	890,6	890,6
	TI13	0	--	--	--	--	--	--
	SSL	4	2254,8	500,5	0,2	1986,8	2013,5	3005,3
	BL4	3	1796,3	1245,0	0,7	653,5	1612,4	3123,0
	BL2	0	--	--	--	--	--	--
HPAE3	12	11695,6	11047,8	0,9	427,6	6843,0	32085,1	

Tabelle A 16: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe aller Proben.

Alle Stationen (490 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
TOC	1,00	0,59	0,66	0,52	0,82	0,77	0,77	0,81	0,83	0,83	0,86	0,78	0,83	0,77	0,47
HCHA	0,59	1,00	0,83	0,62	0,65	0,67	0,69	0,69	0,66	0,70	0,69	0,70	0,66	0,70	0,53
HCHB	0,66	0,83	1,00	0,55	0,80	0,77	0,77	0,79	0,76	0,79	0,78	0,82	0,78	0,81	0,78
HCHG	0,52	0,62	0,55	1,00	0,56	0,51	0,48	0,46	0,47	0,52	0,54	0,47	0,55	0,46	0,34
HCB	0,82	0,65	0,80	0,56	1,00	0,81	0,82	0,82	0,83	0,86	0,88	0,81	0,83	0,81	0,52
CB28	0,77	0,67	0,77	0,51	0,81	1,00	0,88	0,89	0,88	0,88	0,88	0,83	0,85	0,86	0,62
CB52	0,77	0,69	0,77	0,48	0,82	0,88	1,00	0,90	0,89	0,89	0,89	0,88	0,84	0,88	0,62
CB101	0,81	0,69	0,79	0,46	0,82	0,89	0,90	1,00	0,93	0,95	0,94	0,93	0,87	0,91	0,61
CB118	0,83	0,66	0,76	0,47	0,83	0,88	0,89	0,93	1,00	0,95	0,94	0,89	0,86	0,89	0,59
CB153	0,83	0,70	0,79	0,52	0,86	0,88	0,89	0,95	0,95	1,00	0,98	0,94	0,87	0,91	0,60
CB138	0,86	0,69	0,78	0,54	0,88	0,88	0,89	0,94	0,94	0,98	1,00	0,93	0,88	0,90	0,58
CB180	0,78	0,70	0,82	0,47	0,81	0,83	0,88	0,93	0,89	0,94	0,93	1,00	0,83	0,87	0,59
DDEPP	0,83	0,66	0,78	0,55	0,83	0,85	0,84	0,87	0,86	0,87	0,88	0,83	1,00	0,86	0,59
DDDPP	0,77	0,70	0,81	0,46	0,81	0,86	0,88	0,91	0,89	0,91	0,90	0,87	0,86	1,00	0,66
DDTTP	0,47	0,53	0,78	0,34	0,52	0,62	0,62	0,61	0,59	0,60	0,58	0,59	0,59	0,66	1,00
NAPH	0,77	0,66	0,67	0,47	0,77	0,81	0,81	0,84	0,83	0,84	0,84	0,80	0,81	0,83	0,55
ACY	0,73	0,64	0,72	0,39	0,71	0,77	0,79	0,80	0,78	0,79	0,78	0,78	0,79	0,80	0,56
ACE	0,78	0,73	0,79	0,51	0,80	0,85	0,86	0,87	0,87	0,89	0,89	0,85	0,84	0,90	0,61
FL	0,82	0,71	0,77	0,50	0,82	0,85	0,86	0,88	0,87	0,89	0,89	0,85	0,86	0,88	0,58
PHEN	0,82	0,66	0,72	0,50	0,80	0,81	0,83	0,85	0,85	0,86	0,88	0,81	0,85	0,86	0,53
ANT	0,75	0,63	0,78	0,51	0,77	0,81	0,79	0,81	0,81	0,83	0,83	0,76	0,76	0,80	0,54
FLU	0,85	0,67	0,74	0,51	0,82	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,83	0,86	0,89	0,56
PYR	0,84	0,67	0,72	0,50	0,81	0,85	0,86	0,88	0,88	0,89	0,90	0,82	0,86	0,88	0,56
BAA	0,83	0,66	0,70	0,50	0,80	0,85	0,86	0,87	0,89	0,88	0,89	0,82	0,85	0,88	0,57
CHTR	0,89	0,70	0,72	0,57	0,85	0,88	0,89	0,91	0,91	0,89	0,90	0,85	0,88	0,90	0,66
BBF	0,90	0,68	0,64	0,54	0,81	0,86	0,87	0,89	0,88	0,87	0,88	0,82	0,87	0,87	0,62
BAP	0,83	0,62	0,63	0,49	0,78	0,83	0,83	0,84	0,86	0,86	0,87	0,79	0,84	0,86	0,55
DBAHA	0,81	0,57	0,63	0,46	0,73	0,78	0,77	0,79	0,80	0,80	0,81	0,74	0,79	0,78	0,52
I23P	0,80	0,54	0,61	0,40	0,70	0,71	0,73	0,76	0,79	0,77	0,79	0,72	0,76	0,76	0,45
BGHIP	0,84	0,59	0,62	0,48	0,75	0,77	0,78	0,80	0,82	0,82	0,84	0,74	0,81	0,79	0,49
NAPH-M1	0,49	0,25	0,23	0,23	0,48	0,54	0,54	0,50	0,55	0,45	0,46	0,38	0,60	0,48	0,30
NAPH-M2	0,62	0,42	0,44	0,28	0,64	0,70	0,69	0,67	0,71	0,63	0,64	0,57	0,75	0,64	0,49
NAPH-DM26	0,82	0,59	0,64	0,43	0,81	0,88	0,85	0,81	0,87	0,80	0,80	0,73	0,91	0,79	0,75
NAPH-DM-SUM	0,65	0,43	0,45	0,28	0,66	0,71	0,70	0,69	0,71	0,65	0,66	0,58	0,76	0,66	0,52
NAPH-TM235	0,50	0,29	0,30	0,21	0,51	0,57	0,57	0,54	0,57	0,49	0,50	0,43	0,64	0,51	0,34
NAPH-TM-SUM	0,61	0,40	0,41	0,29	0,63	0,68	0,66	0,65	0,67	0,60	0,61	0,54	0,73	0,62	0,46
PHEN-M3	0,72	0,63	0,67	0,42	0,80	0,84	0,83	0,81	0,84	0,77	0,78	0,72	0,90	0,80	0,71
PHEN-M-SUM	0,69	0,57	0,60	0,38	0,77	0,81	0,80	0,81	0,81	0,74	0,75	0,69	0,86	0,77	0,66
PHEN-DM36	0,69	0,59	0,61	0,40	0,75	0,80	0,78	0,75	0,78	0,72	0,72	0,66	0,86	0,73	0,68
PHEN-DM-SUM	0,73	0,59	0,62	0,40	0,80	0,84	0,83	0,81	0,84	0,78	0,78	0,72	0,88	0,80	0,68
PHEN-TM128	0,61	0,44	0,46	0,29	0,66	0,72	0,71	0,68	0,71	0,64	0,64	0,57	0,78	0,66	0,53
PHEN-TM-SUM	0,75	0,53	0,56	0,42	0,78	0,82	0,80	0,77	0,81	0,73	0,74	0,67	0,86	0,78	0,66
Summe	31,42	25,84	28,12	19,44	31,81	33,27	33,35	33,61	33,96	33,43	33,68	31,51	34,01	33,21	24,20
Median	0,77	0,64	0,71	0,48	0,80	0,82	0,82	0,81	0,84	0,83	0,84	0,79	0,84	0,81	0,57

Tabelle A 16 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe aller Proben.

Alle Stationen (490 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,77	0,73	0,78	0,82	0,82	0,75	0,85	0,84	0,83	0,89	0,90	0,83	0,81	0,80	0,84
HCHA	0,66	0,64	0,73	0,71	0,66	0,63	0,67	0,67	0,66	0,70	0,68	0,62	0,57	0,54	0,59
HCHB	0,67	0,72	0,79	0,77	0,72	0,78	0,74	0,72	0,70	0,72	0,64	0,63	0,63	0,61	0,62
HCHG	0,47	0,39	0,51	0,50	0,50	0,51	0,51	0,50	0,50	0,57	0,54	0,49	0,46	0,40	0,48
HCB	0,77	0,71	0,80	0,82	0,80	0,77	0,82	0,81	0,80	0,85	0,81	0,78	0,73	0,70	0,75
CB28	0,81	0,77	0,85	0,85	0,81	0,81	0,85	0,85	0,85	0,88	0,86	0,83	0,78	0,71	0,77
CB52	0,81	0,79	0,86	0,86	0,83	0,79	0,86	0,86	0,86	0,89	0,87	0,83	0,77	0,73	0,78
CB101	0,84	0,80	0,87	0,88	0,85	0,81	0,88	0,88	0,87	0,91	0,89	0,84	0,79	0,76	0,80
CB118	0,83	0,78	0,87	0,87	0,85	0,81	0,89	0,88	0,89	0,91	0,88	0,86	0,80	0,79	0,82
CB153	0,84	0,79	0,89	0,89	0,86	0,83	0,90	0,89	0,88	0,89	0,87	0,86	0,80	0,77	0,82
CB138	0,84	0,78	0,89	0,89	0,88	0,83	0,91	0,90	0,89	0,90	0,88	0,87	0,81	0,79	0,84
CB180	0,80	0,78	0,85	0,85	0,81	0,76	0,83	0,82	0,82	0,85	0,82	0,79	0,74	0,72	0,74
DDEPP	0,81	0,79	0,84	0,86	0,85	0,76	0,86	0,86	0,85	0,88	0,87	0,84	0,79	0,76	0,81
DDDDPP	0,83	0,80	0,90	0,88	0,86	0,80	0,89	0,88	0,88	0,90	0,87	0,86	0,78	0,76	0,79
DDTTP	0,55	0,56	0,61	0,58	0,53	0,54	0,56	0,56	0,57	0,66	0,62	0,55	0,52	0,45	0,49
NAPH	1,00	0,84	0,90	0,93	0,93	0,86	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,85	0,79	0,86
ACY	0,84	1,00	0,82	0,84	0,78	0,77	0,82	0,81	0,81	0,82	0,83	0,79	0,76	0,71	0,74
ACE	0,90	0,82	1,00	0,94	0,93	0,88	0,94	0,94	0,94	0,93	0,91	0,92	0,84	0,79	0,86
FL	0,93	0,84	0,94	1,00	0,95	0,87	0,95	0,95	0,95	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,87
PHEN	0,93	0,78	0,93	0,95	1,00	0,85	0,96	0,96	0,96	0,96	0,94	0,93	0,85	0,85	0,91
ANT	0,86	0,77	0,88	0,87	0,85	1,00	0,91	0,91	0,90	0,88	0,86	0,87	0,84	0,72	0,82
FLU	0,93	0,82	0,94	0,95	0,96	0,91	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,91	0,86	0,94
PYR	0,93	0,81	0,94	0,95	0,96	0,91	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,91	0,86	0,94
BAA	0,92	0,81	0,94	0,93	0,95	0,90	0,99	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,87	0,94
CHRTR	0,91	0,82	0,93	0,94	0,96	0,88	0,99	0,99	1,00	0,98	0,98	0,95	0,91	0,85	0,94
BBF	0,90	0,83	0,91	0,92	0,94	0,86	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	0,96	0,92	0,87	0,95
BAP	0,88	0,79	0,92	0,90	0,93	0,87	0,96	0,96	0,97	0,95	0,96	1,00	0,91	0,88	0,94
DBAHA	0,85	0,76	0,84	0,85	0,85	0,84	0,91	0,91	0,92	0,91	0,92	0,91	1,00	0,86	0,95
I123P	0,79	0,71	0,79	0,80	0,85	0,72	0,86	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	1,00	0,92
BGHIP	0,86	0,74	0,86	0,87	0,91	0,82	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,95	0,92	1,00
NAPH-M1	0,61	0,46	0,52	0,59	0,67	0,52	0,63	0,66	0,70	0,67	0,73	0,72	0,76	0,75	0,75
NAPH-M2	0,72	0,57	0,68	0,74	0,79	0,68	0,77	0,80	0,83	0,81	0,86	0,85	0,89	0,87	0,87
NAPH-DM26	0,77	0,69	0,80	0,85	0,86	0,80	0,87	0,88	0,92	0,90	0,94	0,92	0,93	0,92	0,93
NAPH-DM-SUM	0,73	0,58	0,70	0,78	0,84	0,70	0,82	0,84	0,86	0,85	0,89	0,88	0,89	0,89	0,91
NAPH-TM235	0,60	0,51	0,56	0,65	0,72	0,55	0,68	0,71	0,76	0,73	0,77	0,77	0,78	0,76	0,79
NAPH-TM-SUM	0,66	0,59	0,68	0,75	0,80	0,66	0,78	0,81	0,84	0,82	0,86	0,85	0,83	0,83	0,87
PHEN-M3	0,77	0,75	0,86	0,89	0,92	0,82	0,91	0,92	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,88	0,92
PHEN-M-SUM	0,73	0,72	0,81	0,86	0,91	0,80	0,89	0,91	0,94	0,93	0,93	0,92	0,90	0,88	0,93
PHEN-DM36	0,76	0,71	0,81	0,84	0,88	0,77	0,86	0,87	0,91	0,90	0,91	0,89	0,90	0,87	0,91
PHEN-DM-SUM	0,75	0,71	0,82	0,88	0,91	0,82	0,91	0,92	0,95	0,94	0,95	0,94	0,93	0,91	0,95
PHEN-TM128	0,69	0,60	0,69	0,76	0,82	0,69	0,80	0,83	0,87	0,85	0,88	0,89	0,90	0,88	0,89
PHEN-TM-SUM	0,67	0,70	0,79	0,84	0,84	0,78	0,87	0,88	0,93	0,91	0,93	0,93	0,90	0,90	0,92
Summe	33,17	30,57	34,34	35,10	35,34	32,70	35,94	36,06	36,40	36,70	36,55	35,81	34,64	33,26	35,15
Median	0,81	0,76	0,85	0,86	0,85	0,80	0,88	0,88	0,89	0,90	0,89	0,88	0,85	0,80	0,86



Tabelle A 16 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe aller Proben.

Alle Stationen (490 Werte)	NAPH-M1	NAPH-M2	NAPH-DM26	NAPH-DM-SUM	NAPH-TM235	NAPH-TM-SUM	PHEN-M3	PHEN-M-SUM	PHEN-DM36	PHEN-DM-SUM	PHEN-TM128	PHEN-TM-SUM
TOC	0,49	0,62	0,82	0,65	0,50	0,61	0,72	0,69	0,69	0,73	0,61	0,75
HCHA	0,25	0,42	0,59	0,43	0,29	0,40	0,63	0,57	0,59	0,59	0,44	0,53
HCHB	0,23	0,44	0,64	0,45	0,30	0,41	0,67	0,60	0,61	0,62	0,46	0,56
HCHG	0,23	0,28	0,43	0,28	0,21	0,29	0,42	0,38	0,40	0,40	0,29	0,42
HCB	0,48	0,64	0,81	0,66	0,51	0,63	0,80	0,77	0,75	0,80	0,66	0,78
CB28	0,54	0,70	0,88	0,71	0,57	0,68	0,84	0,81	0,80	0,84	0,72	0,82
CB52	0,54	0,69	0,85	0,70	0,57	0,66	0,83	0,80	0,78	0,83	0,71	0,80
CB101	0,50	0,67	0,81	0,69	0,54	0,65	0,81	0,78	0,75	0,81	0,68	0,77
CB118	0,55	0,71	0,87	0,71	0,57	0,67	0,84	0,81	0,78	0,84	0,71	0,81
CB153	0,45	0,63	0,80	0,65	0,49	0,60	0,77	0,74	0,72	0,78	0,64	0,73
CB188	0,46	0,64	0,80	0,66	0,50	0,61	0,78	0,75	0,72	0,78	0,64	0,74
CB180	0,38	0,57	0,73	0,58	0,43	0,54	0,72	0,69	0,66	0,72	0,57	0,67
DDEPP	0,60	0,75	0,91	0,76	0,64	0,73	0,90	0,86	0,86	0,88	0,78	0,86
DDPP	0,48	0,64	0,79	0,66	0,51	0,62	0,80	0,77	0,73	0,80	0,66	0,78
DDTPP	0,30	0,49	0,75	0,52	0,34	0,46	0,71	0,66	0,68	0,68	0,53	0,66
NAPH	0,61	0,72	0,77	0,73	0,60	0,66	0,77	0,73	0,76	0,75	0,69	0,67
ACY	0,46	0,57	0,69	0,58	0,51	0,59	0,75	0,72	0,71	0,71	0,60	0,70
ACE	0,52	0,68	0,80	0,70	0,56	0,68	0,86	0,81	0,81	0,82	0,69	0,79
FL	0,59	0,74	0,85	0,78	0,65	0,75	0,89	0,86	0,84	0,88	0,76	0,84
PHEN	0,67	0,79	0,86	0,84	0,72	0,80	0,92	0,91	0,88	0,91	0,82	0,84
ANT	0,52	0,68	0,80	0,70	0,55	0,66	0,82	0,80	0,77	0,82	0,69	0,78
FLU	0,63	0,77	0,87	0,82	0,68	0,78	0,91	0,89	0,86	0,91	0,80	0,87
PYR	0,66	0,80	0,88	0,84	0,71	0,81	0,92	0,91	0,87	0,92	0,83	0,88
BAA	0,70	0,83	0,92	0,86	0,76	0,84	0,95	0,94	0,91	0,95	0,87	0,93
CHRTR	0,67	0,81	0,90	0,85	0,73	0,82	0,94	0,93	0,90	0,94	0,85	0,91
BBF	0,73	0,86	0,94	0,89	0,77	0,86	0,93	0,93	0,91	0,95	0,88	0,93
BAP	0,72	0,85	0,92	0,88	0,77	0,85	0,92	0,92	0,89	0,94	0,89	0,93
DBAHA	0,76	0,89	0,93	0,89	0,78	0,85	0,91	0,90	0,90	0,93	0,90	0,90
I123P	0,75	0,87	0,92	0,89	0,76	0,83	0,88	0,88	0,87	0,91	0,88	0,90
BGHIP	0,75	0,87	0,93	0,91	0,79	0,87	0,92	0,93	0,91	0,95	0,89	0,92
NAPH-M1	1,00	0,94	0,75	0,92	0,92	0,90	0,78	0,81	0,78	0,82	0,91	0,78
NAPH-M2	0,94	1,00	0,86	0,96	0,90	0,92	0,87	0,89	0,87	0,90	0,95	0,86
NAPH-DM26	0,75	0,86	1,00	0,90	0,76	0,84	0,90	0,89	0,90	0,92	0,86	0,87
NAPH-DM-SUM	0,92	0,96	0,90	1,00	0,94	0,96	0,90	0,93	0,91	0,94	0,97	0,88
NAPH-TM235	0,92	0,90	0,76	0,94	1,00	0,98	0,84	0,88	0,84	0,87	0,94	0,83
NAPH-TM-SUM	0,90	0,92	0,84	0,96	0,98	1,00	0,90	0,99	0,90	0,93	0,96	0,90
PHEN-M3	0,78	0,87	0,90	0,90	0,84	0,90	1,00	0,99	0,97	0,98	0,92	0,93
PHEN-M-SUM	0,81	0,89	0,89	0,93	0,88	0,94	0,99	1,00	0,95	0,99	0,95	0,95
PHEN-DM36	0,78	0,87	0,90	0,91	0,84	0,90	0,97	0,95	1,00	0,95	0,92	0,89
PHEN-DM-SUM	0,82	0,90	0,92	0,94	0,87	0,93	0,98	0,99	0,95	1,00	0,95	0,96
PHEN-TM128	0,91	0,95	0,86	0,97	0,94	0,96	0,92	0,95	0,92	0,95	1,00	0,90
PHEN-TM-SUM	0,78	0,86	0,87	0,88	0,83	0,90	0,93	0,95	0,89	0,96	0,90	1,00
Summe	26,53	31,55	34,91	32,50	28,01	31,35	35,54	34,91	34,19	35,60	32,42	34,24
Median	0,64	0,78	0,86	0,83	0,69	0,79	0,88	0,87	0,85	0,88	0,81	0,84

Tabelle A17: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Deutschen Bucht.

