



**Belastungen von Oberflächengewässern und von aktiven
Grubenwassereinleitungen mit bergbaubürtigen PCB
(und PCB-Ersatzstoffen)**

Ergebnisse des LANUV-Sondermessprogramms

1. Folgebericht

Dezember 2018

SEIT **10** JAHREN

Berichtersteller:

Dr. Harald Rahm,

Kristof Obschernicat, Martin Dittmar, Dr. Jens Rosenbaum-Mertens, Klaus Selent

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

Postfach 101052

45610 Recklinghausen

Inhaltsverzeichnis:

EINLEITUNG.....	4
I. AUFGABENBESCHREIBUNG.....	6
II. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS DEM BERICHT 2015	8
II.1. PROBENAHMETECHNIKEN 2015	8
II.2. ERGEBNISSE UND BEWERTUNG DER MESSUNGEN AUS 2015.....	9
III. KONZEPTE ALTERNATIVER PROBENAHMETECHNIKEN FÜR PCB IN GRUBENWASSER.....	10
III.1. SCHWEBSTOFFSAMMELKASTEN.....	10
III.2. PASSIVSAMMLER	11
IV. EIGNUNG DER ALTERNATIVEN PROBENAHMETECHNIKEN FÜR PCB IN GRUBENWASSER.....	12
IV.1. SCHWEBSTOFFSAMMELKASTEN.....	12
<i>Allgemeine Beschreibung der gewinnbaren Schwebstoffmengen</i>	<i>13</i>
<i>Korngrößenverteilung in den Schwebstoffen von Zentrifuge und Kasten</i>	<i>14</i>
<i>Probenvorbehandlung der Schwebstoffe aus Zentrifuge und Kasten.....</i>	<i>14</i>
<i>Vergleich von PCB-Ergebnissen aus Zentrifuge und Kasten</i>	<i>15</i>
IV.2. PASSIVSAMMLER	16
IV.3. 100 LITER PROBE	19
V. BETRACHTUNG DER GEWÄSSER IM NAHBEREICH VON GRUBENWASSEREINLEITUNGEN	20
VI. FAZIT.....	23
VI.1. VORSCHLAG DES LANUV FÜR EIN LANGZEITMONITORING	26
VI.2. BEDEUTUNG DES PCB-EINTRAGES IN DIE GEWÄSSER	26
VII. ANHANG: GRUBENWASSEREINLEITUNGEN NACH GEWÄSSEREINZUGSGEBIETEN.....	27
VII.1. EINZUGSGEBIET EMS / IBBENBÜRENER AA	27
<i>Oeynhausener Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Schwebstoffe.....</i>	<i>29</i>
<i>Oeynhausener Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Passivsammler</i>	<i>33</i>
<i>Oeynhausener Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Sedimente</i>	<i>34</i>
<i>Oeynhausener Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Bedeutung für das Gewässer</i>	<i>36</i>
<i>Dickenberger Stollen, Bergwerks-KA Gravenhorst</i>	<i>37</i>
<i>Bockradener Stollen.....</i>	<i>37</i>
VII.2. RHEIN (RHEINGRABEN-NORD)	39
<i>Grubenwassereinleitung Walsum - Schwebstoffe.....</i>	<i>41</i>
<i>Grubenwassereinleitung Walsum - Passivsammler.....</i>	<i>43</i>
<i>Grubenwassereinleitung Walsum - Sedimente.....</i>	<i>46</i>
<i>Grubenwassereinleitung Walsum - Bedeutung für das Gewässer</i>	<i>47</i>
VII.2.1. EINZUGSGEBIET EMSCHER	48
<i>Prosper Haniel - Schwebstoffe.....</i>	<i>50</i>
<i>Prosper Haniel - Passivsammler</i>	<i>56</i>
<i>Prosper Haniel - Sedimente</i>	<i>57</i>
<i>Prosper Haniel – Bedeutung für das Gewässer</i>	<i>58</i>