Deutsche Bucht (399 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTPP
TOC	1,00	0,69	0,66	0,53	0,85	0,86	0,87	0,87	0,90	0,89	0,90	0,83	0,88	0,86	0,57
HCHA	0,69	1,00	0,83	0,61	0,66	0,65	0,69	0,68	0,68	0,69	0,70	0,70	0,66	0,69	0,47
HCHB	0,66	0,83	1,00	0,55	0,80	0,77	0,77	0,79	0,76	0,79	0,82	0,82	0,78	0,81	0,78
HCHG	0,53	0,61	0,55	1,00	0,56	0,51	0,50	0,46	0,49	0,52	0,55	0,47	0,52	0,48	0,32
HCB	0,85	0,66	0,80	0,56	1,00	0,86	0,88	0,88	0,88	0,91	0,92	0,86	0,86	0,87	0,56
CB28	0,86	0,65	0,77	0,51	0,86	1,00	0,90	0,92	0,91	0,91	0,91	0,87	0,89	0,88	0,58
CB52	0,87	0,69	0,77	0,50	0,88	0,90	1,00	0,91	0,93	0,91	0,92	0,89	0,89	0,90	0,59
CB101	0,87	0,68	0,79	0,46	0,88	0,92	0,91	1,00	0,94	0,95	0,94	0,94	0,91	0,92	0,62
CB118	0,90	0,68	0,76	0,49	0,88	0,91	0,93	0,94	1,00	0,96	0,95	0,90	0,90	0,91	0,60
CB153	0,89	0,69	0,79	0,52	0,91	0,91	0,91	0,95	0,96	1,00	0,98	0,94	0,89	0,92	0,61
CB138	0,90	0,70	0,78	0,55	0,92	0,91	0,92	0,95	0,95	0,98	1,00	0,93	0,90	0,92	0,59
CB180	0,83	0,70	0,82	0,47	0,86	0,87	0,89	0,94	0,90	0,94	0,93	1,00	0,86	0,89	0,60
DDEPP	0,88	0,66	0,78	0,52	0,86	0,89	0,89	0,91	0,90	0,89	0,90	0,86	1,00	0,90	0,62
DDDPP	0,86	0,69	0,81	0,48	0,87	0,88	0,90	0,92	0,91	0,92	0,92	0,89	0,90	1,00	0,65
DDTPP	0,57	0,47	0,78	0,32	0,56	0,58	0,59	0,62	0,60	0,61	0,59	0,60	0,62	0,65	1,00
NAPH	0,83	0,66	0,67	0,46	0,77	0,81	0,81	0,84	0,83	0,83	0,80	0,80	0,83	0,83	0,54
ACY	0,76	0,62	0,72	0,37	0,72	0,77	0,79	0,80	0,79	0,78	0,77	0,78	0,79	0,77	0,51
ACE	0,88	0,73	0,79	0,54	0,85	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,86	0,88	0,91	0,60
FL	0,88	0,69	0,77	0,51	0,84	0,86	0,87	0,89	0,88	0,89	0,89	0,85	0,88	0,88	0,58
PHEN	0,86	0,67	0,72	0,51	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,85	0,86	0,80	0,86	0,88	0,56
ANT	0,81	0,62	0,78	0,54	0,83	0,81	0,81	0,81	0,82	0,83	0,84	0,77	0,80	0,79	0,51
FLU	0,89	0,68	0,74	0,53	0,86	0,86	0,88	0,88	0,90	0,89	0,90	0,84	0,89	0,89	0,57
PYR	0,88	0,67	0,72	0,52	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,88	0,89	0,83	0,88	0,88	0,56
BAA	0,88	0,67	0,70	0,53	0,83	0,85	0,86	0,87	0,89	0,88	0,89	0,82	0,89	0,88	0,58
CHRTR	0,88	0,68	0,72	0,58	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,88	0,89	0,84	0,90	0,89	0,65
BFF	0,88	0,66	0,64	0,53	0,82	0,86	0,87	0,88	0,88	0,86	0,87	0,81	0,89	0,86	0,61
BAP	0,86	0,61	0,63	0,51	0,80	0,84	0,83	0,84	0,87	0,85	0,86	0,79	0,86	0,86	0,58
DBAHA	0,83	0,59	0,63	0,46	0,77	0,81	0,81	0,82	0,83	0,81	0,81	0,76	0,83	0,80	0,55
I123P	0,80	0,57	0,61	0,43	0,72	0,74	0,75	0,75	0,80	0,77	0,78	0,71	0,78	0,77	0,49
BGHIP	0,85	0,61	0,62	0,50	0,78	0,79	0,80	0,80	0,83	0,81	0,83	0,74	0,83	0,81	0,53
NAPH-M1	0,49	0,25	0,23	0,23	0,48	0,54	0,54	0,50	0,55	0,45	0,46	0,38	0,60	0,48	0,30
NAPH-M2	0,62	0,42	0,44	0,28	0,64	0,70	0,69	0,67	0,71	0,63	0,64	0,57	0,75	0,64	0,49
NAPH-DM26	0,82	0,59	0,64	0,43	0,81	0,88	0,85	0,81	0,87	0,80	0,80	0,73	0,91	0,79	0,75
NAPH-DM-SUM	0,65	0,43	0,45	0,28	0,66	0,71	0,70	0,69	0,71	0,65	0,66	0,58	0,76	0,66	0,52
NAPH-TM235	0,50	0,29	0,30	0,21	0,51	0,57	0,57	0,54	0,57	0,49	0,50	0,43	0,64	0,51	0,34
NAPH-TM-SUM	0,61	0,40	0,41	0,29	0,63	0,68	0,66	0,65	0,67	0,60	0,61	0,54	0,73	0,62	0,46
PHEN-M3	0,72	0,63	0,67	0,42	0,80	0,84	0,83	0,81	0,84	0,77	0,78	0,72	0,90	0,80	0,71
PHEN-M-SUM	0,69	0,57	0,60	0,38	0,77	0,81	0,80	0,78	0,81	0,74	0,75	0,69	0,86	0,77	0,66
PHEN-DM36	0,69	0,59	0,61	0,40	0,75	0,80	0,78	0,75	0,78	0,72	0,72	0,66	0,86	0,73	0,68
PHEN-DM-SUM	0,73	0,59	0,62	0,40	0,80	0,84	0,83	0,81	0,84	0,78	0,78	0,72	0,88	0,80	0,68
PHEN-TM128	0,61	0,44	0,46	0,29	0,66	0,72	0,71	0,68	0,71	0,64	0,64	0,57	0,78	0,66	0,53
PHEN-TM-SUM	0,75	0,53	0,56	0,42	0,78	0,82	0,80	0,77	0,81	0,73	0,74	0,67	0,86	0,78	0,66
Summe	32,82	25,84	28,12	19,62	32,74	33,71	33,85	33,88	34,46	33,59	33,82	31,76	34,73	33,52	24,36
Median	0,83	0,65	0,71	0,49	0,81	0,84	0,83	0,83	0,85	0,83	0,83	0,79	0,86	0,82	0,58

Tabelle A17 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Deutschen Bucht.

Deutsche Bucht (399 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,83	0,76	0,88	0,88	0,86	0,81	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,86	0,83	0,80	0,85
HCHA	0,66	0,62	0,73	0,69	0,67	0,62	0,68	0,67	0,67	0,68	0,66	0,61	0,59	0,57	0,61
HCHB	0,67	0,72	0,79	0,77	0,72	0,78	0,74	0,72	0,70	0,72	0,64	0,63	0,63	0,61	0,62
HCHG	0,46	0,37	0,54	0,51	0,51	0,54	0,53	0,52	0,53	0,58	0,53	0,51	0,46	0,43	0,50
HCB	0,77	0,72	0,85	0,84	0,81	0,83	0,86	0,84	0,83	0,86	0,82	0,80	0,77	0,72	0,78
CB28	0,81	0,77	0,85	0,86	0,82	0,81	0,86	0,85	0,85	0,88	0,86	0,84	0,81	0,74	0,79
CB52	0,81	0,79	0,87	0,87	0,84	0,81	0,88	0,87	0,86	0,89	0,87	0,83	0,81	0,75	0,80
CB101	0,84	0,80	0,88	0,89	0,85	0,81	0,88	0,88	0,87	0,90	0,88	0,84	0,82	0,75	0,80
CB118	0,83	0,79	0,89	0,88	0,86	0,82	0,90	0,89	0,89	0,90	0,88	0,87	0,83	0,80	0,83
CB153	0,83	0,78	0,90	0,89	0,85	0,83	0,89	0,88	0,88	0,88	0,86	0,85	0,81	0,77	0,81
CB138	0,83	0,77	0,91	0,89	0,86	0,84	0,90	0,89	0,89	0,89	0,87	0,86	0,81	0,78	0,83
CB180	0,80	0,78	0,86	0,85	0,80	0,77	0,84	0,83	0,82	0,84	0,81	0,79	0,76	0,71	0,74
DDEPP	0,83	0,79	0,88	0,88	0,86	0,80	0,89	0,88	0,89	0,90	0,89	0,86	0,83	0,78	0,83
DDPPP	0,83	0,77	0,91	0,88	0,88	0,79	0,89	0,88	0,88	0,89	0,86	0,86	0,80	0,77	0,81
DDTTP	0,54	0,51	0,60	0,58	0,56	0,51	0,57	0,56	0,58	0,65	0,61	0,58	0,55	0,49	0,53
NAPH	1,00	0,86	0,90	0,92	0,92	0,84	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,88	0,88	0,82	0,88
ACY	0,86	1,00	0,81	0,85	0,78	0,78	0,82	0,81	0,81	0,79	0,82	0,78	0,79	0,71	0,75
ACE	0,90	0,81	1,00	0,94	0,96	0,86	0,96	0,95	0,95	0,94	0,92	0,93	0,86	0,84	0,89
FL	0,92	0,85	0,94	1,00	0,94	0,87	0,96	0,96	0,94	0,94	0,93	0,90	0,89	0,82	0,89
PHEN	0,92	0,78	0,96	0,94	1,00	0,85	0,97	0,97	0,96	0,96	0,94	0,93	0,88	0,87	0,92
ANT	0,84	0,78	0,86	0,87	0,85	1,00	0,90	0,90	0,88	0,86	0,83	0,85	0,85	0,74	0,83
FLU	0,93	0,82	0,96	0,96	0,97	0,90	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	0,87	0,94
PYR	0,93	0,81	0,95	0,96	0,97	0,90	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	0,87	0,94
BAA	0,92	0,81	0,95	0,94	0,96	0,88	0,99	0,99	1,00	0,99	0,97	0,97	0,93	0,88	0,95
CHRTR	0,91	0,79	0,94	0,94	0,96	0,86	0,99	0,99	0,99	1,00	0,97	0,94	0,92	0,85	0,94
BBF	0,91	0,82	0,92	0,93	0,94	0,83	0,97	0,97	0,97	0,97	1,00	0,95	0,92	0,87	0,93
BAP	0,88	0,78	0,93	0,90	0,93	0,85	0,95	0,95	0,97	0,94	0,95	1,00	0,92	0,89	0,94
DBAHA	0,88	0,79	0,86	0,89	0,88	0,85	0,92	0,92	0,93	0,92	0,92	0,92	1,00	0,89	0,96
I123P	0,82	0,71	0,84	0,82	0,87	0,74	0,87	0,87	0,88	0,85	0,87	0,89	0,89	1,00	0,93
BGHIP	0,88	0,75	0,89	0,89	0,92	0,83	0,94	0,94	0,95	0,94	0,93	0,94	0,96	0,93	1,00
NAPH-M1	0,61	0,46	0,52	0,59	0,67	0,52	0,63	0,66	0,70	0,67	0,73	0,72	0,76	0,75	0,75
NAPH-M2	0,72	0,57	0,68	0,74	0,79	0,68	0,77	0,80	0,83	0,81	0,86	0,85	0,89	0,87	0,87
NAPH-DM26	0,77	0,69	0,80	0,85	0,86	0,80	0,87	0,88	0,92	0,90	0,94	0,92	0,93	0,92	0,93
NAPH-DM-SUM	0,73	0,58	0,70	0,78	0,84	0,70	0,82	0,84	0,86	0,85	0,89	0,88	0,89	0,89	0,91
NAPH-TM235	0,60	0,51	0,56	0,65	0,72	0,55	0,68	0,71	0,76	0,73	0,77	0,77	0,78	0,76	0,79
NAPH-TM-SUM	0,66	0,59	0,68	0,75	0,80	0,66	0,78	0,81	0,84	0,82	0,86	0,85	0,85	0,83	0,87
PHEN-M3	0,77	0,75	0,86	0,89	0,92	0,82	0,91	0,92	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,88	0,92
PHEN-M-SUM	0,73	0,72	0,81	0,86	0,91	0,80	0,89	0,91	0,94	0,93	0,93	0,92	0,90	0,88	0,93
PHEN-DM36	0,76	0,71	0,81	0,84	0,88	0,77	0,86	0,87	0,91	0,90	0,91	0,89	0,90	0,87	0,91
PHEN-DM-SUM	0,75	0,71	0,82	0,88	0,91	0,82	0,91	0,92	0,95	0,94	0,95	0,94	0,93	0,91	0,95
PHEN-TM128	0,69	0,60	0,69	0,76	0,82	0,69	0,80	0,83	0,87	0,85	0,88	0,89	0,90	0,88	0,89
PHEN-TM-SUM	0,67	0,70	0,79	0,84	0,84	0,78	0,87	0,88	0,93	0,91	0,93	0,93	0,90	0,90	0,92
Summe	33,27	30,48	34,81	35,35	35,55	32,82	36,14	36,24	36,60	36,59	36,39	35,85	35,18	33,67	35,44
Median	0,82	0,77	0,86	0,87	0,86	0,81	0,89	0,88	0,88	0,90	0,88	0,87	0,87	0,83	0,87

Tabelle A17 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Deutschen Bucht.

Alle Stationen (399 Werte)	NAPH-M1	NAPH-M2	NAPH-DM26	NAPH-DM-SUM	NAPH-TM235	NAPH-TM-SUM	PHEN-M3	PHEN-M-SUM	PHEN-DM36	PHEN-DM-SUM	PHEN-TM128	PHEN-TM-SUM
TOC	0,49	0,62	0,82	0,65	0,50	0,61	0,72	0,69	0,69	0,73	0,61	0,75
HCHA	0,25	0,42	0,59	0,43	0,29	0,40	0,63	0,57	0,59	0,59	0,44	0,53
HCHB	0,23	0,44	0,64	0,45	0,30	0,41	0,67	0,60	0,61	0,62	0,46	0,56
HCHG	0,23	0,28	0,43	0,28	0,21	0,29	0,42	0,38	0,40	0,40	0,29	0,42
HCB	0,48	0,64	0,81	0,66	0,51	0,63	0,80	0,77	0,75	0,80	0,66	0,78
CB28	0,54	0,70	0,88	0,70	0,57	0,68	0,84	0,81	0,80	0,84	0,72	0,82
CB52	0,54	0,69	0,85	0,70	0,57	0,66	0,83	0,80	0,78	0,83	0,71	0,80
CB101	0,50	0,67	0,81	0,69	0,54	0,65	0,81	0,78	0,75	0,81	0,68	0,77
CB118	0,55	0,71	0,87	0,71	0,57	0,67	0,84	0,81	0,78	0,84	0,71	0,81
CB153	0,45	0,63	0,80	0,65	0,49	0,60	0,77	0,74	0,72	0,78	0,64	0,73
CB138	0,46	0,64	0,80	0,66	0,50	0,61	0,78	0,75	0,72	0,78	0,64	0,74
CB180	0,38	0,57	0,73	0,58	0,43	0,54	0,72	0,69	0,66	0,72	0,57	0,67
DDEPP	0,60	0,75	0,91	0,76	0,64	0,73	0,90	0,86	0,86	0,88	0,78	0,86
DDDDP	0,48	0,64	0,79	0,66	0,51	0,62	0,80	0,77	0,73	0,80	0,66	0,78
DDTTP	0,30	0,49	0,75	0,52	0,34	0,46	0,71	0,66	0,68	0,68	0,53	0,66
NAPH	0,61	0,72	0,77	0,73	0,60	0,66	0,77	0,73	0,76	0,75	0,69	0,67
ACY	0,46	0,57	0,69	0,58	0,51	0,59	0,75	0,72	0,71	0,71	0,60	0,70
ACE	0,52	0,68	0,80	0,70	0,56	0,68	0,86	0,81	0,81	0,82	0,69	0,79
FL	0,59	0,74	0,85	0,78	0,65	0,75	0,89	0,86	0,88	0,88	0,76	0,84
PHEN	0,67	0,79	0,86	0,84	0,72	0,80	0,92	0,91	0,88	0,91	0,82	0,84
ANT	0,52	0,68	0,80	0,70	0,55	0,66	0,82	0,80	0,77	0,82	0,69	0,78
FLU	0,63	0,77	0,87	0,82	0,68	0,78	0,91	0,89	0,86	0,91	0,80	0,87
PYR	0,66	0,80	0,88	0,84	0,71	0,81	0,92	0,91	0,87	0,92	0,83	0,88
BAA	0,70	0,83	0,92	0,86	0,76	0,84	0,95	0,94	0,91	0,95	0,87	0,93
CHRTR	0,67	0,81	0,90	0,85	0,73	0,82	0,94	0,93	0,90	0,94	0,85	0,91
BBF	0,73	0,86	0,94	0,89	0,77	0,86	0,93	0,93	0,91	0,95	0,88	0,93
BAP	0,72	0,85	0,92	0,88	0,77	0,85	0,92	0,92	0,89	0,94	0,89	0,93
DBAHA	0,76	0,89	0,93	0,89	0,78	0,85	0,91	0,90	0,90	0,93	0,90	0,90
I123P	0,75	0,87	0,92	0,89	0,76	0,83	0,88	0,88	0,87	0,91	0,88	0,90
BGHIP	0,75	0,87	0,93	0,91	0,79	0,87	0,92	0,93	0,91	0,95	0,89	0,92
NAPH-M1	1,00	0,94	0,75	0,92	0,92	0,90	0,78	0,81	0,78	0,82	0,91	0,78
NAPH-M2	0,94	1,00	0,86	0,96	0,90	0,92	0,87	0,89	0,87	0,90	0,95	0,86
NAPH-DM26	0,75	0,86	1,00	0,90	0,76	0,84	0,90	0,89	0,90	0,92	0,86	0,87
NAPH-DM-SUM	0,92	0,96	0,90	1,00	0,94	0,96	0,90	0,93	0,91	0,94	0,97	0,88
NAPH-TM235	0,92	0,90	0,76	0,94	1,00	0,98	0,84	0,88	0,84	0,87	0,94	0,83
NAPH-TM-SUM	0,90	0,92	0,84	0,96	0,98	1,00	0,90	0,90	0,90	0,93	0,96	0,90
PHEN-M3	0,78	0,87	0,90	0,90	0,84	0,90	1,00	0,99	0,97	0,98	0,92	0,93
PHEN-M-SUM	0,81	0,89	0,89	0,93	0,88	0,94	0,99	1,00	0,95	0,99	0,95	0,95
PHEN-DM36	0,78	0,87	0,90	0,91	0,84	0,90	0,97	0,95	1,00	0,95	0,92	0,89
PHEN-DM-SUM	0,82	0,90	0,92	0,94	0,87	0,93	0,98	0,99	0,95	1,00	0,95	0,96
PHEN-TM128	0,91	0,95	0,86	0,97	0,94	0,96	0,92	0,95	0,92	0,95	1,00	0,90
PHEN-TM-SUM	0,78	0,86	0,87	0,88	0,83	0,90	0,93	0,95	0,89	0,96	0,90	1,00
Summe	26,53	31,55	34,91	32,50	28,01	31,35	35,54	34,91	34,19	35,60	32,42	34,24
Median	0,64	0,78	0,86	0,83	0,69	0,79	0,88	0,87	0,85	0,88	0,81	0,84

Tabelle A 18: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Nordsee.

Nordsee (64 Werte)	TOC	HCHA	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDPP	DDTPP
TOC	1,00	0,17	0,27	0,21	0,24	0,24	0,46	0,55	0,62	0,63	0,32	0,42	0,43	0,10
HCHA	0,17	1,00	0,61	0,51	0,74	0,79	0,69	0,58	0,55	0,55	0,69	0,78	0,71	0,66
HCHG	0,27	0,61	1,00	0,39	0,71	0,62	0,44	0,41	0,44	0,45	0,50	0,42	0,31	0,58
HCB	0,21	0,51	0,39	1,00	0,63	0,52	0,40	0,35	0,33	0,34	0,29	0,49	0,44	0,45
CB28	0,24	0,74	0,71	0,63	1,00	0,71	0,62	0,57	0,56	0,54	0,53	0,71	0,60	0,71
CB52	0,24	0,79	0,62	0,52	0,71	1,00	0,76	0,69	0,65	0,67	0,77	0,76	0,74	0,62
CB101	0,46	0,69	0,44	0,40	0,62	0,76	1,00	0,90	0,87	0,87	0,84	0,77	0,78	0,50
CB118	0,55	0,58	0,41	0,35	0,57	0,69	0,90	1,00	0,91	0,91	0,80	0,73	0,74	0,44
CB153	0,62	0,55	0,44	0,33	0,56	0,65	0,87	0,91	1,00	0,98	0,81	0,69	0,74	0,43
CB138	0,63	0,55	0,45	0,34	0,54	0,67	0,87	0,91	0,98	1,00	0,80	0,68	0,73	0,42
CB180	0,32	0,69	0,50	0,29	0,53	0,77	0,84	0,80	0,81	0,80	1,00	0,68	0,70	0,50
DDEPP	0,42	0,78	0,42	0,49	0,71	0,76	0,77	0,73	0,69	0,68	0,68	1,00	0,89	0,69
DDPP	0,43	0,71	0,31	0,44	0,60	0,74	0,78	0,74	0,74	0,73	0,70	0,89	1,00	0,66
DDTPP	0,10	0,66	0,58	0,45	0,71	0,62	0,50	0,44	0,43	0,42	0,50	0,69	0,66	1,00
NAPH	0,63	0,35	0,33	0,17	0,38	0,54	0,61	0,69	0,64	0,65	0,45	0,52	0,48	0,25
ACY	0,32	0,77	0,32	0,41	0,54	0,68	0,53	0,44	0,51	0,46	0,54	0,81	0,79	0,74
ACE	0,47	0,75	0,48	0,26	0,45	0,54	0,46	0,46	0,56	0,53	0,51	0,60	0,57	0,50
FL	0,63	0,61	0,26	0,30	0,51	0,60	0,66	0,67	0,70	0,66	0,59	0,74	0,75	0,40
PHEN	0,55	0,26	-0,18	0,08	0,05	0,30	0,65	0,70	0,64	0,64	0,48	0,48	0,55	-0,03
ANT	0,31	0,14	0,53	0,28	0,53	0,27	0,13	0,23	0,23	0,25	0,08	0,09	0,02	0,27
FLU	0,85	0,38	0,25	0,23	0,40	0,52	0,68	0,78	0,76	0,77	0,51	0,59	0,58	0,19
PYR	0,84	0,37	0,30	0,23	0,42	0,51	0,65	0,74	0,73	0,75	0,47	0,55	0,53	0,21
BAA	0,86	0,37	0,21	0,23	0,38	0,52	0,69	0,78	0,79	0,78	0,54	0,59	0,60	0,17
CHRTR	0,86	0,38	0,22	0,23	0,38	0,51	0,71	0,80	0,79	0,79	0,54	0,59	0,60	0,18
BBF	0,93	0,37	0,23	0,25	0,32	0,49	0,74	0,81	0,83	0,84	0,60	0,58	0,58	0,15
BAP	0,76	0,19	0,05	0,11	0,17	0,39	0,60	0,68	0,75	0,75	0,53	0,39	0,50	-0,07
DBAHA	0,82	0,30	0,58	0,32	0,48	0,46	0,47	0,55	0,60	0,62	0,40	0,39	0,29	0,29
I123P	0,69	0,19	-0,23	0,01	-0,07	0,23	0,64	0,64	0,63	0,63	0,52	0,40	0,49	-0,14
BGHIP	0,91	0,28	0,16	0,19	0,22	0,39	0,71	0,76	0,77	0,80	0,58	0,47	0,49	0,05
Summe	16,09	14,74	10,64	9,63	14,02	16,51	18,83	19,31	19,52	19,49	16,58	17,49	17,30	10,90
Median	0,55	0,55	0,39	0,30	0,53	0,54	0,66	0,69	0,69	0,67	0,54	0,59	0,60	0,42

Tabelle A18 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Nordsee.