Zollverein - Schwebstoffe.....	59
Zollverein - Passivsammler	62
Zollverein – Sedimente	64
Zollverein – Bedeutung für das Gewässer	68
Carolinenglück.....	69
Amalie	70
Concordia	70
Carolinenglück, Amalie und Concordia - Bedeutung für das Gewässer.....	72
VII.2.2. EINZUGSGEBIET LIPPE	73
Haus Aden - Schwebstoffe.....	75
Haus Aden – 100 Liter Probe	80
Haus Aden - Passivsammler.....	80
Haus Aden - Sedimente	83
Haus Aden – Bedeutung für das Gewässer.....	86
Auguste Victoria	87
Heinrich	90
Friedlicher Nachbar	92
Robert Müser.....	93
Ruhreinzugsgebiet – Bedeutung für das Gewässer	93
VII.3. FOSSA EUGENIANA/ RHEINBERGER ALTRHEIN	94
VIII. ERGÄNZENDE DATEN & BILDER	95
VIII.1. AUSWIRKUNGEN DES GRUBENWASSERS AUF DIE SCHWEBSTOFFZENTRIFUGEN.....	95
VIII.2. ERGÄNZENDE DATEN FÜR IBBENBÜREN	97
Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens.....	97
Schwermetallgehalte im Schwebstoff	98
VIII.3. ERGÄNZENDE DATEN FÜR PROSPER HANIEL UND ZOLLVEREIN	99
Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens.....	99
Schwermetallgehalte im Schwebstoff	100
VIII.4. ERGÄNZENDE DATEN FÜR HAUS ADEN.....	103
Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens.....	103
Schwermetallgehalte im Schwebstoff	104
Abbildungsverzeichnis	105
Tabellenverzeichnis	108

Einleitung

Die RAG hat 2014 der Landesregierung den Entwurf des Konzeptes zur langfristigen Optimierung der Grubenwasserhaltung für Nordrhein-Westfalen vorgelegt („Grubenwasserhaltungskonzept“).

Bezogen auf die Belastung der Oberflächengewässer mit Grubenwasser wird erwartet, dass bei Realisierung der Planungen für große Teile des Ruhrreviers und des linken Niederrheins eine Konzentrierung der Wasserhaltung an den rheinischen Standorten Walsum und Lohberg erreicht wird und andere Gewässer von Grubenwasser weitgehend entlastet werden. Im Zuge dieser Maßnahmen würde das Grubenwasserniveau untertäglich steigen und nicht genutzte Bereiche der Gruben würden geflutet.

Diese Planungen bedürfen einer Bewertung der mit dem Grubenwasser in die Flüsse ausgetragenen Stoffe. Neben den geogen bedingten Stoffausträgen (Ammonium-Stickstoff, Chlorid, etc.) und möglichen Schadstoffen aus eingebautem Versatzmaterial sind PCB (und PCB-Ersatzstoffe mit ähnlichen Umwelteigenschaften) zu betrachten, die in unter Tage eingesetzten feuersicheren Schmierstoffen enthalten waren und sich zum Teil noch unter Tage befinden.

Hierzu hat das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV)¹ ein „Gutachten zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen“² in Auftrag gegeben, das sich auch mit PCB und PCB-Ersatzstoffen beschäftigt. Parallel wurde das LANUV beauftragt, die Grubenwasserüberwachung auf PCB in einem Sondermessprogramm wieder aufzunehmen.

Im Oktober 2015 hat das LANUV in einem Bericht Ergebnisse von Untersuchungen zusammengefasst,³ mit denen der Austrag der PCB mit dem Grubenwasser sowie deren Konzentration in den Oberflächengewässern eingeschätzt wurden.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse aus 2015–2018 von Untersuchungen und messtechnischen Entwicklungen zusammengefasst, die dazu dienen

- den Einfluss der Grubenwassereinleitungen auf den Nahbereich im Gewässer um die Einleitungsstelle zu beschreiben,
- die 2015 eingesetzte Probenahmetechnik zu effektiveren und Alternativen zur Schwebstoffzentrifuge zu erproben sowie

¹ vormals Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV)

² Gutachten zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen;
<http://www.umweltauswirkungen-utv.de>

³ LANUV Bericht;

<https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument?Id=MMV16/3551>

- einen Vorschlag für eine kontinuierliche Überwachung der verbleibenden Grubenwassereinleitungen auf PCB-Austräge zu unterbreiten.