Nordsee (64 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,63	0,32	0,47	0,63	0,55	0,31	0,85	0,84	0,86	0,86	0,93	0,76	0,82	0,69	0,91
HCHA	0,35	0,77	0,75	0,61	0,26	0,14	0,38	0,37	0,37	0,38	0,37	0,19	0,30	0,19	0,28
HCHG	0,33	0,32	0,48	0,26	-0,18	0,53	0,25	0,30	0,21	0,22	0,23	0,05	0,58	-0,23	0,16
HCB	0,17	0,41	0,26	0,30	0,08	0,28	0,23	0,23	0,23	0,23	0,25	0,11	0,32	0,01	0,19
CB28	0,38	0,54	0,45	0,51	0,05	0,53	0,40	0,42	0,38	0,38	0,32	0,17	0,48	-0,07	0,22
CB52	0,54	0,68	0,54	0,60	0,30	0,27	0,52	0,51	0,52	0,51	0,49	0,39	0,46	0,23	0,39
CB101	0,61	0,53	0,46	0,66	0,65	0,13	0,68	0,65	0,69	0,71	0,74	0,60	0,47	0,64	0,71
CB118	0,69	0,44	0,46	0,67	0,70	0,23	0,78	0,74	0,78	0,80	0,81	0,68	0,55	0,64	0,76
CB153	0,64	0,51	0,56	0,70	0,64	0,23	0,76	0,73	0,79	0,79	0,83	0,75	0,60	0,63	0,77
CB138	0,65	0,46	0,53	0,66	0,64	0,25	0,77	0,75	0,78	0,79	0,84	0,75	0,62	0,63	0,80
CB180	0,45	0,54	0,51	0,59	0,48	0,08	0,51	0,47	0,54	0,54	0,60	0,53	0,40	0,52	0,58
DDEPP	0,52	0,81	0,60	0,74	0,48	0,09	0,59	0,55	0,59	0,59	0,58	0,39	0,39	0,40	0,47
DDPPP	0,48	0,79	0,57	0,75	0,55	0,02	0,58	0,53	0,60	0,60	0,58	0,50	0,29	0,49	0,49
DDTTP	0,25	0,74	0,50	0,40	-0,03	0,27	0,19	0,21	0,17	0,18	0,15	-0,07	0,29	-0,14	0,05
NAPH	1,00	0,43	0,38	0,69	0,65	0,49	0,84	0,86	0,82	0,83	0,72	0,65	0,64	0,44	0,68
ACY	0,43	1,00	0,78	0,70	0,35	0,12	0,47	0,44	0,47	0,47	0,46	0,26	0,34	0,24	0,32
ACE	0,38	0,78	1,00	0,66	0,31	0,26	0,53	0,51	0,52	0,52	0,55	0,37	0,50	0,25	0,43
FL	0,69	0,70	0,66	1,00	0,66	0,32	0,78	0,77	0,79	0,79	0,70	0,66	0,51	0,47	0,62
PHEN	0,65	0,35	0,31	0,66	1,00	0,14	0,76	0,72	0,77	0,77	0,70	0,79	0,27	0,71	0,71
ANT	0,49	0,12	0,26	0,32	0,14	1,00	0,44	0,49	0,43	0,40	0,29	0,43	0,54	-0,16	0,24
FLU	0,84	0,47	0,53	0,78	0,76	0,44	1,00	0,99	0,99	0,99	0,93	0,82	0,76	0,66	0,87
PYR	0,86	0,44	0,51	0,77	0,72	0,49	0,99	1,00	0,98	0,98	0,91	0,81	0,77	0,61	0,86
BAA	0,82	0,47	0,52	0,79	0,77	0,43	0,99	0,98	1,00	0,99	0,93	0,86	0,74	0,69	0,88
CHRTR	0,83	0,47	0,52	0,79	0,77	0,40	0,99	0,98	0,99	1,00	0,95	0,83	0,76	0,69	0,90
BBF	0,72	0,46	0,55	0,70	0,70	0,29	0,93	0,91	0,93	0,95	1,00	0,81	0,80	0,77	0,96
BAP	0,65	0,26	0,37	0,66	0,79	0,43	0,82	0,81	0,86	0,83	0,81	1,00	0,55	0,68	0,81
DBAHA	0,64	0,34	0,50	0,51	0,27	0,54	0,76	0,77	0,74	0,76	0,80	0,55	1,00	0,39	0,78
I123P	0,44	0,24	0,25	0,47	0,71	-0,16	0,66	0,61	0,69	0,69	0,77	0,68	0,39	1,00	0,81
BGHIP	0,68	0,32	0,43	0,62	0,71	0,24	0,87	0,86	0,88	0,90	0,96	0,81	0,78	0,81	1,00
Summe	16,83	14,67	14,70	18,18	14,49	8,77	19,34	19,01	19,38	19,45	19,19	16,16	15,92	12,89	17,63
Median	0,63	0,47	0,51	0,66	0,64	0,27	0,76	0,72	0,74	0,76	0,72	0,65	0,54	0,52	0,71

Tabelle A19: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Ostsee.

Ostsee (9 Werte)	TOC	HCHA	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
TOC	1,00	0,28	-0,40	-0,50	0,53	0,72	0,23	0,27	0,32	0,38	0,28	0,56	0,95	0,53
HCHA	0,28	1,00	0,31	0,08	-0,11	0,27	0,18	-0,06	0,18	0,01	0,19	0,04	0,31	0,31
HCHG	-0,40	0,31	1,00	-0,15	-0,48	-0,61	-0,22	-0,40	-0,25	-0,40	-0,20	0,27	-0,44	-0,28
HCB	-0,50	0,08	-0,15	1,00	0,03	0,05	0,20	0,15	0,13	0,05	0,18	-0,73	-0,35	0,03
CB28	0,53	-0,11	-0,48	0,03	1,00	0,77	0,77	0,85	0,73	0,88	0,78	-0,03	0,55	0,83
CB52	0,72	0,27	-0,61	0,05	0,77	1,00	0,68	0,60	0,73	0,70	0,70	-0,08	0,82	0,65
CB101	0,23	0,18	-0,22	0,20	0,77	0,68	1,00	0,88	0,97	0,92	0,98	-0,34	0,32	0,70
CB118	0,27	-0,06	-0,40	0,15	0,85	0,60	0,88	1,00	0,85	0,98	0,90	-0,36	0,23	0,80
CB153	0,32	0,18	-0,25	0,13	0,73	0,73	0,97	0,85	1,00	0,90	0,98	-0,31	0,38	0,62
CB138	0,38	0,01	-0,40	0,05	0,88	0,70	0,92	0,98	0,90	1,00	0,93	-0,28	0,37	0,82
CB180	0,28	0,19	-0,20	0,18	0,78	0,70	0,98	0,90	0,98	0,93	1,00	-0,33	0,33	0,72
DDEPP	0,56	0,04	0,27	-0,73	-0,03	-0,08	-0,34	-0,36	-0,31	-0,28	-0,33	1,00	0,49	-0,04
DDDPP	0,95	0,31	-0,44	-0,35	0,55	0,82	0,32	0,23	0,38	0,37	0,33	0,49	1,00	0,48
DDTTP	0,53	0,31	-0,28	0,03	0,83	0,65	0,70	0,80	0,62	0,82	0,72	-0,04	0,48	1,00
NAPH	0,60	0,28	-0,45	0,17	0,90	0,88	0,77	0,78	0,75	0,83	0,80	-0,14	0,63	0,90
ACY	0,52	0,42	-0,45	0,42	0,67	0,87	0,58	0,52	0,62	0,57	0,63	-0,23	0,62	0,65
ACE	0,37	0,49	-0,21	0,43	0,68	0,80	0,77	0,62	0,77	0,67	0,80	-0,29	0,48	0,70
FL	0,13	0,56	-0,10	0,58	0,47	0,65	0,65	0,47	0,65	0,50	0,68	-0,48	0,27	0,53
PHEN	0,30	0,55	-0,12	0,33	0,60	0,75	0,73	0,57	0,73	0,63	0,77	-0,36	0,40	0,67
ANT	-0,07	0,25	-0,31	0,83	0,32	0,45	0,47	0,43	0,50	0,38	0,52	-0,64	0,03	0,30
FLU	0,52	0,33	-0,30	0,18	0,83	0,83	0,82	0,80	0,85	0,85	0,88	-0,21	0,53	0,82
PYR	0,50	0,42	-0,26	0,22	0,75	0,85	0,78	0,70	0,83	0,77	0,85	-0,23	0,55	0,73
BAA	0,30	-0,03	-0,44	0,28	0,87	0,62	0,82	0,97	0,78	0,93	0,85	-0,34	0,27	0,83
CHRTR	0,27	0,07	-0,30	0,22	0,83	0,60	0,85	0,97	0,83	0,95	0,90	-0,38	0,22	0,83
BBF	0,77	0,41	-0,44	0,00	0,80	0,85	0,60	0,62	0,57	0,68	0,62	0,11	0,78	0,90
BAP	0,38	0,48	-0,15	0,28	0,68	0,80	0,82	0,67	0,85	0,73	0,87	-0,29	0,47	0,68
DBAHA	0,38	0,44	-0,22	0,35	0,62	0,82	0,78	0,60	0,85	0,67	0,83	-0,29	0,50	0,55
I123P	0,60	0,45	-0,41	0,18	0,68	0,95	0,68	0,53	0,73	0,63	0,72	-0,16	0,72	0,63
BGHIP	0,82	0,18	-0,66	-0,10	0,83	0,95	0,67	0,68	0,70	0,77	0,68	0,07	0,85	0,75
Summe	11,54	8,27	-7,09	4,56	17,65	18,66	18,04	16,61	18,25	17,83	18,86	-4,01	12,75	17,65
Median	0,38	0,28	-0,30	0,18	0,73	0,73	0,73	0,62	0,73	0,70	0,77	-0,23	0,48	0,68

Tabelle A19 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe in der Ostsee.

Ostsee (64 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,60	0,52	0,37	0,13	0,30	-0,07	0,52	0,50	0,30	0,27	0,77	0,38	0,38	0,60	0,82
HCHA	0,28	0,42	0,49	0,56	0,55	0,25	0,33	0,42	-0,03	0,07	0,41	0,48	0,44	0,45	0,18
HCHG	-0,45	-0,45	-0,21	-0,10	-0,12	-0,31	-0,30	-0,26	-0,44	-0,30	-0,44	-0,15	-0,22	-0,41	-0,66
HCB	0,17	0,42	0,43	0,58	0,33	0,83	0,18	0,22	0,28	0,22	0,00	0,28	0,35	0,18	-0,10
CB28	0,90	0,67	0,68	0,47	0,60	0,32	0,83	0,75	0,87	0,83	0,80	0,68	0,62	0,68	0,83
CB52	0,88	0,87	0,80	0,65	0,75	0,45	0,83	0,85	0,62	0,60	0,85	0,80	0,82	0,95	0,95
CB101	0,77	0,58	0,77	0,65	0,73	0,47	0,82	0,78	0,82	0,85	0,60	0,82	0,78	0,68	0,67
CB118	0,78	0,52	0,62	0,47	0,57	0,43	0,80	0,70	0,97	0,97	0,62	0,67	0,60	0,53	0,68
CB153	0,75	0,62	0,77	0,65	0,73	0,50	0,85	0,83	0,78	0,83	0,57	0,85	0,85	0,73	0,70
CB138	0,83	0,57	0,67	0,50	0,63	0,38	0,85	0,77	0,93	0,95	0,68	0,73	0,67	0,63	0,77
CB180	0,80	0,63	0,80	0,68	0,77	0,52	0,88	0,85	0,85	0,90	0,62	0,87	0,83	0,72	0,68
DDEPP	-0,14	-0,23	-0,29	-0,48	-0,36	-0,64	-0,21	-0,23	-0,34	-0,38	0,11	-0,29	-0,29	-0,16	0,07
DDPPP	0,63	0,62	0,48	0,27	0,40	0,03	0,53	0,55	0,27	0,22	0,78	0,47	0,50	0,72	0,85
DDTTP	0,90	0,65	0,70	0,53	0,67	0,30	0,82	0,73	0,83	0,83	0,90	0,68	0,55	0,63	0,75
NAPH	1,00	0,88	0,88	0,73	0,83	0,52	0,95	0,92	0,83	0,83	0,93	0,87	0,80	0,88	0,88
ACY	0,88	1,00	0,93	0,87	0,85	0,75	0,87	0,90	0,63	0,62	0,82	0,87	0,88	0,93	0,77
ACE	0,88	0,93	1,00	0,95	0,95	0,73	0,92	0,95	0,68	0,72	0,77	0,97	0,95	0,92	0,68
FL	0,73	0,87	0,95	1,00	0,95	0,80	0,80	0,87	0,53	0,60	0,58	0,92	0,90	0,83	0,47
PHEN	0,83	0,85	0,95	0,95	1,00	0,62	0,88	0,93	0,58	0,68	0,70	0,97	0,90	0,90	0,60
ANT	0,52	0,75	0,73	0,80	0,62	1,00	0,60	0,63	0,57	0,53	0,33	0,65	0,73	0,57	0,32
FLU	0,95	0,87	0,92	0,80	0,88	0,60	1,00	0,98	0,83	0,88	0,82	0,95	0,90	0,88	0,80
PYR	0,92	0,90	0,95	0,87	0,93	0,63	0,98	1,00	0,73	0,80	0,78	0,98	0,95	0,93	0,77
BAA	0,83	0,63	0,68	0,53	0,58	0,57	0,83	0,73	1,00	0,97	0,68	0,68	0,63	0,57	0,70
CHRTR	0,83	0,62	0,72	0,60	0,68	0,53	0,88	0,80	0,97	1,00	0,65	0,77	0,68	0,60	0,65
BBF	0,93	0,82	0,77	0,58	0,70	0,33	0,82	0,78	0,68	0,65	1,00	0,72	0,65	0,82	0,90
BAP	0,87	0,87	0,97	0,92	0,97	0,65	0,95	0,98	0,68	0,77	0,72	1,00	0,97	0,92	0,68
DBAHA	0,80	0,88	0,95	0,90	0,90	0,73	0,90	0,95	0,63	0,68	0,65	0,97	1,00	0,92	0,68
I123P	0,88	0,93	0,92	0,83	0,90	0,57	0,88	0,93	0,57	0,60	0,82	0,92	0,92	1,00	0,83
BGHIP	0,88	0,77	0,68	0,47	0,60	0,32	0,80	0,77	0,70	0,65	0,90	0,68	0,68	0,83	1,00
Summe	20,46	18,96	20,07	17,36	18,91	12,81	20,80	20,60	17,34	17,84	18,41	20,16	19,43	19,45	17,92
Median	0,83	0,67	0,77	0,65	0,70	0,52	0,83	0,78	0,68	0,68	0,70	0,77	0,73	0,72	0,70



Tabelle A20: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für das Nordmeer.

Nordmeer (25 Werte)	TOC	HCHA	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
TOC	1,00	-0,06	0,10	0,46	0,31	0,25	0,50	0,54	0,61	0,63	0,39	0,79	0,13	-0,49
HCHA	-0,06	1,00	0,64	0,35	0,06	-0,18	0,10	-0,09	0,13	0,08	0,06	0,09	0,30	0,41
HCHG	0,10	0,64	1,00	0,18	0,05	-0,26	0,02	0,04	0,04	0,00	-0,13	-0,01	0,20	0,51
HCB	0,46	0,35	0,18	1,00	0,52	0,30	0,39	0,31	0,60	0,61	0,59	0,72	0,38	0,09
CB28	0,31	0,06	0,05	0,52	1,00	0,56	0,33	0,39	0,36	0,27	0,24	0,40	0,47	0,22
CB52	0,25	-0,18	-0,26	0,30	0,56	1,00	0,40	0,35	0,21	0,22	0,31	0,33	0,43	-0,14
CB101	0,50	0,10	0,02	0,39	0,33	0,40	1,00	0,73	0,74	0,75	0,61	0,63	0,51	-0,36
CB118	0,54	-0,09	0,04	0,31	0,39	0,35	0,73	1,00	0,72	0,71	0,56	0,59	0,55	-0,22
CB153	0,61	0,13	0,04	0,60	0,36	0,21	0,74	0,72	1,00	0,95	0,81	0,82	0,47	-0,25
CB138	0,63	0,08	0,00	0,61	0,27	0,22	0,75	0,71	0,95	1,00	0,88	0,84	0,46	-0,37
CB180	0,39	0,06	-0,13	0,59	0,24	0,31	0,61	0,56	0,81	0,88	1,00	0,69	0,43	-0,34
DDEPP	0,79	0,09	-0,01	0,72	0,40	0,33	0,63	0,59	0,82	0,84	0,69	1,00	0,39	-0,41
DDDPP	0,13	0,30	0,20	0,38	0,47	0,43	0,51	0,55	0,47	0,46	0,43	0,39	1,00	0,23
DDTTP	-0,49	0,41	0,51	0,09	0,22	-0,14	-0,36	-0,22	-0,25	-0,37	-0,34	-0,41	0,23	1,00
NAPH	0,50	0,12	0,15	0,65	0,42	0,04	0,35	0,24	0,56	0,63	0,53	0,59	0,37	-0,10
ACY	0,19	0,06	0,07	0,38	0,53	0,32	0,31	0,33	0,44	0,40	0,27	0,41	0,67	0,32
ACE	0,57	0,14	0,03	0,84	0,50	0,27	0,55	0,45	0,77	0,78	0,70	0,84	0,37	-0,19
FL	0,69	0,16	0,14	0,76	0,40	0,13	0,38	0,28	0,54	0,62	0,49	0,72	0,32	-0,21
PHEN	0,65	0,07	0,10	0,66	0,28	0,11	0,45	0,35	0,60	0,73	0,62	0,71	0,37	-0,33
ANT	0,48	0,30	0,35	0,77	0,49	0,13	0,52	0,49	0,79	0,79	0,68	0,71	0,57	0,10
FLU	0,53	0,26	0,24	0,77	0,50	0,27	0,53	0,49	0,78	0,78	0,66	0,83	0,55	0,01
PYR	0,53	0,28	0,24	0,76	0,47	0,16	0,49	0,46	0,77	0,79	0,68	0,83	0,55	-0,04
BAA	0,40	0,27	0,23	0,75	0,48	0,25	0,51	0,49	0,79	0,77	0,69	0,77	0,58	0,08
BAP	0,42	0,34	0,24	0,78	0,56	0,28	0,47	0,41	0,72	0,68	0,61	0,76	0,60	0,13
DBAHA	0,43	0,27	0,21	0,68	0,44	0,17	0,58	0,57	0,85	0,87	0,78	0,74	0,57	-0,04
I123P	0,42	0,12	0,13	0,52	0,49	0,22	0,49	0,69	0,82	0,77	0,66	0,69	0,63	0,08
BGHIP	0,49	0,33	0,27	0,77	0,52	0,23	0,54	0,53	0,81	0,79	0,68	0,81	0,56	0,06
Summe	11,47	5,59	4,80	15,60	11,26	6,35	12,54	11,97	16,45	16,43	14,18	16,28	12,69	-0,23
Median	0,48	0,14	0,14	0,61	0,44	0,25	0,50	0,49	0,72	0,73	0,61	0,71	0,47	-0,04

Tabelle A20 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für das Nordmeer.

Nordmeer (25 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,50	0,19	0,57	0,69	0,65	0,48	0,53	0,53	0,40	0,42	0,43	0,42	0,49
HCHA	0,12	0,06	0,14	0,16	0,07	0,30	0,26	0,28	0,27	0,34	0,27	0,12	0,33
HCHG	0,15	0,07	0,03	0,14	0,10	0,35	0,24	0,24	0,23	0,24	0,21	0,13	0,27
HCB	0,65	0,38	0,84	0,76	0,66	0,77	0,77	0,76	0,75	0,78	0,68	0,52	0,77
CB28	0,42	0,53	0,50	0,40	0,28	0,49	0,50	0,47	0,48	0,56	0,44	0,49	0,52
CB52	0,04	0,32	0,27	0,13	0,11	0,13	0,27	0,16	0,25	0,28	0,17	0,22	0,23
CB101	0,35	0,31	0,55	0,38	0,45	0,52	0,53	0,49	0,51	0,47	0,58	0,49	0,54
CB118	0,24	0,33	0,45	0,28	0,35	0,49	0,49	0,46	0,49	0,41	0,57	0,69	0,53
CB153	0,56	0,44	0,77	0,54	0,60	0,79	0,78	0,77	0,79	0,72	0,85	0,82	0,81
CB138	0,63	0,40	0,78	0,62	0,73	0,79	0,78	0,79	0,77	0,68	0,87	0,77	0,79
CB180	0,53	0,27	0,70	0,49	0,62	0,68	0,66	0,68	0,69	0,61	0,78	0,66	0,68
DDEPP	0,59	0,41	0,84	0,72	0,71	0,71	0,83	0,83	0,77	0,76	0,74	0,69	0,81
DDDDP	0,37	0,67	0,37	0,32	0,37	0,57	0,55	0,55	0,58	0,60	0,57	0,63	0,56
DDTTP	-0,10	0,32	-0,19	-0,21	-0,33	0,10	0,01	-0,04	0,08	0,13	-0,04	0,08	0,06
NAPH	1,00	0,43	0,70	0,91	0,93	0,82	0,67	0,77	0,62	0,61	0,68	0,44	0,62
ACY	0,43	1,00	0,43	0,36	0,32	0,56	0,63	0,60	0,61	0,66	0,52	0,69	0,59
ACE	0,70	0,43	1,00	0,79	0,73	0,83	0,88	0,88	0,86	0,87	0,83	0,69	0,85
FL	0,91	0,36	0,79	1,00	0,94	0,76	0,69	0,78	0,61	0,64	0,64	0,42	0,63
PHEN	0,93	0,32	0,73	0,94	1,00	0,78	0,67	0,77	0,60	0,58	0,67	0,43	0,61
ANT	0,82	0,56	0,83	0,76	0,78	1,00	0,90	0,93	0,90	0,86	0,92	0,77	0,89
FLU	0,67	0,63	0,88	0,69	0,67	0,90	1,00	0,97	0,98	0,97	0,91	0,82	0,98
PYR	0,77	0,60	0,88	0,78	0,77	0,93	0,97	1,00	0,95	0,94	0,93	0,80	0,95
BAA	0,62	0,61	0,86	0,61	0,60	0,90	0,98	0,95	1,00	0,97	0,94	0,85	0,98
BAP	0,61	0,66	0,87	0,64	0,58	0,86	0,97	0,94	0,97	1,00	0,87	0,80	0,96
DBAHA	0,68	0,52	0,83	0,64	0,67	0,92	0,91	0,93	0,94	0,87	1,00	0,87	0,94
I123P	0,44	0,69	0,69	0,42	0,43	0,77	0,82	0,80	0,85	0,80	0,87	1,00	0,85
BGHIP	0,62	0,59	0,85	0,63	0,61	0,89	0,98	0,95	0,98	0,96	0,94	0,85	1,00
Summe	14,27	12,09	16,94	14,60	14,41	18,11	18,28	18,23	17,92	17,74	17,82	16,16	18,23
Median	0,59	0,43	0,73	0,62	0,61	0,77	0,69	0,77	0,69	0,66	0,68	0,69	0,68

Tabelle A21: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT 190 (20 Werte)	TOC	F20	F63	F200	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDPP	DDTPP
TOC	1,00	0,87	0,87	0,62	0,75	0,89	0,74	0,96	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,93	0,94	0,96	0,81
F20	0,87	1,00	1,00	0,80	0,64	0,76	0,65	0,90	0,98	0,97	0,98	0,96	0,92	0,92	0,77	0,95	0,96	0,65
F63	0,87	1,00	1,00	0,80	0,64	0,76	0,65	0,90	0,98	0,97	0,98	0,96	0,92	0,92	0,77	0,95	0,96	0,65
F200	0,62	0,80	0,80	1,00	0,50	0,51	0,53	0,59	0,80	0,82	0,77	0,83	0,60	0,60	0,34	0,87	0,82	0,53
HCHA	0,75	0,64	0,64	0,50	1,00	0,86	0,68	0,80	0,78	0,79	0,79	0,78	0,79	0,78	0,81	0,78	0,77	0,94
HCHB	0,89	0,76	0,76	0,51	0,86	1,00	0,79	0,90	0,91	0,90	0,90	0,91	0,90	0,90	0,93	0,91	0,90	0,87
HCHG	0,74	0,65	0,65	0,53	0,68	0,79	1,00	0,70	0,70	0,75	0,73	0,75	0,74	0,74	0,76	0,75	0,76	0,83
HCB	0,96	0,90	0,90	0,59	0,80	0,90	0,70	1,00	0,96	0,97	0,98	0,96	0,99	0,99	0,96	0,94	0,95	0,79
CB28	0,94	0,98	0,98	0,80	0,78	0,91	0,70	0,96	1,00	0,99	0,98	0,98	0,96	0,96	0,91	0,98	0,98	0,78
CB52	0,95	0,97	0,97	0,82	0,79	0,90	0,75	0,97	0,99	1,00	0,99	1,00	0,96	0,96	0,91	0,99	0,99	0,80
CB101	0,95	0,98	0,98	0,77	0,79	0,90	0,73	0,98	0,98	0,99	1,00	0,99	0,97	0,97	0,93	0,98	0,98	0,80
CB118	0,96	0,96	0,96	0,83	0,78	0,91	0,75	0,96	0,98	1,00	0,99	1,00	0,96	0,96	0,91	0,99	0,98	0,80
CB153	0,97	0,92	0,92	0,60	0,79	0,90	0,74	0,99	0,96	0,96	0,97	0,96	1,00	1,00	0,97	0,93	0,95	0,80
CB138	0,97	0,92	0,92	0,60	0,78	0,90	0,74	0,99	0,96	0,96	0,97	0,96	1,00	1,00	0,97	0,94	0,95	0,80
CB180	0,93	0,77	0,77	0,34	0,81	0,93	0,76	0,96	0,91	0,91	0,93	0,91	0,97	0,97	1,00	0,88	0,89	0,83
DDEPP	0,94	0,95	0,95	0,87	0,78	0,91	0,75	0,94	0,98	0,99	0,98	0,99	0,93	0,94	0,88	1,00	0,99	0,80
DDPP	0,96	0,96	0,96	0,82	0,77	0,90	0,76	0,95	0,98	0,99	0,98	0,98	0,95	0,95	0,89	0,99	1,00	0,81
DDTPP	0,81	0,65	0,65	0,53	0,94	0,87	0,83	0,79	0,78	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,83	0,80	0,81	1,00
NAPH	0,85	0,85	0,85	0,84	0,68	0,85	0,77	0,84	0,92	0,91	0,90	0,92	0,85	0,84	0,80	0,95	0,93	0,69
ACY	0,81	0,92	0,92	0,87	0,66	0,86	0,64	0,83	0,92	0,90	0,89	0,90	0,83	0,83	0,79	0,92	0,90	0,62
ACE	0,88	0,81	0,81	0,71	0,82	0,90	0,70	0,90	0,95	0,94	0,92	0,93	0,88	0,87	0,83	0,95	0,95	0,79
FL	0,90	0,89	0,89	0,83	0,77	0,90	0,70	0,91	0,97	0,96	0,95	0,96	0,91	0,91	0,86	0,98	0,97	0,75
PHEN	0,87	0,86	0,86	0,87	0,80	0,81	0,63	0,86	0,93	0,92	0,90	0,92	0,85	0,85	0,77	0,94	0,93	0,77
ANT	0,92	0,82	0,82	0,65	0,69	0,88	0,65	0,91	0,93	0,91	0,90	0,92	0,92	0,92	0,87	0,92	0,92	0,68
FLU	0,90	0,90	0,90	0,84	0,79	0,89	0,65	0,91	0,97	0,95	0,94	0,95	0,90	0,90	0,84	0,97	0,96	0,76
PYR	0,91	0,88	0,88	0,86	0,78	0,88	0,66	0,90	0,96	0,95	0,94	0,95	0,89	0,89	0,83	0,98	0,96	0,77
BAA	0,91	0,91	0,91	0,88	0,78	0,86	0,72	0,90	0,96	0,96	0,95	0,96	0,90	0,90	0,83	0,98	0,98	0,80
CHRTR	0,92	0,90	0,90	0,84	0,79	0,89	0,70	0,91	0,97	0,96	0,95	0,96	0,91	0,91	0,85	0,98	0,98	0,79
BBF	0,92	0,90	0,90	0,84	0,77	0,88	0,71	0,91	0,96	0,96	0,95	0,96	0,91	0,91	0,85	0,98	0,98	0,78
BAP	0,82	0,80	0,80	0,86	0,78	0,77	0,69	0,80	0,87	0,88	0,86	0,87	0,79	0,79	0,71	0,92	0,92	0,81
DBAHA	0,79	0,81	0,81	0,82	0,48	0,67	0,76	0,72	0,77	0,81	0,79	0,81	0,74	0,74	0,67	0,84	0,85	0,63

Tabelle A21 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT 190 (20 Werte)	TOC	F20	F63	F200	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTPP
I123P	0,75	0,76	0,76	0,79	0,48	0,66	0,76	0,68	0,72	0,77	0,75	0,77	0,70	0,70	0,65	0,81	0,82	0,62
BGHIP	0,91	0,90	0,90	0,84	0,76	0,86	0,70	0,91	0,96	0,96	0,95	0,96	0,90	0,90	0,84	0,98	0,97	0,76
NAPH-M1	0,50	0,59	0,59	0,83	0,47	0,41	0,46	0,48	0,60	0,60	0,57	0,60	0,47	0,47	0,33	0,67	0,65	0,51
NAPH-M2	0,66	0,69	0,69	0,87	0,59	0,57	0,61	0,64	0,74	0,75	0,72	0,74	0,63	0,63	0,52	0,81	0,79	0,64
NAPH-DM26	0,93	0,87	0,87	0,83	0,77	0,86	0,75	0,90	0,95	0,96	0,95	0,96	0,91	0,91	0,84	0,98	0,98	0,80
NAPH-DM-SUM	0,71	0,80	0,80	0,88	0,66	0,60	0,59	0,69	0,79	0,79	0,77	0,79	0,69	0,69	0,58	0,83	0,82	0,69
NAPH-TM235	0,50	0,77	0,77	0,90	0,43	0,38	0,33	0,50	0,63	0,61	0,58	0,61	0,49	0,49	0,34	0,66	0,64	0,44
NAPH-TM-SUM	0,63	0,75	0,75	0,88	0,57	0,53	0,43	0,63	0,75	0,73	0,71	0,73	0,62	0,62	0,50	0,78	0,76	0,57
PHEN-M3	0,79	0,77	0,77	0,89	0,78	0,76	0,59	0,79	0,88	0,88	0,85	0,87	0,77	0,77	0,69	0,91	0,89	0,75
PHEN-M-SUM	0,74	0,80	0,80	0,88	0,72	0,66	0,52	0,74	0,82	0,82	0,79	0,81	0,72	0,72	0,61	0,85	0,83	0,69
PHEN-DM36	0,80	0,80	0,80	0,85	0,77	0,76	0,63	0,81	0,89	0,88	0,86	0,88	0,79	0,79	0,70	0,91	0,90	0,77
PHEN-DM-SUM	0,81	0,83	0,83	0,90	0,76	0,74	0,62	0,81	0,89	0,88	0,86	0,88	0,80	0,80	0,70	0,91	0,90	0,76
PHEN-TM128	0,68	0,77	0,77	0,87	0,62	0,56	0,54	0,66	0,76	0,76	0,73	0,76	0,65	0,65	0,53	0,80	0,79	0,65
PHEN-TM-SUM	0,81	0,83	0,83	0,90	0,71	0,73	0,63	0,80	0,87	0,88	0,86	0,87	0,79	0,79	0,71	0,91	0,90	0,74
Summe	37,69	37,83	37,83	35,14	32,53	35,64	30,40	37,56	39,91	39,98	39,45	39,91	37,52	37,50	34,52	40,71	40,48	33,34
Median	0,87	0,85	0,85	0,83	0,77	0,86	0,70	0,90	0,93	0,91	0,90	0,92	0,89	0,89	0,83	0,93	0,93	0,77

Tabelle A21 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT190 (20 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,85	0,81	0,88	0,90	0,87	0,92	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,82	0,79	0,75	0,91
F20	0,85	0,92	0,81	0,89	0,86	0,82	0,90	0,88	0,91	0,90	0,90	0,80	0,81	0,76	0,90
F63	0,85	0,92	0,81	0,89	0,86	0,82	0,90	0,88	0,91	0,90	0,90	0,80	0,81	0,76	0,90
F200	0,84	0,87	0,71	0,83	0,87	0,65	0,84	0,86	0,88	0,84	0,84	0,86	0,82	0,79	0,84
HCHA	0,68	0,66	0,82	0,77	0,80	0,69	0,79	0,78	0,78	0,79	0,77	0,78	0,48	0,48	0,76
HCHB	0,85	0,86	0,90	0,90	0,81	0,88	0,89	0,88	0,86	0,89	0,88	0,77	0,67	0,66	0,86
HCHG	0,77	0,64	0,70	0,70	0,63	0,65	0,65	0,66	0,72	0,70	0,71	0,69	0,76	0,76	0,70
HCB	0,84	0,83	0,90	0,91	0,86	0,91	0,91	0,90	0,90	0,91	0,91	0,80	0,72	0,68	0,91
CB28	0,92	0,92	0,95	0,97	0,93	0,93	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	0,87	0,77	0,72	0,96
CB52	0,91	0,90	0,94	0,96	0,92	0,91	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,88	0,81	0,77	0,96
CB101	0,90	0,89	0,92	0,95	0,90	0,90	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,86	0,79	0,75	0,95
CB118	0,92	0,90	0,93	0,96	0,92	0,92	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,87	0,81	0,77	0,96
CB153	0,85	0,83	0,88	0,91	0,85	0,92	0,90	0,89	0,90	0,91	0,91	0,79	0,74	0,70	0,90
CB138	0,84	0,83	0,87	0,91	0,85	0,92	0,90	0,89	0,90	0,91	0,91	0,79	0,74	0,70	0,90
CB180	0,80	0,79	0,83	0,86	0,77	0,87	0,84	0,83	0,83	0,85	0,85	0,71	0,67	0,65	0,84
DDEPP	0,95	0,92	0,95	0,98	0,94	0,92	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,92	0,84	0,81	0,98
DDDDP	0,93	0,90	0,95	0,97	0,93	0,92	0,96	0,96	0,98	0,98	0,98	0,92	0,85	0,82	0,97
DDTTP	0,69	0,62	0,79	0,75	0,77	0,68	0,76	0,77	0,80	0,79	0,78	0,81	0,63	0,62	0,76
NAPH	1,00	0,95	0,92	0,96	0,90	0,89	0,94	0,94	0,93	0,94	0,95	0,85	0,83	0,82	0,95
ACY	0,95	1,00	0,91	0,94	0,86	0,87	0,93	0,91	0,89	0,91	0,90	0,78	0,70	0,68	0,90
ACE	0,92	0,91	1,00	0,96	0,96	0,90	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,90	0,73	0,69	0,94
FL	0,96	0,94	0,96	1,00	0,95	0,95	0,99	0,98	0,97	0,99	0,99	0,90	0,80	0,77	0,98
PHEN	0,90	0,86	0,96	0,95	1,00	0,87	0,97	0,98	0,97	0,98	0,96	0,95	0,75	0,70	0,96
ANT	0,89	0,87	0,90	0,95	0,87	1,00	0,94	0,93	0,90	0,93	0,93	0,78	0,77	0,72	0,93
FLU	0,94	0,93	0,97	0,99	0,97	0,94	1,00	0,99	0,97	0,99	0,98	0,90	0,76	0,72	0,98
PYR	0,94	0,91	0,96	0,98	0,98	0,93	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	0,92	0,79	0,75	0,99
BAA	0,93	0,89	0,95	0,97	0,97	0,90	0,97	0,98	1,00	0,99	0,99	0,96	0,85	0,82	0,99
CHRTR	0,94	0,91	0,96	0,99	0,98	0,93	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,93	0,81	0,78	0,99
BBF	0,95	0,90	0,95	0,99	0,96	0,93	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	0,93	0,85	0,83	1,00

Tabelle A21 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT190 (20 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
BAP	0,85	0,78	0,90	0,90	0,95	0,78	0,90	0,92	0,96	0,93	0,93	1,00	0,82	0,80	0,93
DBAHA	0,83	0,70	0,73	0,80	0,75	0,77	0,76	0,79	0,85	0,81	0,85	0,82	1,00	0,98	0,85
I123P	0,82	0,68	0,69	0,77	0,70	0,72	0,72	0,75	0,82	0,78	0,83	0,80	0,98	1,00	0,82
BGHIP	0,95	0,90	0,94	0,98	0,96	0,93	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	0,93	0,85	0,82	1,00
NAPH-M1	0,68	0,57	0,66	0,68	0,79	0,54	0,68	0,72	0,75	0,72	0,72	0,85	0,70	0,68	0,73
NAPH-M2	0,80	0,69	0,79	0,79	0,87	0,66	0,79	0,83	0,86	0,83	0,84	0,94	0,83	0,82	0,85
NAPH-DM26	0,94	0,89	0,94	0,96	0,95	0,91	0,96	0,97	0,99	0,98	0,98	0,94	0,87	0,83	0,98
NAPH-DM-SUM	0,79	0,70	0,80	0,82	0,91	0,70	0,83	0,86	0,89	0,86	0,87	0,95	0,78	0,74	0,87
NAPH-TM235	0,64	0,56	0,65	0,68	0,79	0,56	0,69	0,74	0,75	0,72	0,72	0,82	0,63	0,58	0,73
NAPH-TM-SUM	0,75	0,69	0,77	0,79	0,89	0,68	0,81	0,85	0,85	0,83	0,82	0,89	0,69	0,64	0,83
PHEN-M3	0,85	0,81	0,93	0,91	0,98	0,81	0,93	0,95	0,95	0,94	0,93	0,96	0,75	0,70	0,94
PHEN-M-SUM	0,80	0,75	0,86	0,86	0,96	0,75	0,88	0,91	0,90	0,90	0,88	0,94	0,70	0,65	0,89
PHEN-DM36	0,85	0,82	0,93	0,90	0,97	0,80	0,92	0,94	0,95	0,94	0,93	0,97	0,76	0,72	0,93
PHEN-DM-SUM	0,86	0,81	0,91	0,91	0,98	0,82	0,93	0,95	0,95	0,94	0,93	0,97	0,77	0,72	0,94
PHEN-TM128	0,75	0,66	0,77	0,79	0,89	0,67	0,80	0,84	0,87	0,83	0,84	0,93	0,76	0,71	0,85
PHEN-TM-SUM	0,86	0,81	0,87	0,90	0,95	0,82	0,91	0,94	0,94	0,93	0,94	0,95	0,83	0,79	0,95
Summe	38,55	36,88	39,12	40,17	40,02	37,29	40,10	40,50	40,93	40,70	40,73	39,20	34,88	33,41	40,65
Median	0,85	0,86	0,90	0,91	0,90	0,87	0,91	0,92	0,91	0,93	0,93	0,88	0,78	0,75	0,93

Tabelle A21 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT190 (25 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
TOC	0,50	0,66	0,93	0,71	0,50	0,63	0,79	0,74	0,80	0,81	0,68	0,81
F20	0,59	0,69	0,87	0,80	0,77	0,75	0,77	0,80	0,80	0,83	0,77	0,83
F63	0,59	0,69	0,87	0,80	0,77	0,75	0,77	0,80	0,80	0,83	0,77	0,83
F200	0,83	0,87	0,83	0,88	0,90	0,88	0,89	0,88	0,85	0,90	0,87	0,90
HCHA	0,47	0,59	0,77	0,66	0,43	0,57	0,78	0,72	0,77	0,76	0,62	0,71
HCHB	0,41	0,57	0,86	0,60	0,38	0,53	0,76	0,66	0,76	0,74	0,56	0,73
HCHG	0,46	0,61	0,75	0,59	0,33	0,43	0,59	0,52	0,63	0,62	0,54	0,63
HCB	0,48	0,64	0,90	0,69	0,50	0,63	0,79	0,74	0,81	0,81	0,66	0,80
CB28	0,60	0,74	0,95	0,79	0,63	0,75	0,88	0,82	0,89	0,89	0,76	0,87
CB52	0,60	0,75	0,96	0,79	0,61	0,73	0,88	0,82	0,88	0,88	0,76	0,88
CB101	0,57	0,72	0,95	0,77	0,58	0,71	0,85	0,79	0,86	0,86	0,73	0,86
CB118	0,60	0,74	0,96	0,79	0,61	0,73	0,87	0,81	0,88	0,88	0,76	0,87
CB153	0,47	0,63	0,91	0,69	0,49	0,62	0,77	0,72	0,79	0,80	0,65	0,79
CB138	0,47	0,63	0,91	0,69	0,49	0,62	0,77	0,72	0,79	0,80	0,65	0,79
CB180	0,33	0,52	0,84	0,58	0,34	0,50	0,69	0,61	0,70	0,70	0,53	0,71
DDEPP	0,67	0,81	0,98	0,83	0,66	0,78	0,91	0,85	0,91	0,91	0,80	0,91
DDDDPP	0,65	0,79	0,98	0,82	0,64	0,76	0,89	0,83	0,90	0,90	0,79	0,90
DDTTPP	0,51	0,64	0,80	0,69	0,44	0,57	0,75	0,69	0,77	0,76	0,65	0,74
NAPH	0,68	0,80	0,94	0,79	0,64	0,75	0,85	0,80	0,85	0,86	0,75	0,86
ACY	0,57	0,69	0,89	0,70	0,56	0,69	0,81	0,75	0,82	0,81	0,66	0,81
ACE	0,66	0,79	0,94	0,80	0,65	0,77	0,93	0,86	0,93	0,91	0,77	0,87
FL	0,68	0,79	0,96	0,82	0,68	0,79	0,91	0,86	0,90	0,91	0,79	0,90
PHEN	0,79	0,87	0,95	0,91	0,79	0,89	0,98	0,96	0,97	0,98	0,89	0,95
ANT	0,54	0,66	0,91	0,70	0,56	0,68	0,81	0,75	0,80	0,82	0,67	0,82
FLU	0,68	0,79	0,96	0,83	0,69	0,81	0,93	0,88	0,92	0,93	0,80	0,91
PYR	0,72	0,83	0,97	0,86	0,74	0,85	0,95	0,91	0,94	0,95	0,84	0,94
BAA	0,75	0,86	0,99	0,89	0,75	0,85	0,95	0,90	0,95	0,95	0,87	0,94
CHRTTR	0,72	0,83	0,98	0,86	0,72	0,83	0,94	0,90	0,94	0,94	0,83	0,93
BBF	0,72	0,84	0,98	0,87	0,72	0,82	0,93	0,88	0,93	0,93	0,84	0,94

Tabelle A21 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT190 in der Deutschen Bucht 2011.