Die Ergebnisse dieses Berichtes fassen die Tätigkeiten des LANUV und die Ergebnisse einer Kooperation mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz,⁴ zusammen. Inhalte, die aus dem Bericht der BfG übernommen wurden, sind mit [BfG] gekennzeichnet.

Die Ausgestaltung der hier beschriebenen Untersuchungen, insbesondere die Auswahl der Grubenwassereinleitungsstellen, an denen die Überwachungsstrategien prioritär erprobt werden sollen, wurden im Ad hoc-Arbeitskreis „PCB – Monitoring und Analytik“ unter Beteiligung der betroffenen Behörden, der Gutachter, der RAG und der Vertreter öffentlicher Belange Anfang 2016 abgestimmt.

⁴ Untersuchung von PCB und Ungleich-Ölen in Grubenwässern mit Hilfe von Passivsammlern und in Sedimenten von Oberflächengewässern in der Nähe von Grubenwassereinleitungen; Sabine Schäfer, Denise Spira, Benjamin Becker, Christel Möhlenkamp, Evelyn Claus, Julia Bachtin und Georg Reifferscheid, unveröffentlicht

I. Aufgabenbeschreibung

Das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) hat das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) beauftragt, ein Konzept für die Fortführung der 2015 durchgeführten Grubenwasseruntersuchungen vorzulegen und umzusetzen. Dazu waren

- alternative Techniken zur Zentrifuge für die Überwachung von PCB in Grubenwasser zu erproben,
- die Grundlage zu legen für eine zukünftige Überwachung von Grubenwasser auf PCB und PCB-Ersatzstoffen,
 - die eine Überwachung auch nach Ende des aktiven Bergbaus ermöglicht,
 - die eine mögliche Anhebung des Grubenwasserniveaus monitorent begleiten kann,
 - die eine zukünftige (amtliche) Überwachung von Grubenwassereinleitungen ermöglicht;
- sowie den Einfluss der Grubenwassereinleitungen hinsichtlich PCB auf die Gewässer im Nahbereich der Einleitung zu beschreiben.

Das LANUV hat hierzu vorgeschlagen,

- Schwebstoffsammelkästen, die bereits zur Überwachung von Oberflächengewässern eingesetzt werden, technisch zu modifizieren und vergleichend zur Zentrifugenprobenahme bei der Grubenwasseruntersuchung einzusetzen.
- Passivsammler, die bereits in Oberflächenwässern für die Bestimmung von PCB eingesetzt werden, sollen in Zusammenarbeit mit der BfG erprobt werden ⁵.
- Da an den Mündungen von Ruhr, Emscher und Lippe sowie an den Zentrifugen-Messstellen der Lippe zwischen den Grubenwassereinleitungen die PCB Gehalte des Gewässers aus der Summe der diffusen Belastungsquellen den grubenwasserbürtigen Anteil stark überprägen, wurde vereinbart, Sedimente oder sedimentähnliches Material aus dem Gewässer möglichst nahe der Grubenwassereinleitungen auf PCB zu untersuchen und mit Material zu vergleichen, welches oberhalb der Einleitung gewonnen werden kann.

Aufgrund der Ergebnisse des Messprogrammes 2015 wurden im Ad hoc-Arbeitskreis fünf Einleitungsstellen ausgewählt, an denen die alternativen Techniken zuerst einzusetzen sind (siehe Tabelle 1).

⁵ Anwendung von Passivsammlern in Überwachungsprogrammen gemäß WRRL und MSRL – Identifizierung von Kontaminationsschwerpunkten, Referenzstandorten und neuen Schadstoffen (AnPassa) in: Umweltbundesamt (Ed.). Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Becker, B., Claus, E., Möhlenkamp, C., Bachtin, J., Paschke, A., Schäfer, S., Veröffentlichung in Vorbereitung.