AT190 (25 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
BAP	0,85	0,94	0,94	0,95	0,82	0,89	0,96	0,94	0,97	0,97	0,93	0,95
DBAHA	0,70	0,83	0,87	0,78	0,63	0,69	0,75	0,70	0,76	0,77	0,76	0,83
I123P	0,68	0,82	0,83	0,74	0,58	0,64	0,70	0,65	0,72	0,72	0,71	0,79
BGHIP	0,73	0,85	0,98	0,87	0,73	0,83	0,94	0,89	0,93	0,94	0,85	0,95
NAPH-M1	1,00	0,96	0,72	0,94	0,96	0,94	0,85	0,90	0,85	0,87	0,95	0,86
NAPH-M2	0,96	1,00	0,85	0,97	0,90	0,93	0,91	0,92	0,92	0,92	0,95	0,93
NAPH-DM26	0,72	0,85	1,00	0,87	0,70	0,81	0,92	0,87	0,93	0,93	0,84	0,93
NAPH-DM-SUM	0,94	0,97	0,87	1,00	0,93	0,97	0,94	0,97	0,94	0,97	0,99	0,96
NAPH-TM235	0,96	0,90	0,70	0,93	1,00	0,98	0,86	0,92	0,84	0,87	0,95	0,85
NAPH-TM-SUM	0,94	0,93	0,81	0,97	0,98	1,00	0,93	0,97	0,92	0,94	0,97	0,92
PHEN-M3	0,85	0,91	0,92	0,94	0,86	0,93	1,00	0,98	0,99	0,99	0,93	0,96
PHEN-M-SUM	0,90	0,92	0,87	0,97	0,92	0,97	0,98	1,00	0,96	0,99	0,97	0,96
PHEN-DM36	0,85	0,92	0,93	0,94	0,84	0,92	0,99	0,96	1,00	0,99	0,93	0,96
PHEN-DM-SUM	0,87	0,92	0,93	0,97	0,87	0,94	0,99	0,99	0,99	1,00	0,96	0,98
PHEN-TM128	0,95	0,95	0,84	0,99	0,95	0,97	0,93	0,97	0,93	0,96	1,00	0,95
PHEN-TM-SUM	0,86	0,93	0,93	0,96	0,85	0,92	0,96	0,96	0,96	0,98	0,95	1,00
Summe	31,09	35,64	40,47	36,97	31,08	34,98	39,05	37,55	39,16	39,47	35,90	39,21
Median	0,68	0,81	0,92	0,82	0,69	0,78	0,89	0,86	0,89	0,90	0,79	0,88



Tabelle A22: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT209 (19 Werte)	TOC	F20	F63	F200	F2000	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
TOC	1,00	0,94	0,91	0,73	0,35	0,32	0,65	0,61	0,70	0,71	0,68	0,63	0,68	0,60	0,61	0,60	0,74	0,75	0,75
F20	0,94	1,00	0,98	0,81	0,37	0,44	0,59	0,59	0,62	0,63	0,68	0,65	0,73	0,61	0,63	0,60	0,69	0,69	0,71
F63	0,91	0,98	1,00	0,89	0,43	0,34	0,49	0,49	0,66	0,63	0,69	0,65	0,75	0,62	0,65	0,58	0,71	0,70	0,65
F200	0,73	0,81	0,89	1,00	0,37	0,20	0,26	0,26	0,54	0,47	0,50	0,46	0,58	0,41	0,47	0,35	0,62	0,56	0,46
F2000	0,35	0,37	0,43	0,37	1,00	0,10	0,16	0,16	0,37	0,34	0,40	0,37	0,43	0,40	0,40	0,26	0,40	0,32	0,18
HCHA	0,32	0,44	0,34	0,20	0,10	1,00	0,74	0,68	0,46	0,47	0,43	0,47	0,43	0,47	0,47	0,49	0,46	0,50	0,53
HCHB	0,65	0,59	0,49	0,26	0,16	0,74	1,00	0,89	0,63	0,65	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,60	0,65	0,68	0,72
HCHG	0,61	0,59	0,49	0,26	0,16	0,68	0,89	1,00	0,65	0,68	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,75	0,62	0,71	0,62
HCB	0,70	0,62	0,66	0,54	0,37	0,46	0,63	0,65	1,00	0,98	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,90	0,93	0,97	0,80
CB28	0,71	0,63	0,63	0,47	0,34	0,47	0,65	0,68	0,98	1,00	0,95	0,95	0,94	0,95	0,94	0,90	0,94	0,98	0,82
CB52	0,68	0,68	0,69	0,50	0,40	0,43	0,58	0,73	0,93	0,95	1,00	0,99	0,98	0,99	0,99	0,95	0,85	0,94	0,69
CB101	0,63	0,65	0,65	0,46	0,37	0,47	0,58	0,73	0,94	0,95	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	0,96	0,85	0,94	0,69
CB118	0,68	0,73	0,75	0,58	0,43	0,43	0,58	0,73	0,94	0,94	0,98	0,98	1,00	0,98	0,98	0,94	0,89	0,95	0,69
CB153	0,60	0,61	0,62	0,41	0,40	0,47	0,58	0,73	0,94	0,95	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	0,95	0,84	0,93	0,69
CB138	0,61	0,63	0,65	0,47	0,40	0,47	0,58	0,73	0,95	0,94	0,99	0,99	0,98	0,99	1,00	0,95	0,86	0,94	0,68
CB180	0,60	0,60	0,58	0,35	0,26	0,49	0,60	0,75	0,90	0,90	0,95	0,96	0,94	0,95	0,95	1,00	0,81	0,90	0,70
DDEPP	0,74	0,69	0,71	0,62	0,40	0,46	0,65	0,62	0,93	0,94	0,85	0,85	0,89	0,84	0,86	0,81	1,00	0,97	0,82
DDDPP	0,75	0,69	0,70	0,56	0,32	0,50	0,68	0,71	0,97	0,98	0,94	0,94	0,95	0,93	0,94	0,90	0,97	1,00	0,82
DDTTP	0,75	0,71	0,65	0,46	0,18	0,53	0,72	0,62	0,80	0,82	0,69	0,69	0,69	0,69	0,68	0,70	0,82	0,82	1,00
NAPH	0,71	0,70	0,73	0,63	0,43	0,50	0,59	0,51	0,83	0,85	0,74	0,74	0,79	0,74	0,75	0,66	0,94	0,89	0,68
ACY	0,76	0,76	0,72	0,52	0,23	0,56	0,69	0,68	0,89	0,90	0,83	0,83	0,86	0,83	0,84	0,85	0,92	0,94	0,84
ACE	0,78	0,78	0,77	0,59	0,23	0,52	0,66	0,61	0,87	0,89	0,79	0,79	0,83	0,79	0,80	0,77	0,94	0,93	0,80
FL	0,73	0,71	0,72	0,63	0,37	0,47	0,63	0,58	0,91	0,92	0,82	0,82	0,86	0,82	0,83	0,76	0,97	0,95	0,76
PHEN	0,73	0,72	0,78	0,73	0,43	0,40	0,50	0,43	0,82	0,83	0,73	0,73	0,78	0,71	0,73	0,63	0,92	0,87	0,67
ANT	0,73	0,72	0,74	0,65	0,37	0,46	0,59	0,53	0,90	0,90	0,79	0,80	0,83	0,79	0,80	0,71	0,96	0,93	0,78
FLU	0,76	0,74	0,79	0,72	0,43	0,37	0,49	0,44	0,86	0,87	0,76	0,76	0,80	0,75	0,77	0,66	0,93	0,89	0,70
PYR	0,71	0,72	0,79	0,77	0,43	0,37	0,46	0,39	0,80	0,81	0,70	0,70	0,75	0,68	0,71	0,58	0,89	0,84	0,63
BAA	0,68	0,69	0,76	0,72	0,37	0,37	0,48	0,46	0,87	0,86	0,79	0,79	0,82	0,78	0,80	0,70	0,92	0,89	0,69
CHRTR	0,69	0,70	0,77	0,74	0,43	0,37	0,47	0,46	0,86	0,85	0,77	0,77	0,81	0,76	0,78	0,68	0,92	0,88	0,69
BBF	0,73	0,71	0,76	0,71	0,43	0,33	0,47	0,42	0,82	0,82	0,72	0,71	0,77	0,71	0,73	0,62	0,92	0,86	0,64
BAP	0,70	0,68	0,74	0,70	0,37	0,33	0,45	0,40	0,82	0,83	0,72	0,72	0,77	0,71	0,73	0,62	0,91	0,86	0,63

Tabelle A22 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT209 (19 Werte)	TOC	F20	F63	F200	F2000	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTPP
DBAHA	0,75	0,72	0,77	0,72	0,34	0,30	0,45	0,37	0,76	0,78	0,66	0,66	0,72	0,64	0,66	0,56	0,90	0,82	0,62
I123P	0,73	0,71	0,76	0,71	0,43	0,30	0,45	0,37	0,75	0,77	0,65	0,65	0,72	0,64	0,66	0,55	0,89	0,81	0,59
BGHP	0,70	0,70	0,76	0,73	0,43	0,30	0,43	0,36	0,75	0,76	0,65	0,64	0,71	0,64	0,65	0,53	0,88	0,80	0,57
NAPH-M1	0,55	0,55	0,63	0,68	0,37	0,18	0,21	0,15	0,50	0,50	0,42	0,43	0,50	0,41	0,44	0,28	0,66	0,56	0,20
NAPH-M2	0,60	0,57	0,64	0,68	0,37	0,24	0,33	0,27	0,60	0,62	0,53	0,52	0,59	0,51	0,53	0,37	0,74	0,66	0,34
NAPH-DM26	0,80	0,74	0,77	0,68	0,43	0,30	0,54	0,44	0,75	0,77	0,66	0,64	0,71	0,63	0,65	0,56	0,89	0,82	0,63
NAPH-DM-SUM	0,66	0,62	0,69	0,71	0,43	0,21	0,33	0,26	0,60	0,62	0,53	0,52	0,59	0,50	0,53	0,37	0,75	0,67	0,36
NAPH-TM235	0,58	0,56	0,63	0,62	0,37	0,28	0,35	0,29	0,61	0,62	0,54	0,54	0,60	0,53	0,55	0,40	0,74	0,67	0,33
NAPH-TM-SUM	0,65	0,64	0,69	0,66	0,43	0,34	0,43	0,36	0,64	0,66	0,58	0,58	0,64	0,56	0,59	0,45	0,78	0,71	0,39
PHEN-M3	0,74	0,75	0,79	0,72	0,29	0,40	0,51	0,43	0,76	0,77	0,68	0,67	0,73	0,66	0,69	0,58	0,88	0,83	0,61
PHEN-M-SUM	0,67	0,69	0,75	0,72	0,37	0,33	0,43	0,36	0,73	0,73	0,63	0,63	0,70	0,62	0,64	0,52	0,86	0,78	0,53
PHEN-DM36	0,66	0,75	0,79	0,68	0,21	0,36	0,41	0,31	0,68	0,69	0,57	0,56	0,63	0,56	0,58	0,52	0,79	0,74	0,57
PHEN-DM-SUM	0,72	0,72	0,76	0,69	0,40	0,37	0,47	0,40	0,76	0,78	0,68	0,68	0,73	0,67	0,68	0,57	0,88	0,82	0,57
PHEN-TM128	0,61	0,61	0,69	0,78	0,34	0,23	0,31	0,25	0,59	0,59	0,50	0,50	0,57	0,47	0,51	0,36	0,74	0,65	0,34
PHEN-TM-SUM	0,69	0,71	0,79	0,78	0,43	0,27	0,38	0,31	0,75	0,74	0,64	0,63	0,70	0,62	0,65	0,51	0,85	0,78	0,55
Summe	<b>31,78</b>	<b>31,64</b>	<b>32,77</b>	<b>28,63</b>	<b>17,07</b>	<b>18,46</b>	<b>24,12</b>	<b>23,20</b>	<b>35,40</b>	<b>35,64</b>	<b>33,03</b>	<b>32,84</b>	<b>34,70</b>	<b>32,42</b>	<b>33,10</b>	<b>29,58</b>	<b>38,02</b>	<b>37,10</b>	<b>28,72</b>
Median	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>	<b>0,73</b>	<b>0,68</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>0,50</b>	<b>0,46</b>	<b>0,78</b>	<b>0,79</b>	<b>0,70</b>	<b>0,69</b>	<b>0,74</b>	<b>0,69</b>	<b>0,70</b>	<b>0,61</b>	<b>0,87</b>	<b>0,83</b>	<b>0,66</b>

Tabelle A22 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT209 (19 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,71	0,76	0,78	0,73	0,73	0,73	0,76	0,71	0,68	0,69	0,73	0,70	0,75	0,73	0,70
F20	0,70	0,76	0,78	0,71	0,72	0,72	0,74	0,72	0,69	0,70	0,71	0,68	0,72	0,71	0,70
F63	0,73	0,72	0,77	0,72	0,78	0,74	0,79	0,79	0,76	0,77	0,76	0,74	0,77	0,76	0,76
F200	0,63	0,52	0,59	0,63	0,73	0,65	0,72	0,77	0,72	0,74	0,71	0,70	0,72	0,71	0,73
F2000	0,43	0,23	0,23	0,37	0,43	0,37	0,43	0,43	0,37	0,43	0,43	0,37	0,34	0,43	0,43
HCHA	0,50	0,56	0,52	0,47	0,40	0,46	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,30	0,30	0,30
HCHB	0,59	0,69	0,66	0,63	0,50	0,59	0,49	0,46	0,48	0,47	0,47	0,45	0,45	0,45	0,43
HCHG	0,51	0,68	0,61	0,58	0,43	0,53	0,44	0,39	0,46	0,46	0,42	0,40	0,37	0,37	0,36
HCB	0,83	0,89	0,87	0,91	0,82	0,90	0,86	0,80	0,87	0,86	0,82	0,82	0,76	0,75	0,75
CB28	0,85	0,90	0,89	0,92	0,83	0,90	0,87	0,81	0,86	0,85	0,82	0,83	0,78	0,77	0,76
CB52	0,74	0,83	0,79	0,82	0,73	0,79	0,76	0,70	0,79	0,77	0,72	0,72	0,66	0,65	0,65
CB101	0,74	0,83	0,79	0,82	0,73	0,80	0,76	0,70	0,79	0,77	0,71	0,72	0,66	0,65	0,64
CB118	0,79	0,86	0,83	0,86	0,78	0,83	0,80	0,75	0,82	0,81	0,77	0,77	0,72	0,72	0,71
CB153	0,74	0,83	0,79	0,82	0,71	0,79	0,75	0,68	0,78	0,76	0,71	0,71	0,64	0,64	0,64
CB138	0,75	0,84	0,80	0,83	0,73	0,80	0,77	0,71	0,80	0,78	0,73	0,73	0,66	0,66	0,65
CB180	0,66	0,85	0,77	0,76	0,63	0,71	0,66	0,58	0,70	0,68	0,62	0,62	0,56	0,55	0,53
DDEPP	0,94	0,92	0,94	0,97	0,92	0,96	0,93	0,89	0,92	0,92	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
DDDPP	0,89	0,94	0,93	0,95	0,87	0,93	0,89	0,84	0,89	0,88	0,86	0,86	0,82	0,81	0,80
DDTTP	0,68	0,84	0,80	0,76	0,67	0,78	0,70	0,63	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,59	0,57
NAPH	1,00	0,86	0,93	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,94	0,94	0,97	0,97	0,95	0,96	0,96
ACY	0,86	1,00	0,96	0,92	0,83	0,89	0,85	0,80	0,85	0,85	0,83	0,82	0,77	0,76	0,75
ACE	0,93	0,96	1,00	0,96	1,00	0,95	0,93	0,89	0,89	0,88	0,92	0,90	0,88	0,88	0,87
FL	0,98	0,92	0,96	1,00	0,96	0,99	0,97	0,95	0,95	0,94	0,96	0,95	0,92	0,92	0,92
PHEN	0,98	0,83	0,91	0,96	1,00	0,96	0,98	0,99	0,95	0,95	0,98	0,98	0,96	0,96	0,97
ANT	0,97	0,89	0,95	0,99	0,96	1,00	0,98	0,96	0,95	0,95	0,96	0,96	0,94	0,93	0,93
FLU	0,97	0,85	0,93	0,97	0,98	0,98	1,00	0,98	0,96	0,96	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97
PYR	0,97	0,80	0,89	0,95	0,99	0,96	0,98	1,00	0,95	0,95	0,98	0,98	0,96	0,97	0,98
BAA	0,94	0,85	0,89	0,95	0,95	0,95	0,96	0,95	1,00	1,00	0,96	0,97	0,92	0,92	0,93

Tabelle A22 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT209 (19 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP	
CHRTR	0,94	0,85	0,88	0,94	0,95	0,95	0,96	0,95	1,00	1,00	0,96	0,97	0,92	0,92	0,94	
BBF	0,97	0,83	0,92	0,96	0,98	0,96	0,99	0,98	0,96	0,96	1,00	0,99	0,98	0,99	0,99	
BAP	0,97	0,82	0,90	0,95	0,98	0,96	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99	1,00	0,98	0,98	0,99	
DBAHA	0,95	0,77	0,88	0,92	0,96	0,94	0,97	0,96	0,92	0,92	0,98	0,98	1,00	0,99	0,99	
I123P	0,96	0,76	0,88	0,92	0,96	0,93	0,97	0,97	0,92	0,92	0,99	0,98	0,99	1,00	1,00	
BGHIP	0,96	0,75	0,87	0,92	0,97	0,93	0,97	0,98	0,93	0,94	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	
NAPH-M1	0,83	0,49	0,64	0,73	0,83	0,74	0,80	0,85	0,77	0,77	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90	
NAPH-M2	0,89	0,58	0,72	0,81	0,89	0,82	0,87	0,92	0,85	0,84	0,91	0,92	0,92	0,94	0,95	
NAPH-DM26	0,94	0,79	0,88	0,93	0,94	0,92	0,94	0,93	0,90	0,90	0,96	0,94	0,96	0,96	0,96	
NAPH-DM-SUM	0,90	0,60	0,74	0,83	0,91	0,83	0,89	0,93	0,85	0,85	0,92	0,92	0,94	0,95	0,96	
NAPH-TM235	0,91	0,62	0,75	0,83	0,89	0,83	0,87	0,91	0,84	0,84	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93	
NAPH-TM-SUM	0,93	0,66	0,78	0,86	0,91	0,85	0,89	0,92	0,86	0,85	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	
PHEN-M3	0,97	0,82	0,91	0,94	0,97	0,94	0,96	0,96	0,95	0,94	0,97	0,97	0,96	0,96	0,97	
PHEN-M-SUM	0,96	0,73	0,85	0,91	0,97	0,92	0,95	0,97	0,93	0,93	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	
PHEN-DM36	0,89	0,78	0,89	0,86	0,91	0,86	0,90	0,91	0,86	0,86	0,92	0,92	0,91	0,91	0,92	
PHEN-DM-SUM	0,97	0,78	0,88	0,94	0,98	0,94	0,97	0,98	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	
PHEN-TM128	0,87	0,58	0,72	0,79	0,90	0,81	0,86	0,91	0,83	0,83	0,90	0,91	0,93	0,93	0,94	
PHEN-TM-SUM	0,93	0,73	0,84	0,90	0,97	0,92	0,96	0,98	0,95	0,95	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	
Summe	38,72	35,38	37,49	38,88	38,57	38,68	38,82	38,19	38,08	38,05	38,49	38,34	37,59	37,64	37,58	
Median	0,81	0,86	0,90	0,90	0,89	0,89	0,91	0,86	0,86	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,76

Tabelle A22 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT190 (19 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
TOC	0,55	0,60	0,80	0,66	0,58	0,65	0,74	0,67	0,66	0,72	0,61	0,69
F20	0,55	0,57	0,74	0,62	0,56	0,64	0,75	0,69	0,75	0,72	0,61	0,71
F63	0,63	0,64	0,77	0,69	0,63	0,69	0,79	0,75	0,79	0,76	0,69	0,79
F200	0,68	0,68	0,68	0,71	0,62	0,66	0,72	0,72	0,68	0,69	0,78	0,78
F2000	0,37	0,37	0,43	0,43	0,37	0,43	0,29	0,37	0,21	0,40	0,34	0,43
HCHA	0,18	0,24	0,30	0,21	0,28	0,34	0,40	0,33	0,36	0,37	0,23	0,27
HCHB	0,21	0,33	0,54	0,33	0,35	0,43	0,51	0,43	0,41	0,47	0,31	0,38
HCHG	0,15	0,27	0,44	0,26	0,29	0,36	0,43	0,36	0,31	0,40	0,25	0,31
HCB	0,50	0,60	0,75	0,60	0,61	0,64	0,76	0,73	0,68	0,76	0,59	0,75
CB28	0,50	0,62	0,77	0,62	0,62	0,66	0,77	0,73	0,69	0,78	0,59	0,74
CB52	0,42	0,53	0,66	0,53	0,54	0,58	0,68	0,63	0,57	0,68	0,50	0,64
CB101	0,43	0,52	0,64	0,52	0,54	0,58	0,67	0,63	0,56	0,68	0,50	0,63
CB118	0,50	0,59	0,71	0,59	0,60	0,64	0,73	0,70	0,63	0,73	0,57	0,70
CB153	0,41	0,51	0,63	0,50	0,53	0,56	0,66	0,62	0,56	0,67	0,47	0,62
CB138	0,44	0,53	0,65	0,53	0,55	0,59	0,69	0,64	0,58	0,68	0,51	0,65
CB180	0,28	0,37	0,56	0,37	0,40	0,45	0,58	0,52	0,52	0,57	0,36	0,51
DDEPP	0,66	0,74	0,89	0,75	0,74	0,78	0,88	0,86	0,79	0,88	0,74	0,85
DDPP	0,56	0,66	0,82	0,67	0,67	0,71	0,83	0,78	0,74	0,82	0,65	0,78
DDTPP	0,20	0,34	0,63	0,36	0,33	0,39	0,61	0,53	0,57	0,57	0,34	0,55
NAPH	0,83	0,89	0,94	0,90	0,91	0,93	0,97	0,96	0,89	0,97	0,87	0,93
ACY	0,49	0,58	0,79	0,60	0,62	0,66	0,82	0,73	0,78	0,78	0,58	0,73
ACE	0,64	0,72	0,88	0,74	0,75	0,78	0,91	0,85	0,89	0,88	0,72	0,84
FL	0,73	0,81	0,93	0,83	0,83	0,86	0,94	0,91	0,86	0,94	0,79	0,90
PHEN	0,83	0,89	0,94	0,91	0,89	0,91	0,97	0,97	0,91	0,98	0,90	0,97
ANT	0,74	0,82	0,92	0,83	0,83	0,85	0,94	0,92	0,86	0,94	0,81	0,92
FLU	0,80	0,87	0,94	0,89	0,87	0,89	0,96	0,95	0,90	0,97	0,86	0,96
PYR	0,85	0,92	0,93	0,93	0,91	0,92	0,96	0,97	0,91	0,98	0,91	0,98
BAA	0,77	0,85	0,90	0,85	0,84	0,86	0,95	0,93	0,86	0,94	0,83	0,95
CHRTR	0,77	0,84	0,90	0,85	0,84	0,85	0,94	0,93	0,86	0,94	0,83	0,95

Tabelle A22 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Monitoringfahrt AT209 in der Deutschen Bucht 2013.

AT190 (19 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
BBF	0,85	0,91	0,96	0,92	0,90	0,91	0,97	0,97	0,92	0,98	0,90	0,98
BAP	0,86	0,92	0,94	0,92	0,91	0,92	0,97	0,98	0,92	0,98	0,91	0,98
DBAHA	0,87	0,92	0,96	0,94	0,91	0,92	0,96	0,98	0,91	0,98	0,93	0,97
I123P	0,89	0,94	0,96	0,95	0,92	0,93	0,96	0,98	0,91	0,98	0,93	0,97
BGHIP	0,90	0,95	0,96	0,96	0,93	0,94	0,97	0,99	0,92	0,99	0,94	0,98
NAPH-M1	1,00	0,98	0,84	0,97	0,97	0,95	0,87	0,92	0,77	0,90	0,97	0,90
NAPH-M2	0,98	1,00	0,89	0,99	0,98	0,98	0,92	0,96	0,83	0,95	0,98	0,94
NAPH-DM26	0,84	0,89	1,00	0,92	0,89	0,91	0,94	0,94	0,86	0,96	0,89	0,93
NAPH-DM-SUM	0,97	0,99	0,92	1,00	0,98	0,98	0,92	0,97	0,85	0,96	0,98	0,95
NAPH-TM235	0,97	0,98	0,89	0,98	1,00	0,99	0,93	0,96	0,84	0,95	0,96	0,93
NAPH-TM-SUM	0,95	0,98	0,91	0,98	0,99	1,00	0,93	0,96	0,85	0,96	0,95	0,93
PHEN-M3	0,87	0,92	0,94	0,92	0,93	0,93	1,00	0,98	0,93	0,98	0,91	0,96
PHEN-M-SUM	0,92	0,96	0,94	0,97	0,96	0,96	0,98	1,00	0,92	0,99	0,96	0,98
PHEN-DM36	0,77	0,83	0,86	0,85	0,84	0,85	0,93	0,92	1,00	0,92	0,84	0,91
PHEN-DM-SUM	0,90	0,95	0,96	0,96	0,95	0,96	0,98	0,99	0,92	1,00	0,94	0,98
PHEN-TM128	0,97	0,98	0,89	0,98	0,96	0,95	0,91	0,96	0,84	0,94	1,00	0,94
PHEN-TM-SUM	0,90	0,94	0,93	0,95	0,93	0,93	0,96	0,98	0,91	0,98	0,94	1,00
Summe	31,13	33,96	37,26	34,41	34,02	35,32	37,94	37,26	34,90	38,06	33,69	37,13
Median	0,89	0,84	0,83	0,85	0,91	0,92	0,84	0,93	0,82	0,90	0,82	0,90

Tabelle A23: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDPP	DDTTP
TOC	1,00	0,40	0,27	0,18	0,64	0,71	0,54	0,51	0,62	0,57	0,54	0,49	0,59	0,56	0,29
HCHA	0,40	1,00	0,62	0,38	0,44	0,36	0,56	0,48	0,49	0,49	0,47	0,50	0,41	0,58	-0,07
HCHB	0,27	0,62	1,00	0,19	0,35	0,04	0,08	0,18	0,10	0,22	0,23	0,42	0,16	0,48	-0,06
HCHG	0,18	0,38	0,19	1,00	0,25	0,32	0,19	0,09	0,29	0,22	0,24	0,07	0,37	0,37	0,16
HCB	0,64	0,44	0,35	0,25	1,00	0,54	0,53	0,47	0,58	0,59	0,56	0,52	0,49	0,53	0,16
CB28	0,71	0,36	0,04	0,32	0,54	1,00	0,65	0,57	0,76	0,65	0,66	0,46	0,61	0,67	0,31
CB52	0,54	0,56	0,08	0,19	0,53	0,65	1,00	0,91	0,89	0,89	0,82	0,79	0,67	0,75	0,17
CB101	0,51	0,48	0,18	0,09	0,47	0,57	0,91	1,00	0,80	0,90	0,85	0,88	0,65	0,74	0,15
CB118	0,62	0,49	0,10	0,29	0,58	0,76	0,89	0,80	1,00	0,91	0,89	0,73	0,63	0,76	0,24
CB153	0,57	0,49	0,22	0,22	0,59	0,65	0,89	0,90	0,91	1,00	0,97	0,91	0,59	0,77	0,15
CB138	0,54	0,47	0,23	0,24	0,56	0,66	0,82	0,85	0,89	0,97	1,00	0,88	0,54	0,73	0,15
CB180	0,49	0,50	0,42	0,07	0,52	0,46	0,79	0,88	0,73	0,91	0,88	1,00	0,50	0,65	0,04
DDEPP	0,59	0,41	0,16	0,37	0,49	0,61	0,67	0,65	0,63	0,59	0,54	0,50	1,00	0,71	0,45
DDPP	0,56	0,58	0,48	0,37	0,53	0,67	0,75	0,74	0,76	0,77	0,73	0,65	0,71	1,00	0,33
DDTTP	0,29	-0,07	-0,06	0,16	0,16	0,31	0,17	0,15	0,24	0,15	0,15	0,04	0,45	0,33	1,00
NAPH	0,56	0,55	0,62	0,05	0,45	0,37	0,54	0,56	0,46	0,50	0,42	0,55	0,52	0,59	0,14
ACY	0,49	0,26	0,46	-0,10	0,29	0,14	0,27	0,28	0,18	0,18	0,12	0,28	0,32	0,21	0,10
ACE	0,58	0,56	0,51	0,26	0,58	0,54	0,61	0,62	0,60	0,62	0,58	0,58	0,57	0,75	0,26
FL	0,59	0,53	0,52	0,25	0,46	0,47	0,60	0,62	0,54	0,59	0,53	0,59	0,59	0,74	0,12
PHEN	0,62	0,57	0,55	0,22	0,56	0,54	0,59	0,57	0,59	0,60	0,56	0,56	0,53	0,72	0,19
ANT	0,59	0,44	0,54	0,25	0,53	0,47	0,54	0,54	0,52	0,53	0,47	0,46	0,47	0,61	0,27
FLU	0,66	0,53	0,34	0,24	0,55	0,59	0,69	0,64	0,68	0,67	0,62	0,58	0,64	0,79	0,29
PYR	0,66	0,53	0,34	0,26	0,57	0,62	0,70	0,65	0,69	0,68	0,62	0,57	0,64	0,81	0,28
BAA	0,65	0,50	0,25	0,27	0,57	0,63	0,70	0,64	0,71	0,68	0,63	0,55	0,64	0,81	0,32
CHRTR	0,61	0,59	0,27	0,26	0,51	0,62	0,72	0,69	0,70	0,65	0,59	0,54	0,67	0,81	0,31
BBF	0,63	0,51	0,21	0,15	0,41	0,51	0,63	0,59	0,59	0,56	0,52	0,50	0,65	0,68	0,30
BAP	0,57	0,31	0,19	0,22	0,45	0,62	0,53	0,47	0,58	0,55	0,52	0,40	0,48	0,68	0,39
DBAHA	0,49	0,34	0,38	-0,02	0,35	0,45	0,58	0,58	0,51	0,55	0,50	0,55	0,52	0,62	0,24
I123P	0,40	0,31	0,29	0,01	0,47	0,39	0,46	0,38	0,52	0,50	0,48	0,43	0,30	0,44	0,13

Tabelle A23 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTPP
BGHIP	0,50	0,42	0,34	0,17	0,48	0,50	0,59	0,53	0,59	0,60	0,57	0,53	0,48	0,66	0,24
NAPH-M1	0,66	0,57	0,29	0,15	0,49	0,70	0,53	0,51	0,54	0,57	0,49	0,39	0,72	0,74	0,34
NAPH-M2	0,64	0,67	0,39	- 0,06	0,50	0,66	0,63	0,58	0,67	0,67	0,61	0,48	0,83	0,86	0,38
NAPH-DM26	0,69	0,54	0,31	0,01	0,48	0,59	0,53	0,40	0,57	0,54	0,47	0,27	0,80	0,88	0,43
NAPH-DM-SUM	0,69	0,64	0,37	0,02	0,54	0,67	0,61	0,56	0,65	0,65	0,61	0,46	0,87	0,87	0,47
NAPH-TM235	0,65	0,54	0,32	0,12	0,54	0,61	0,57	0,49	0,51	0,48	0,42	0,41	0,91	0,72	0,55
NAPH-TM-SUM	0,72	0,51	0,28	0,11	0,57	0,59	0,55	0,47	0,50	0,47	0,39	0,35	0,91	0,68	0,59
PHEN-M3	0,59	0,56	0,30	-0,01	0,54	0,60	0,63	0,58	0,56	0,53	0,45	0,44	0,87	0,75	0,50
PHEN-M-SUM	0,63	0,53	0,30	0,02	0,53	0,61	0,64	0,60	0,59	0,57	0,48	0,43	0,88	0,77	0,51
PHEN-DM36	0,68	0,55	0,26	0,08	0,52	0,64	0,64	0,55	0,56	0,53	0,42	0,36	0,94	0,73	0,50
PHEN-DM-SUM	0,71	0,50	0,28	0,09	0,54	0,62	0,61	0,55	0,58	0,57	0,46	0,37	0,88	0,83	0,52
PHEN-TM128	0,66	0,57	0,27	-0,03	0,46	0,71	0,68	0,60	0,64	0,62	0,55	0,42	0,89	0,78	0,52
PHEN-TM-SUM	0,74	0,14	0,04	0,16	0,49	0,47	0,35	0,30	0,39	0,29	0,18	0,02	0,79	0,61	0,69
Summe	<b>24,57</b>	<b>20,38</b>	<b>13,49</b>	<b>7,48</b>	<b>21,07</b>	<b>23,21</b>	<b>25,15</b>	<b>23,75</b>	<b>24,91</b>	<b>24,79</b>	<b>22,78</b>	<b>20,90</b>	<b>26,69</b>	<b>28,76</b>	<b>13,06</b>
Median	<b>0,60</b>	<b>0,51</b>	<b>0,29</b>	<b>0,18</b>	<b>0,52</b>	<b>0,60</b>	<b>0,61</b>	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>	<b>0,58</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	<b>0,63</b>	<b>0,73</b>	<b>0,29</b>



Tabelle A23 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,56	0,49	0,58	0,59	0,62	0,59	0,66	0,66	0,65	0,61	0,63	0,57	0,49	0,40	0,50
HCHA	0,55	0,26	0,56	0,53	0,57	0,44	0,53	0,53	0,50	0,59	0,51	0,31	0,34	0,31	0,42
HCHB	0,62	0,46	0,51	0,52	0,55	0,54	0,34	0,34	0,25	0,27	0,21	0,19	0,38	0,29	0,34
HCHG	0,05	-0,10	0,26	0,25	0,22	0,25	0,24	0,26	0,27	0,26	0,15	0,22	-0,02	0,01	0,17
HCB	0,45	0,29	0,58	0,46	0,56	0,53	0,55	0,57	0,57	0,51	0,41	0,45	0,35	0,47	0,48
CB28	0,37	0,14	0,54	0,47	0,54	0,47	0,59	0,62	0,63	0,62	0,51	0,62	0,45	0,39	0,50
CB52	0,54	0,27	0,61	0,60	0,59	0,54	0,69	0,70	0,70	0,72	0,63	0,53	0,58	0,46	0,59
CB101	0,56	0,28	0,62	0,62	0,57	0,54	0,64	0,65	0,64	0,69	0,59	0,47	0,58	0,38	0,53
CB118	0,46	0,18	0,60	0,54	0,59	0,52	0,68	0,69	0,71	0,70	0,59	0,58	0,51	0,52	0,59
CB153	0,50	0,18	0,62	0,59	0,60	0,53	0,67	0,68	0,68	0,65	0,56	0,55	0,55	0,50	0,60
CB138	0,42	0,12	0,58	0,53	0,56	0,47	0,62	0,62	0,63	0,59	0,52	0,52	0,50	0,48	0,57
CB180	0,55	0,28	0,58	0,59	0,56	0,46	0,58	0,57	0,55	0,54	0,50	0,40	0,55	0,43	0,53
DDEPP	0,52	0,32	0,57	0,59	0,53	0,47	0,64	0,64	0,64	0,67	0,65	0,48	0,52	0,30	0,48
DDDDP	0,59	0,21	0,75	0,74	0,72	0,61	0,79	0,81	0,81	0,81	0,68	0,68	0,62	0,44	0,66
DDTTP	0,14	0,10	0,26	0,12	0,19	0,27	0,29	0,28	0,32	0,31	0,30	0,39	0,24	0,13	0,24
NAPH	1,00	0,77	0,77	0,84	0,81	0,77	0,81	0,80	0,75	0,76	0,76	0,58	0,67	0,44	0,62
ACY	0,77	1,00	0,46	0,59	0,48	0,61	0,54	0,52	0,47	0,43	0,62	0,42	0,54	0,36	0,44
ACE	0,77	0,46	1,00	0,84	0,93	0,80	0,85	0,87	0,86	0,83	0,70	0,77	0,65	0,59	0,74
FL	0,84	0,59	0,84	1,00	0,88	0,73	0,89	0,88	0,85	0,87	0,86	0,65	0,69	0,45	0,68
PHEN	0,81	0,48	0,93	0,88	1,00	0,76	0,89	0,89	0,87	0,85	0,76	0,73	0,67	0,59	0,73
ANT	0,77	0,61	0,80	0,73	0,76	1,00	0,79	0,81	0,78	0,72	0,66	0,75	0,60	0,39	0,64
FLU	0,81	0,54	0,85	0,89	0,89	0,79	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,81	0,79	0,61	0,84
PYR	0,80	0,52	0,87	0,88	0,89	0,81	0,99	1,00	0,98	0,97	0,89	0,82	0,78	0,60	0,83
BAA	0,75	0,47	0,86	0,85	0,87	0,78	0,98	0,98	1,00	0,97	0,90	0,86	0,78	0,62	0,85
CHRTR	0,76	0,43	0,83	0,87	0,85	0,72	0,96	0,97	0,97	1,00	0,87	0,75	0,76	0,52	0,77
BBF	0,76	0,62	0,70	0,86	0,76	0,66	0,91	0,89	0,90	0,87	1,00	0,76	0,78	0,51	0,75
BAP	0,58	0,42	0,77	0,65	0,73	0,75	0,81	0,82	0,86	0,75	0,76	1,00	0,71	0,62	0,80
DBAHA	0,67	0,54	0,65	0,69	0,67	0,60	0,79	0,78	0,78	0,76	0,78	0,71	1,00	0,70	0,90
I123P	0,44	0,36	0,59	0,45	0,59	0,39	0,61	0,60	0,62	0,52	0,51	0,62	0,70	1,00	0,80

Tabelle A23 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
BGHIP	0,62	0,44	0,74	0,68	0,73	0,64	0,84	0,83	0,85	0,77	0,75	0,80	0,90	0,80	1,00
NAPH-M1	0,64	0,48	0,72	0,70	0,70	0,69	0,80	0,80	0,81	0,77	0,75	0,77	0,77	0,79	0,77
NAPH-M2	0,67	0,49	0,73	0,75	0,77	0,74	0,92	0,91	0,92	0,89	0,86	0,89	0,89	0,92	0,90
NAPH-DM26	0,57	0,55	0,57	0,60	0,65	0,63	0,86	0,88	0,86	0,81	0,84	0,92	0,79	0,86	0,81
NAPH-DM-SUM	0,69	0,58	0,74	0,79	0,81	0,77	0,96	0,96	0,95	0,93	0,89	0,93	0,89	0,93	0,92
NAPH-TM235	0,62	0,62	0,76	0,78	0,71	0,65	0,86	0,87	0,86	0,87	0,80	0,83	0,87	0,84	0,87
NAPH-TM-SUM	0,55	0,59	0,71	0,71	0,65	0,59	0,82	0,84	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85
PHEN-M3	0,64	0,65	0,83	0,80	0,73	0,70	0,87	0,85	0,90	0,87	0,79	0,85	0,81	0,80	0,80
PHEN-M-SUM	0,58	0,62	0,81	0,79	0,72	0,69	0,90	0,90	0,93	0,92	0,85	0,88	0,81	0,86	0,85
PHEN-DM36	0,61	0,60	0,76	0,74	0,67	0,65	0,85	0,86	0,87	0,85	0,84	0,89	0,83	0,83	0,81
PHEN-DM-SUM	0,55	0,62	0,77	0,76	0,71	0,69	0,92	0,94	0,96	0,94	0,91	0,93	0,81	0,90	0,87
PHEN-TM128	0,61	0,53	0,74	0,75	0,73	0,70	0,93	0,92	0,94	0,92	0,90	0,92	0,88	0,90	0,89
PHEN-TM-SUM	0,22	0,52	0,50	0,46	0,42	0,38	0,70	0,75	0,79	0,74	0,86	0,84	0,56	0,77	0,68
Summe	24,98	18,60	28,53	28,07	28,10	25,91	31,55	31,70	31,67	3 0,94	29,27	28,48	27,41	24,56	28,63
Median	0,60	0,48	0,71	0,70	0,69	0,63	0,81	0,81	0,81	0,77	0,75	0,74	0,68	0,55	0,73

Tabelle A23 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
TOC	0,66	0,64	0,69	0,69	0,65	0,72	0,59	0,63	0,68	0,71	0,66	0,74
HCHA	0,57	0,67	0,54	0,64	0,54	0,51	0,56	0,53	0,55	0,50	0,57	0,14
HCHB	0,29	0,39	0,31	0,37	0,32	0,28	0,30	0,30	0,26	0,28	0,27	0,04
HCHG	0,15	-0,06	0,01	0,02	0,12	0,11	-0,01	0,02	0,08	0,09	-0,03	0,16
HCB	0,49	0,50	0,48	0,54	0,54	0,57	0,54	0,53	0,52	0,54	0,46	0,49
CB28	0,70	0,66	0,59	0,67	0,61	0,59	0,60	0,61	0,64	0,62	0,71	0,47
CB52	0,53	0,63	0,53	0,61	0,57	0,55	0,63	0,64	0,64	0,61	0,68	0,35
CB101	0,51	0,58	0,40	0,56	0,49	0,47	0,58	0,60	0,55	0,55	0,60	0,30
CB118	0,54	0,67	0,57	0,65	0,51	0,50	0,56	0,59	0,56	0,58	0,64	0,39
CB153	0,57	0,67	0,54	0,65	0,48	0,47	0,53	0,57	0,53	0,57	0,62	0,29
CB138	0,49	0,61	0,47	0,61	0,42	0,39	0,45	0,48	0,42	0,46	0,55	0,18
CB180	0,39	0,48	0,27	0,46	0,41	0,35	0,44	0,43	0,36	0,37	0,42	0,02
DDEPP	0,72	0,83	0,80	0,87	0,91	0,91	0,87	0,88	0,94	0,88	0,89	0,79
DDDDP	0,74	0,86	0,88	0,87	0,72	0,68	0,75	0,77	0,73	0,83	0,78	0,61
DDTPP	0,34	0,38	0,43	0,47	0,55	0,59	0,50	0,51	0,50	0,52	0,52	0,69
NAPH	0,64	0,67	0,57	0,69	0,62	0,55	0,64	0,58	0,61	0,55	0,61	0,22
ACY	0,48	0,49	0,55	0,58	0,62	0,59	0,65	0,62	0,60	0,62	0,53	0,52
ACE	0,72	0,73	0,57	0,74	0,76	0,71	0,83	0,81	0,76	0,77	0,74	0,50
FL	0,70	0,75	0,60	0,79	0,78	0,71	0,80	0,79	0,74	0,76	0,75	0,46
PHEN	0,70	0,77	0,65	0,81	0,71	0,65	0,73	0,72	0,67	0,71	0,73	0,42
ANT	0,69	0,74	0,63	0,77	0,65	0,59	0,70	0,69	0,65	0,69	0,70	0,38
FLU	0,80	0,92	0,86	0,96	0,86	0,82	0,87	0,90	0,85	0,92	0,93	0,70
PYR	0,80	0,91	0,88	0,96	0,87	0,84	0,85	0,90	0,86	0,94	0,92	0,75
BAA	0,81	0,92	0,86	0,95	0,86	0,82	0,90	0,93	0,87	0,96	0,94	0,79
CHRTR	0,77	0,89	0,81	0,93	0,87	0,83	0,87	0,92	0,85	0,94	0,92	0,74
BBF	0,75	0,86	0,84	0,89	0,80	0,83	0,79	0,85	0,84	0,91	0,90	0,86
BAP	0,77	0,89	0,92	0,93	0,83	0,84	0,85	0,88	0,89	0,93	0,92	0,84
DBAHA	0,77	0,89	0,79	0,89	0,87	0,84	0,81	0,81	0,83	0,81	0,88	0,56
I123P	0,79	0,92	0,86	0,93	0,84	0,85	0,80	0,86	0,83	0,90	0,90	0,77

Tabelle A23 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station KS11.

KS11 (75 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
BGHIP	0,77	0,90	0,81	0,92	0,87	0,85	0,80	0,85	0,81	0,87	0,89	0,68
NAPH-M1	1,00	0,89	0,81	0,86	0,74	0,74	0,78	0,81	0,81	0,83	0,85	0,61
NAPH-M2	0,89	1,00	0,89	0,96	0,81	0,79	0,85	0,88	0,87	0,90	0,93	0,67
NAPH-DM26	0,81	0,89	1,00	0,91	0,70	0,72	0,75	0,77	0,81	0,86	0,84	0,71
NAPH-DM-SUM	0,86	0,96	0,91	1,00	0,86	0,84	0,87	0,90	0,88	0,92	0,95	0,71
NAPH-TM235	0,74	0,81	0,70	0,86	1,00	0,98	0,91	0,91	0,93	0,89	0,91	0,72
NAPH-TM-SUM	0,74	0,79	0,72	0,84	0,98	1,00	0,86	0,87	0,93	0,87	0,90	0,76
PHEN-M3	0,78	0,85	0,75	0,87	0,91	0,86	1,00	0,98	0,93	0,93	0,93	0,72
PHEN-M-SUM	0,81	0,88	0,77	0,90	0,91	0,87	0,98	1,00	0,93	0,97	0,95	0,79
PHEN-DM36	0,81	0,87	0,81	0,88	0,93	0,93	0,93	0,93	1,00	0,93	0,94	0,78
PHEN-DM-SUM	0,83	0,90	0,86	0,92	0,89	0,87	0,93	0,97	0,93	1,00	0,95	0,85
PHEN-TM128	0,85	0,93	0,84	0,95	0,91	0,90	0,93	0,95	0,94	0,95	1,00	0,74
PHEN-TM-SUM	0,61	0,67	0,71	0,71	0,72	0,76	0,72	0,79	0,78	0,85	0,74	1,00
Summe	28,39	31,20	28,46	32,08	30,00	29,27	30,30	30,97	30,34	31,30	31,49	23,91
Median	0,73	0,80	0,72	0,85	0,75	0,73	0,79	0,80	0,79	0,83	0,81	0,67

Tabelle A24: Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
TOC	1,00	0,00	0,17	0,14	0,72	0,65	0,71	0,63	0,66	0,66	0,72	0,58	0,70	0,52	0,28
HCHA	0,00	1,00	0,00	0,31	-0,08	-0,28	-0,20	-0,25	-0,13	-0,15	-0,11	-0,15	-0,01	-0,19	-0,10
HCHB	0,17	0,00	1,00	-0,13	0,09	0,23	0,14	0,14	0,14	0,17	0,11	0,14	0,00	0,31	-0,06
HCHG	0,14	0,31	-0,13	1,00	0,25	0,16	0,03	-0,07	0,12	0,20	0,25	0,04	0,15	0,14	0,33
HCB	0,72	-0,08	0,09	0,25	1,00	0,83	0,80	0,76	0,74	0,86	0,87	0,73	0,64	0,64	0,49
CB28	0,65	-0,28	0,23	0,16	0,83	1,00	0,76	0,86	0,82	0,82	0,79	0,73	0,70	0,74	0,45
CB52	0,71	-0,20	0,14	0,03	0,80	0,76	1,00	0,80	0,80	0,80	0,78	0,71	0,61	0,56	0,47
CB101	0,63	-0,25	0,14	-0,07	0,76	0,86	0,80	1,00	0,73	0,80	0,74	0,81	0,66	0,58	0,26
CB118	0,66	-0,13	0,14	0,12	0,75	0,74	0,80	0,73	1,00	0,90	0,83	0,64	0,69	0,63	0,39
CB153	0,66	-0,15	0,17	0,20	0,86	0,82	0,80	0,80	0,90	1,00	0,92	0,74	0,74	0,66	0,35
CB138	0,72	-0,11	0,11	0,25	0,87	0,79	0,78	0,74	0,83	0,92	1,00	0,70	0,69	0,59	0,30
CB180	0,58	-0,15	0,14	0,04	0,73	0,73	0,71	0,81	0,64	0,74	0,70	1,00	0,60	0,55	0,23
DDEPP	0,70	-0,01	0,00	0,15	0,64	0,70	0,61	0,66	0,69	0,74	0,69	0,60	1,00	0,62	0,21
DDDPP	0,52	-0,19	0,31	0,14	0,64	0,74	0,56	0,58	0,63	0,66	0,59	0,55	0,62	1,00	0,41
DDTTP	0,28	-0,10	-0,06	0,33	0,49	0,45	0,47	0,26	0,39	0,35	0,30	0,23	0,21	0,41	1,00
NAPH	0,53	-0,05	0,17	0,19	0,56	0,51	0,62	0,61	0,60	0,65	0,57	0,59	0,48	0,49	0,22
ACY	0,15	-0,03	0,17	-0,03	0,13	0,23	0,24	0,43	0,27	0,32	0,22	0,37	0,29	0,09	-0,17
ACE	0,67	0,00	0,17	0,39	0,71	0,68	0,58	0,50	0,73	0,74	0,73	0,45	0,73	0,78	0,39
FL	0,63	-0,02	0,20	0,21	0,59	0,58	0,66	0,63	0,67	0,71	0,67	0,54	0,58	0,49	0,21
PHEN	0,72	-0,04	0,20	0,31	0,70	0,69	0,70	0,60	0,75	0,77	0,74	0,52	0,69	0,77	0,39
ANT	0,67	0,02	-0,03	0,43	0,70	0,64	0,61	0,53	0,64	0,71	0,77	0,46	0,56	0,51	0,29
FLU	0,79	-0,09	0,08	0,27	0,75	0,71	0,76	0,67	0,80	0,84	0,82	0,57	0,75	0,61	0,31
PYR	0,79	-0,09	0,08	0,25	0,76	0,71	0,76	0,66	0,81	0,84	0,81	0,56	0,74	0,61	0,32
BAA	0,81	-0,04	0,23	0,34	0,71	0,69	0,72	0,62	0,79	0,81	0,79	0,54	0,74	0,63	0,35
CHRTTR	0,84	-0,16	0,17	0,30	0,76	0,83	0,80	0,75	0,77	0,78	0,80	0,67	0,80	0,72	0,42
BBF	0,75	-0,12	0,06	0,16	0,60	0,69	0,70	0,71	0,67	0,69	0,66	0,62	0,74	0,50	0,19
BAP	0,67	-0,03	0,17	0,30	0,71	0,73	0,64	0,61	0,78	0,78	0,72	0,52	0,72	0,67	0,44
DBAHA	0,75	0,02	0,08	0,23	0,66	0,64	0,68	0,64	0,74	0,69	0,63	0,61	0,70	0,50	0,35
I123P	0,71	0,18	0,06	0,23	0,60	0,55	0,56	0,54	0,70	0,64	0,60	0,51	0,67	0,60	0,24

Tabelle A24 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	TOC	HCHA	HCHB	HCHG	HCB	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	DDEPP	DDDPP	DDTTP
BGHIP	0,77	0,08	0,03	0,32	0,71	0,62	0,62	0,56	0,72	0,73	0,71	0,59	0,72	0,58	0,33
NAPH-M1	0,73	0,00	-0,23	0,40	0,81	0,74	0,72	0,72	0,71	0,71	0,73	0,68	0,72	0,53	0,08
NAPH-M2	0,76	0,00	-0,14	0,16	0,64	0,61	0,59	0,62	0,63	0,59	0,62	0,57	0,64	0,38	0,12
NAPH-DM26	0,93	0,00	-0,03	0,38	0,83	0,88	0,84	0,77	0,78	0,73	0,80	0,65	0,83	0,62	0,30
NAPH-DM-SUM	0,90	0,00	0,03	0,37	0,85	0,89	0,87	0,83	0,85	0,80	0,83	0,72	0,82	0,65	0,22
NAPH-TM235	0,90	0,00	0,06	0,38	0,77	0,85	0,82	0,80	0,75	0,75	0,82	0,64	0,80	0,57	0,28
NAPH-TM-SUM	0,89	0,00	-0,03	0,39	0,72	0,81	0,76	0,74	0,72	0,70	0,78	0,58	0,85	0,56	0,28
PHEN-M3	0,92	0,00	0,17	0,35	0,70	0,80	0,73	0,71	0,71	0,69	0,72	0,53	0,84	0,62	0,22
PHEN-M-SUM	0,89	0,00	0,11	0,36	0,72	0,80	0,76	0,72	0,72	0,68	0,73	0,55	0,80	0,65	0,24
PHEN-DM36	0,88	0,00	0,03	0,38	0,67	0,75	0,67	0,65	0,67	0,66	0,69	0,50	0,84	0,53	0,20
PHEN-DM-SUM	0,91	0,00	0,11	0,38	0,81	0,84	0,82	0,76	0,79	0,73	0,76	0,59	0,80	0,73	0,22
PHEN-TM128	0,91	0,00	0,11	0,33	0,84	0,90	0,86	0,84	0,83	0,79	0,84	0,67	0,85	0,60	0,22
PHEN-TM-SUM	0,78	0,00	0,14	0,31	0,57	0,67	0,64	0,60	0,64	0,53	0,62	0,43	0,74	0,64	0,12
Summe	28,77	-0,72	4,64	11,02	27,93	28,23	27,49	26,25	28,13	28,54	28,36	23,28	27,46	23,39	11,77
Median	0,72	0,00	0,11	0,29	0,71	0,72	0,71	0,66	0,72	0,73	0,73	0,58	0,71	0,60	0,28

Tabelle A24 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
TOC	0,53	0,15	0,67	0,63	0,72	0,67	0,79	0,79	0,81	0,84	0,75	0,67	0,75	0,71	0,77
HCHA	-0,05	-0,03	0,00	-0,02	-0,04	0,02	-0,09	-0,09	-0,04	-0,16	-0,12	-0,03	0,02	0,18	0,08
HCHB	0,17	0,17	0,17	0,20	0,20	-0,03	0,08	0,08	0,23	0,17	0,06	0,17	0,08	0,06	0,03
HCHG	0,19	-0,03	0,39	0,21	0,31	0,43	0,27	0,25	0,34	0,30	0,16	0,30	0,23	0,23	0,32
HCB	0,56	0,13	0,71	0,59	0,70	0,70	0,75	0,76	0,71	0,76	0,60	0,71	0,66	0,60	0,71
CB28	0,51	0,23	0,68	0,58	0,69	0,64	0,71	0,71	0,69	0,83	0,69	0,73	0,64	0,55	0,62
CB52	0,62	0,24	0,58	0,66	0,70	0,61	0,76	0,76	0,72	0,80	0,70	0,64	0,68	0,56	0,62
CB101	0,61	0,43	0,50	0,63	0,60	0,53	0,67	0,66	0,62	0,75	0,71	0,61	0,64	0,54	0,56
CB118	0,60	0,27	0,73	0,67	0,75	0,64	0,80	0,81	0,79	0,77	0,67	0,78	0,74	0,70	0,72
CB153	0,65	0,32	0,74	0,71	0,77	0,71	0,84	0,84	0,81	0,78	0,69	0,78	0,69	0,64	0,73
CB138	0,57	0,22	0,73	0,67	0,74	0,77	0,82	0,81	0,79	0,80	0,66	0,72	0,63	0,60	0,71
CB180	0,59	0,37	0,45	0,54	0,52	0,46	0,57	0,56	0,54	0,67	0,62	0,52	0,61	0,51	0,59
DDEPP	0,48	0,29	0,73	0,58	0,69	0,56	0,75	0,74	0,74	0,80	0,74	0,72	0,70	0,67	0,72
DDDDP	0,49	0,09	0,78	0,49	0,77	0,51	0,61	0,61	0,63	0,72	0,50	0,67	0,50	0,60	0,58
DDTTP	0,22	-0,17	0,39	0,21	0,39	0,29	0,31	0,32	0,35	0,42	0,19	0,44	0,35	0,24	0,33
NAPH	1,00	0,50	0,51	0,83	0,68	0,61	0,75	0,72	0,73	0,73	0,73	0,55	0,71	0,60	0,68
ACY	0,50	1,00	0,11	0,56	0,21	0,26	0,33	0,32	0,30	0,27	0,49	0,31	0,36	0,26	0,29
ACE	0,51	0,11	1,00	0,64	0,86	0,70	0,81	0,81	0,81	0,79	0,64	0,80	0,67	0,75	0,76
FL	0,83	0,56	0,64	1,00	0,75	0,65	0,84	0,82	0,81	0,79	0,84	0,66	0,78	0,69	0,77
PHEN	0,68	0,21	0,86	0,75	1,00	0,69	0,86	0,84	0,86	0,86	0,71	0,75	0,68	0,76	0,76
ANT	0,61	0,26	0,70	0,65	0,69	1,00	0,78	0,78	0,73	0,71	0,60	0,77	0,68	0,65	0,76
FLU	0,75	0,33	0,81	0,84	0,86	0,78	1,00	0,99	0,95	0,93	0,90	0,81	0,82	0,76	0,87
PYR	0,72	0,32	0,81	0,82	0,84	0,78	0,99	1,00	0,92	0,90	0,89	0,81	0,81	0,77	0,86
BAA	0,73	0,30	0,81	0,81	0,86	0,73	0,95	0,92	1,00	0,96	0,85	0,82	0,84	0,76	0,88
CHRTR	0,73	0,27	0,79	0,79	0,86	0,71	0,93	0,90	0,96	1,00	0,83	0,76	0,86	0,71	0,89
BBF	0,73	0,49	0,64	0,84	0,71	0,60	0,90	0,89	0,85	0,83	1,00	0,71	0,84	0,72	0,83
BAP	0,55	0,31	0,80	0,66	0,75	0,77	0,81	0,81	0,82	0,76	0,71	1,00	0,80	0,84	0,86
DBAHA	0,71	0,36	0,67	0,78	0,68	0,68	0,82	0,81	0,84	0,86	0,84	0,80	1,00	0,83	0,93
I123P	0,60	0,26	0,75	0,69	0,76	0,65	0,76	0,77	0,76	0,71	0,72	0,84	0,83	1,00	0,88

Tabelle A24 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	NAPH	ACY	ACE	FL	PHEN	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR	BBF	BAP	DBAHA	I123P	BGHIP
BGHIP	0,68	0,29	0,76	0,77	0,76	0,76	0,87	0,86	0,88	0,89	0,83	0,86	0,93	0,88	1,00
NAPH-M1	0,63	0,17	0,60	0,63	0,55	0,83	0,78	0,80	0,59	0,60	0,72	0,68	0,84	0,82	0,80
NAPH-M2	0,47	-0,04	0,48	0,44	0,42	0,67	0,65	0,69	0,49	0,45	0,61	0,62	0,74	0,74	0,67
NAPH-DM26	0,61	0,22	0,67	0,78	0,76	0,77	0,88	0,88	0,81	0,83	0,88	0,84	0,93	0,86	0,90
NAPH-DM-SUM	0,66	0,23	0,67	0,78	0,76	0,85	0,91	0,93	0,83	0,80	0,90	0,88	0,93	0,90	0,93
NAPH-TM235	0,61	0,47	0,73	0,92	0,88	0,80	0,92	0,89	0,93	0,89	0,97	0,88	0,87	0,82	0,90
NAPH-TM-SUM	0,54	0,48	0,78	0,89	0,84	0,77	0,90	0,88	0,91	0,86	0,97	0,90	0,89	0,84	0,91
PHEN-M3	0,53	0,56	0,81	0,89	0,94	0,76	0,91	0,88	0,92	0,91	0,91	0,85	0,86	0,75	0,85
PHEN-M-SUM	0,57	0,60	0,75	0,91	0,91	0,78	0,93	0,91	0,91	0,89	0,93	0,87	0,84	0,79	0,90
PHEN-DM36	0,50	0,46	0,79	0,82	0,90	0,72	0,87	0,82	0,84	0,90	0,87	0,76	0,83	0,67	0,80
PHEN-DM-SUM	0,62	0,48	0,73	0,87	0,86	0,85	0,96	0,96	0,85	0,85	0,92	0,86	0,87	0,84	0,93
PHEN-TM128	0,64	0,31	0,72	0,84	0,83	0,88	0,96	0,96	0,85	0,85	0,91	0,88	0,94	0,89	0,92
PHEN-TM-SUM	0,35	0,62	0,74	0,78	0,69	0,66	0,80	0,82	0,78	0,70	0,82	0,85	0,75	0,78	0,83
Summe	23,80	12,78	27,38	28,32	29,12	27,23	31,50	31,26	30,67	30,75	29,61	29,56	29,84	28,05	30,43
Median	0,60	0,29	0,72	0,70	0,75	0,69	0,81	0,81	0,81	0,80	0,73	0,76	0,75	0,71	0,77



Tabelle A24 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
TOC	0,73	0,76	0,93	0,90	0,90	0,89	0,92	0,89	0,88	0,91	0,91	0,78
HCHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HCHB	-0,23	-0,14	-0,03	0,03	0,06	-0,03	0,17	0,11	0,03	0,11	0,11	0,14
HCHG	0,40	0,16	0,38	0,37	0,38	0,39	0,35	0,36	0,38	0,38	0,33	0,31
HCB	0,81	0,64	0,83	0,85	0,77	0,72	0,70	0,72	0,67	0,81	0,84	0,57
CB28	0,74	0,61	0,88	0,89	0,85	0,81	0,80	0,80	0,75	0,84	0,90	0,67
CB52	0,72	0,59	0,84	0,87	0,82	0,76	0,73	0,76	0,67	0,82	0,86	0,64
CB101	0,72	0,62	0,77	0,83	0,80	0,74	0,71	0,72	0,65	0,76	0,84	0,60
CB118	0,71	0,63	0,78	0,85	0,75	0,72	0,71	0,72	0,67	0,79	0,83	0,64
CB153	0,71	0,59	0,73	0,80	0,75	0,70	0,69	0,68	0,66	0,73	0,79	0,53
CB138	0,73	0,62	0,80	0,83	0,82	0,78	0,72	0,73	0,69	0,76	0,84	0,62
CB180	0,68	0,57	0,65	0,72	0,64	0,58	0,53	0,55	0,50	0,59	0,67	0,43
DDEPP	0,72	0,64	0,83	0,82	0,80	0,85	0,84	0,80	0,84	0,80	0,85	0,74
DDDDP	0,53	0,38	0,62	0,65	0,57	0,56	0,62	0,65	0,53	0,73	0,60	0,64
DDTTP	0,08	0,12	0,30	0,22	0,28	0,28	0,22	0,24	0,20	0,22	0,22	0,12
NAPH	0,63	0,47	0,61	0,66	0,61	0,54	0,53	0,57	0,50	0,62	0,64	0,35
ACY	0,17	-0,04	0,22	0,23	0,47	0,48	0,56	0,60	0,46	0,48	0,31	0,62
ACE	0,60	0,48	0,67	0,67	0,73	0,78	0,81	0,75	0,79	0,73	0,72	0,74
FL	0,63	0,44	0,78	0,78	0,92	0,89	0,89	0,91	0,82	0,87	0,84	0,78
PHEN	0,55	0,42	0,76	0,76	0,88	0,84	0,94	0,91	0,90	0,86	0,83	0,69
ANT	0,83	0,67	0,77	0,85	0,80	0,77	0,76	0,78	0,72	0,85	0,88	0,66
FLU	0,78	0,65	0,88	0,91	0,92	0,90	0,91	0,93	0,87	0,96	0,96	0,80
PYR	0,80	0,69	0,88	0,93	0,89	0,88	0,88	0,91	0,82	0,96	0,96	0,82
BAA	0,59	0,49	0,81	0,83	0,93	0,91	0,92	0,91	0,84	0,85	0,85	0,78
CHRTR	0,60	0,45	0,83	0,80	0,89	0,86	0,91	0,89	0,90	0,85	0,85	0,70
BBF	0,72	0,61	0,88	0,90	0,97	0,97	0,91	0,93	0,87	0,92	0,91	0,82
BAP	0,68	0,62	0,84	0,88	0,88	0,90	0,85	0,87	0,76	0,86	0,88	0,85
DBAHA	0,84	0,74	0,93	0,93	0,87	0,89	0,86	0,84	0,83	0,87	0,94	0,75
I123P	0,82	0,74	0,86	0,90	0,82	0,84	0,75	0,79	0,67	0,84	0,89	0,78

Tabelle A24 (Fortsetzung): Spearman Korrelation der untersuchten Schadstoffe für die Station WB5.

WB5 (65 Werte)	NAPH- M1	NAPH- M2	NAPH- DM26	NAPH- DM-SUM	NAPH- TM235	NAPH- TM-SUM	PHEN- M3	PHEN- M-SUM	PHEN- DM36	PHEN- DM-SUM	PHEN- TM128	PHEN- TM-SUM
BGHIP	0,80	0,67	0,90	0,93	0,90	0,91	0,85	0,90	0,80	0,93	0,92	0,83
NAPH-M1	1,00	0,85	0,88	0,89	0,71	0,72	0,63	0,64	0,68	0,75	0,81	0,51
NAPH-M2	0,85	1,00	0,77	0,80	0,58	0,59	0,49	0,49	0,52	0,60	0,73	0,39
NAPH-DM26	0,88	0,77	1,00	0,97	0,89	0,89	0,82	0,80	0,84	0,85	0,93	0,63
NAPH-DM-SUM	0,89	0,80	0,97	1,00	0,89	0,88	0,82	0,82	0,80	0,89	0,96	0,68
NAPH-TM235	0,71	0,58	0,89	0,89	1,00	0,98	0,93	0,93	0,90	0,89	0,93	0,76
NAPH-TM-SUM	0,72	0,59	0,89	0,88	0,98	1,00	0,94	0,94	0,91	0,89	0,90	0,81
PHEN-M3	0,63	0,49	0,82	0,82	0,93	0,94	1,00	0,97	0,96	0,92	0,88	0,82
PHEN-M-SUM	0,64	0,49	0,80	0,82	0,93	0,94	0,97	1,00	0,90	0,96	0,86	0,89
PHEN-DM36	0,68	0,52	0,84	0,80	0,90	0,91	0,96	0,90	1,00	0,87	0,84	0,69
PHEN-DM-SUM	0,75	0,60	0,85	0,89	0,89	0,89	0,92	0,96	0,87	1,00	0,89	0,86
PHEN-TM128	0,81	0,73	0,93	0,96	0,93	0,90	0,88	0,86	0,84	0,89	1,00	0,72
PHEN-TM-SUM	0,51	0,39	0,63	0,68	0,76	0,81	0,82	0,89	0,69	0,86	0,72	1,00
Summe	27,17	22,66	31,16	31,99	32,07	31,56	31,24	31,43	29,60	32,08	32,46	27,16
Median	0,72	0,59	0,82	0,83	0,84	0,84	0,82	0,80	0,78	0,85	0,85	0,69



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht über Nutzungen und Schutzgebiete in der Nordsee . . . . .	7
Abbildung 2	Karte der Monitoringstationen für Sedimentmessungen, inklusive Sedimenteigenschaften nach FIGGE, 2013 (Quelle GPDN) in der Deutschen Bucht . . . . .	8
Abbildung 3	Schema der Probenbearbeitung und -analyse . . . . .	14
Abbildung 4	Dendrogramm der Substanzcluster . . . . .	16
Abbildung 5	CKW Leitsubstanzen [ng/g TM] versus TOC [mg/g] für verschiedene Seegebiete . . . . .	21
Abbildung 6	PAK Leitsubstanzen [ng/g TM] versus TOC [mg/g] für verschiedene Seegebiete . . . . .	21
Abbildung 7	Korrelation von CB153 (links) und Fluoranthen (rechts) mit TOC für die Stationen der Weißen Bank (WB1, WB5) .	22
Abbildung 8	Abhängigkeit der Korrelation zwischen Schadstoff und TOC bzw. Korngröße (<63 µm) Fraktion vom Verteilungskoeffizienten zwischen Oktanol und Wasser (logKow) . .	24
Abbildung 9	Konzentrationsverteilung von ausgewählten CKW und PAK aus Sedimentproben der Deutschen Bucht . . . . .	25
Abbildung 10	TOC-Werte Verteilung aus den Sedimentproben der Deutschen Bucht . . . . .	26
Abbildung 11	Mittelwerte, Mediane und Maxima der CKW-Konzentrationen in den Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013 . . . . .	27
Abbildung 12	Mittelwerte, Mediane und Maxima der auf TOC normierten CKW-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013 . . . . .	28
Abbildung 13	Mittelwerte, Mediane und Maxima der PAK-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013 . . . . .	29
Abbildung 14	Mittelwerte, Mediane und Maxima der auf TOC normierten PAK-Konzentrationen in Sedimentproben der Deutschen Bucht zwischen den Jahren 1994–2013 . . . . .	29

Abbildung 15	Mittlere Korngrößenverteilung sowie TOC-Gehalte an Stationen der Deutschen Bucht . . . . .	31
Abbildung 16	TOC-Verteilung in mg/g Trockenmasse in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013) . . . . .	31
Abbildung 17a	Konzentrationsverteilung ausgewählter CKW in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013): a) oben: in ng/g Trockenmasse . . . . .	34
Abbildung 17b	Konzentrationsverteilung ausgewählter CKW in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013): b) unten: bezogen auf ng/g TOC . . . . .	34
Abbildung 18a	Konzentrationsverteilung ausgewählter PAK in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013) a) oben: in ng/g Trockenmasse . . . . .	36
Abbildung 18b	Konzentrationsverteilung ausgewählter PAK in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 1994–2013) b) unten: bezogen auf ng/g TOC . . . . .	36
Abbildung 19	Konzentrationsverteilung ausgewählter alkylierter PAK bezogen auf ng/g TOC in der Deutschen Bucht (Median-Werte der Jahre 2008–2013) . . . . .	37
Abbildung 20	Mittlere TOC-Werte [mg/g TM] der Nordsee-, Nordmeer- und Ostseestationen für die Jahre 1994–2013 . . . . .	39
Abbildung 21	TOC Verteilung in Sedimenten verschiedener Seegebiete	40
Abbildung 22	Median Konzentration ausgewählter CKW [ng/g TM] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt	42
Abbildung 23	Median Konzentration ausgewählter CKW [ng/g TOC] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt	43
Abbildung 24	Median Konzentration ausgewählter PAK [ng/g TM] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt	44

Abbildung 25	Median Konzentration ausgewählter PAK [ng/g TOC] für verschiedene Seegebiete und repräsentative Stationen der Deutschen Bucht im Vergleich zum mittleren TOC Gehalt	44
Abbildung 26	Median CKW Konzentration verschiedener Seegebiete, sowie die Beziehung zwischen TOC und Konzentration in Abhängigkeit von der Substanz	46
Abbildung 27	Median PAK Konzentration verschiedener Seegebiete, sowie die Beziehung zwischen TOC und Konzentration in Abhängigkeit von der Substanz	47
Abbildung 28	Darstellung der PAK-Herkunft der Sedimente anhand des mittleren Phenanthren/Anthracen und Fluoranthren/Pyren Verhältnis	48
Abbildung 29	Zeitliche Trends ausgewählter PCB, Pestizide und PAK in Sedimenten der Stationen HP AE3, KS11 und WB5 für die Jahre 1995–2013 im Vergleich mit der Hintergrundkonzentration (BC) bzw. der Hintergrundbewertungskonzentration (BAC) sowie dem Umweltbewertungskriterien (EAC) bzw. dem Effektbereich niedrig (ERL)	54
Abbildung 30	Konzentration ausgewählter PCB, Pestizide und PAK, normiert auf 2,5 % TOC in Sedimentschichten der Deutschen Bucht (KS11–2005, WB 5–2005 & HESE1–2012)	57
Abbildung 31	Konzentration ausgewählter PCB, Pestizide und PAK, normiert auf 2,5 % TOC in Sedimentschichten der Ostsee (1998) und dem Skagerrak (2005 & 2009)	58
Abbildung 32	Schadstoffkonzentrationen von ausgewählten CKW und PAK in Schwebstoffen und Sedimenten der Jahre 2011/2012 (bez. auf TM)	60
Abbildung 33	TOC-normierte CKW und PAK Konzentrationen in Schwebstoffen und Sedimenten der Jahre 2011/2012	61



## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1</i>	<i>Variationskoeffizienten der Zielanalyten bezüglich ihrer Verfahrenspräzision einer Referenzsedimentprobe (IAEA REF. 408) und der Probenahmevariabilität an der Station WB5 (Trockenmasse und TOC normiert) . . . . .</i>	<i>14</i>
<i>Tabelle 2</i>	<i>Korrelationsparameter von CB153 mit CB138 sowie der Summe aus den 7 PCB Hauptkongeneren und Korrelationsparameter von Fluoranthen mit Benz[a]anthracen sowie der Summe aus 15 PAK . . . . .</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 3</i>	<i>Korrelationskoeffizienten (Spearman) der Schadstoffe mit PCB153 und Fluoranthen. Werte mit <math>R &gt; 0,90</math> sind in grün, <math>R &gt; 0,95</math> in rot gekennzeichnet . . . . .</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 4</i>	<i>Korrelation einzelner Schadstoffe mit TOC sowie verschiedenen Korngrößenfraktionen für die Deutsche Bucht 2011–2013 (n=39) . . . . .</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 5</i>	<i>Statistische Größen für die TOC-Verteilung an den verschiedenen Monitoringstationen für die Jahre 1994–2013. Unterstrichene und fett markierte Stationen haben mehr als sechs Proben und dienen als Auswahlstationen für die Schadstoffbetrachtung . . . . .</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 6</i>	<i>Median-Werte für TOC [mg/g] und für die Leitsubstanzen [ng/g TM] in den betrachteten Gebieten . . . . .</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 7</i>	<i>Median-Werte für TOC [mg/g] und für die Leitsubstanzen [ng/g TOC] in den betrachteten Gebieten . . . . .</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 8</i>	<i>CEMP/OSPAR Schadstoffkriterien für den Zeitpunkt T0 (vor Einsatz), sowie nach aktuellen Umweltbewertungskriterien (T1) . . . . .</i>	<i>51</i>





## Abkürzungsverzeichnis

ACE	Acenapthen
ACY	Acenapthylen
ANT	Anthracen
AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BAA	Benz-a-Anthracen
BAP	Benz-a-Pyren
BBF	Benz-b-Fluoranthen
BGHIP	Benz-ghi-Perylen
BLMP	Bund-Länder-Messprogramm
CHRTR	Chrysen/Triphenylen
CKW	Chlorkohlenwasserstoff
DB	Deutsche Bucht
DDD	Dichlordiphenyldichlorethan
DDE	Dichlordiphenyldichlorethen
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
FL	Fluoren
FLU	Fluoranthen
GC-MS	Gekoppeltes System aus Gaschromatographie und Massenspektrometrie
HCB	Hexachlorbenzol
HCH	Hexachlorcyclohexan
a-HCH	alpha-Hexachlorcyclohexan
b-HCH	beta-Hexachlorcyclohexan
g-HCH	gamma-Hexachlorcyclohexan = Lindan
HELCOM	Helsinki Kommission für den Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum
HPAE3	Hamburg Port Authority Tonne E3
I123P	Indeno[1,2,3 cd]pyren
KS	Klärschlammverklappung
MSRL	Meeresstrategie Rahmenrichtlinie
MUDAB	Meeresumwelt Datenbank
NAPH	Naphthalin

NAPH-M	Monomethylnaphthalin
NAPH-DM	Dimethylnaphthalin
NAPH-DM-SUM	Summe der Dimethylnaphthaline
NAPH-TM	Trimethylnaphthalin
NAPH-TM-SUM	Summe der Trimethylnaphthalin
NM	Nordmeer
NOAH	North Sea observation and assessment of Habitats
NS	Nordsee
OSPAR	Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks (Oslo-Paris Konvention)
PAK	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PHEN	Phenanthren
PHEN-M	Monomethylphenanthren
PHEN-M-SUM	Summe der Monomethylphenanthrene
PHEN-DM	Dimethylphenanthren
PHEN-DM-SUM	Summe der Dimethylphenanthrene
PHEN-TM	Trimethylphenanthrene
PHEN-TM-SUM	Summe der Trimethylphenanthrene
SSL	Sylter Sandloch
TM	Trockenmasse
TOC	Total organic carbon – Gesamtorganischerkohlenstoff
WB	Weißer Bank

## Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

### Verzeichnis der veröffentlichten Arbeiten

- 1 (1994) Sy, A., Ulrich, J. North Atlantic Ship-of-Opportunity XBT Programme 1990 – Data Report, 134 pp.
- 2 (1994) Hagen, E., Mittelstaedt, E., Feistel, R., Klein, H. Hydrographische Untersuchungen im Ostrandstromsystem vor Portugal und Marokko 1991–1992, 49 pp.
- 3 (1994) Oliczewski, J., Schmidt, D. Entwicklung einer Bestrahlungsapparatur zum photochemischen Aufschluß von Meerwasserproben zur Bestimmung von Schwermetallen, 70 pp.
- 4 (1994) BSH [Hrsg.] Das UN-Seerechtsübereinkommen tritt in Kraft: Inhalte und Konsequenzen für die Bundesrepublik Deutschland, 71 pp.
- 5 (1995) BSH [Hrsg.] Nationale Folgerungen aus dem Inkrafttreten des UN-Seerechtsübereinkommens, 103 pp.
- 6 (1995) Haffer, E., Schmidt, D. Entwicklung eines Probenvorbereitungsverfahrens zur Bestimmung von Arsen im Meerwasser mit der Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalyse, 109 pp.
- 7 (1995) BSH [Hrsg.] Global Ocean Observing System – Statusbericht, 100 pp.
- 8 (1996) Mittelstaedt, E., Meincke, J., Klein, H. WOCE-Current measurements: The ACM8 array – Data Report, 150 pp.
- 9 (1996) BSH [Hrsg.] GOOS Workshop – Anforderungen an ein wissenschaftliches Konzept für den deutschen Beitrag, 60 pp.
- 10 (1997) Sterzenbach, D. Entwicklung eines Analyseverfahrens zur Bestimmung von chlorierten Kohlenwasserstoffen in marinen Sedimenten und Schwebstoffen unter besonderer Berücksichtigung der überkritischen Fluidextraktion, 233 pp.
- 11 (1997) Jonas, M., Richter, R. Stand und Entwicklungstendenzen nautischer Systeme, Anlagen und Geräte an Bord von Seeschiffen, 37 pp.
- 12 (1997) Wedekind, C., Gabriel, H., Goroncy, I., Främke, G., Kautsky, H. „Meteor“-Reise Nr. 71/1985, Norwegen–Grönlandsee – Datenbericht, 44 pp.
- 13 (1998) BSH [Hrsg.] HELCOM Scientific Workshop – The Effects of the 1997 Flood of the Odra and Vistula Rivers, 46 pp.
- 14 (1998) Berger, R., Klein, H., Mittelstaedt, E., Ricklefs, K., Ross, J. Der Wasseraustausch im Tidebecken Hörnum-Tief – Datenreport, 260 pp.
- 15 (1998) Röske, F. Wasserstandsvorhersage mittels neuronaler Netze. 212 pp.
- 16 (1998) Ross, J., Mittelstaedt, E., Klein, H., Berger, R., Ricklefs, K. Der Wasseraustausch im Tidebecken Hörnum-Tief – Abschlußbericht, 98 pp.
- 17 (1998) Klein, H. OPUS-Current Measurements: Mecklenburg Bight and Fehmarnbelt – Data Report, 150 pp.
- 18 (1999) BSH [Hrsg.] Deutscher Programmbeitrag zum Globalen Ozeanbeobachtungssystem (GOOS), 67 pp.
- 19 (1999) BSH [Hrsg.] German Programme Contribution to the Global Ocean Observing System (GOOS), 71 pp.
- 20 (1999) Sztobryn, M., Stanislawczyk, I., Schmelzer, N. Ice Conditions in the Szczecin and Pomeranian Bay During the Normal Period from 1961–1990, 36 pp.
- 21 (1999) Nies, H., Karcher, M., Bahe, C., Backhaus, J., Harms, I. Transportmechanismen radioaktiver Substanzen im Arktischen Ozean – Numerische und experimentelle Studien am Beispiel der Barents- und Karasee, 134 pp.
- 22 (2000) Lorbacher, K. Niederfrequente Variabilität meridionaler Transporte in der Divergenzzone des nordatlantischen Subtropen- und Subpolarwirbels – Der WOCE-Schnitt A2, 156 pp.
- 23 (2000) Klein, H. The Subsurface Eastern Boundary Current of the North Atlantic between 32° N and 53° N – Data Report, 240 pp.
- 24 (2000) Klein, H. Strömungen und Seegangsverhältnisse westlich der Insel Hiddensee – Datenreport, 59 pp.

- 25 (2001) Goedecke, E. Der hydrographische Aufbau in der Deutschen Bucht vornehmlich dargestellt auf Grund der vorliegenden Unterlagen über Temperatur, Salzgehalt und Dichte, 202 pp.
- 26 (2001) Klein, H., Mittelstaedt, E. Strömungen und Seegangsverhältnisse vor Graal-Müritz und in der Tromper Wiek – Datenreport, 162 pp.
- 27 (2001) Klein, H., Mittelstaedt, E. Gezeitenströme und Tidekurven im Nahfeld von Helgoland, 24 pp. und Anhang.
- 28 (2001) Behnke, J., Berking, B., Herberg, J., Jonas, M., Mathes, S. Functional Scope and Model of Integrated Navigation Systems – A Toolbox for Identification and Testing, 181 pp.
- 29 (2001) Dick, S., Kleine, E., Müller-Navarra, S., Klein, H., Komo, H. The Operational Circulation Model of BSH (BSHcmod) – Model description and validation, 49 pp.
- 30 (2002) Sy, A., Ulrich, J., Weichert, H.-J. Upper Ocean Climate Ship-of-Opportunity Programme of BSH – A Status Report, 45 pp.
- 31 (2003) Dahlmann, G. Characteristic Features of Different Oil Types in Oil Spill Identification, 48 pp.
- 32 (2003) Nies, H., Gaul, H., Oestereich, F., Albrecht, H., Schmolke, S., Theobald, N., Becker, G., Schulz, A., Frohse, A., Dick, S., Müller-Navarra, S., Herklotz, K. Die Auswirkungen des Elbehochwassers vom August 2002 auf die Deutsche Bucht, 81 pp.
- 33 (2003) Loewe, P., Becker, G., Brockmann, U., Frohse, A., Herklotz, K., Klein, H., Schulz, A. Nordsee und Deutsche Bucht 2002 – Ozeanographischer Zustandsbericht
- 34 (2004) Schulz, G. Geomagnetic Results Wingst 1996, 1997, 1998 and 1999 including the complete Wingst data set since 1939 on CD-ROM
- 35 (2004) Gouretski, V. V., Koltermann, K. P. WOCE Global Hydrographic Climatology
- 36 (2004) Gayer, G., Dick, S., Pleskachevsky, A., Rosenthal, W. Modellierung von Schwebstofftransporten in Nord- und Ostsee
- 37 (2004) Schmelzer, N., Strübing, K., Stanisławczyk, I., Sztobryn, M. Die Eiswinter 1999/2000 bis 2003/2004 an der deutschen Nord- und Ostseeküste/Ice Conditions in the Szczecin Lagoon and Pomeranian Bay During the Winters 1999–2002
- 38 (2005) Loewe, P., Schmolke, S., Becker, G., Brockmann, U., Dick, S., Engelke, C., Frohse, A., Horn, W., Klein, H., Müller-Navarra, S., Nies, H., Schmelzer, N., Schrader, D., Schulz, A., Theobald, N., Weigelt, S. Nordseezustand 2003
- 39 (2005) Sztobryn, M., Stigge, H.-J., Wielbińska, D., Stanisławczyk, I., Kańska, A., Krzysztofik, K., Kowalska, B., Letkiewicz, B., Mykita, M., Weidig, B. Sturmfluten in der südlichen Ostsee (westlicher und mittlerer Teil)/ Storm Surges in the Southern Baltic Sea (Western and Central Parts)
- 40 (2006) Loewe, P., Schmolke, S., Becker, G., Brockmann, U., Dick, S., Frohse, A., Herrmann, J., Klein, B., Klein, H., Nies, H., Schrader, D., Schulz, A., Theobald, N., Weigelt, S. Nordseezustand 2004
- 41 (2007) Bork, I., Dick, S., Kleine, E., Müller-Navarra, S. Tsunami – a study regarding the North Sea coast
- 42 (2007) Schrum, C., Schmelzer, N. (Eds.) Fifth Workshop on Baltic Sea Ice Climate Hamburg, Germany, 31 August–2 September 2005
- 43 (2008) Müller, L. Sauerstoffdynamik der Nordsee – Untersuchungen mit einem dreidimensionalen Ökosystemmodell
- 44 (2009) Loewe, P. (Ed.) System Nordsee – Zustand 2005 im Kontext langzeitlicher Entwicklungen

- 45 (2009) Sztobryn, M., Weidig, B.,  
Stanisławczyk, I., Holfort, J.,  
Kowalska, B., Mykita, M., Kańska, A.,  
Krzysztofik, K., Perlet, I. Niedrigwasser in der südlichen Ostsee (westlicher und mittlerer Teil)/  
Negative Surges in the Southern Baltic Sea (Western and Central Parts)
- 46 (2009) Schmelzer, N., Holfort, J. Eiswinter 2004/05 bis 2008/09 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten Ice  
Winters 2004/05 to 2008/09 on the German North and Baltic Sea Coasts
- 47 (2010) Müller-Navarra, S., Knüpper, K. Improvement of water level forecasts for tidal harbours by means of model output  
statistics (MOS) – Part I (Skew surge forecast)
- 48 (2012) BSH [Hrsg.] Öl im Meer, Risiken, Vorsorge und Bekämpfung, Tagungsband, Symposium vom  
17. bis 19. November 2010 Hamburg
- 49 (2013) Loewe, P., Klein, H.,  
Weigelt-Krenz, S. (Eds.) System Nordsee – 2006 & 2007: Zustand und Entwicklungen
- 50 (2013) Müller-Navarra, S. H. Gezeitenvorausberechnungen mit der Harmonischen Darstellung der Ungleichhei-  
ten/On Tidal Predictions by Means of Harmonic Representation of Inequalities
- 51 (2013) Naturraum und Wirtschaftszone – Zustand und Entwicklung 2006–2007
- 52 (2014) Weigelt-Krenz, S., Theobald, N. Auswirkungen des Elbehochwassers vom Juni 2013 auf die Deutsche Bucht
- 53 (2014) Schmelzer, N., Holfort, J. Eiswinter 2009/2010 bis 2013/2014 an den deutschen Nord- und Ostseeküsten/  
Ice Winters 2009/2010 to 2013/2014 on the German North and Baltic Sea Coasts
- 54 (2016) Frohse, A., Herrmann, J.,  
Janssen, F., Klein, H., Lefebvre, C.,  
Loewe, P., Machoczek, D.,  
Müller-Navarra, S., Schmelzer, N.,  
Schmied, S., Schmolke, H.,  
Schrader, D., Schulz, A.,  
Theobald, N., Weigelt-Krenz, S. Nordseezustand 2008–2011
- 55 (2016) Brockmeyer, B., Theobald, N. 20 Jahre Monitoring organischer Schadstoffe in Sedimenten der Deutschen Bucht  
– Zustand und zeitliche Entwicklung –