Tabelle 1: Untersuchte Einleitungsstellen mit Angabe der Koordinaten und des zugehörigen Oberflächenwasserkörper [BfG]

Nummer	Einleitungsstelle	Koordinaten (ETSR89)		Oberflächenwasserkörper
		Länge	Breite	
1	Haus Aden/ Monopol	51.62692	7.56711	Lippe
2	Prosper Haniel	51.49577	6.87713	Emscher
3	Zollverein	51.51926	7.02208	Emscher
4	Ibbenbüren	52.28348	7.65290	Ems
5	Duisburg-Walsum	51.52794	6.69742	Rhein

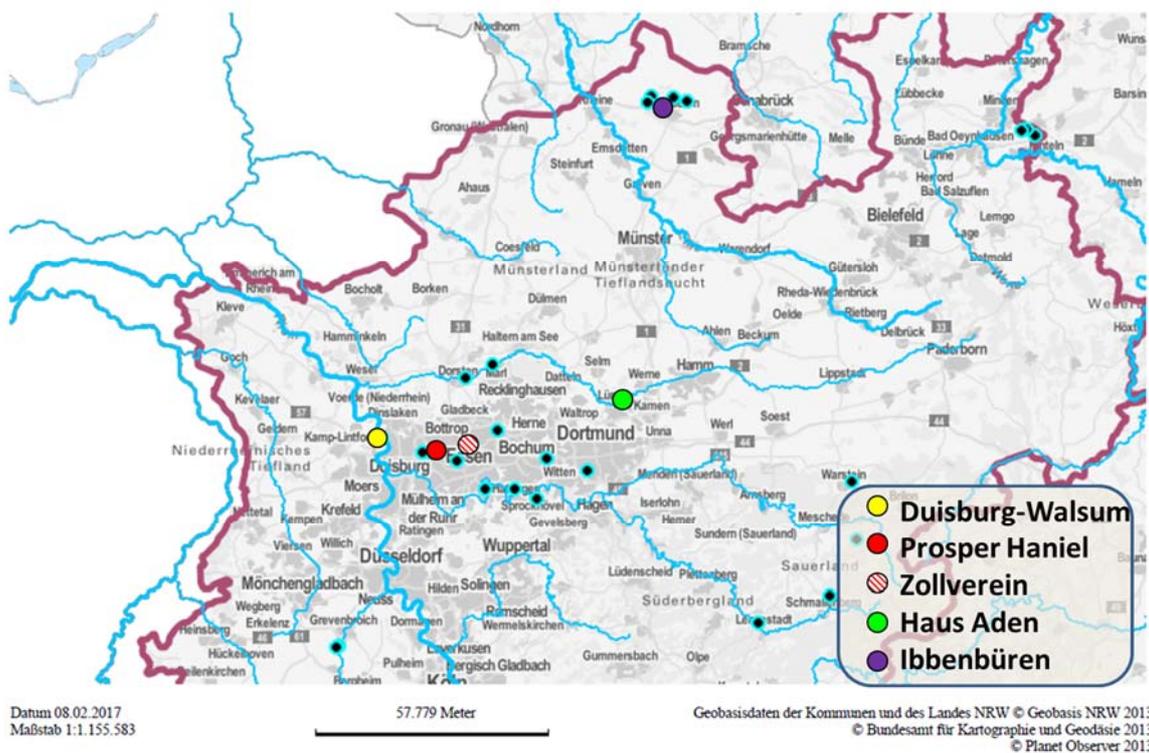


Abbildung 1: Lage der untersuchten Einleitungsstellen in Nordrhein-Westfalen [BfG]

II. Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Bericht 2015

II.1. Probenahmetechniken 2015

PCB reichern sich aufgrund ihrer Beschaffenheit an Feststoffpartikeln an. Diese Feststoffpartikel wiederum lagern sich bei Einleitung von zum Beispiel Grubenwasser am Gewässerboden ab; sie bilden einen Teil des Flusssedimentes. Die schadstoffhaltigen Partikel im Flusssediment können zum Beispiel bei Hochwasser aufgewirbelt und weiter flussabwärts transportiert werden; sie sind im Übrigen für die am Gewässerboden lebenden Organismen von Bedeutung und können von einigen Organismen aufgenommen werden.

Deshalb und aus analysetechnischen Gründen lag der Schwerpunkt darauf, die Konzentration der PCB an den Feststoffpartikeln – und nicht aus der gesamten Wasserprobe – zu bestimmen. Hierzu wiederum müssen die Feststoffpartikel aus einer Wasserprobe „herausgeholt“ werden.

Zum „Herausholen“ der Feststoffpartikel aus einer Wasserprobe wurden 2015 verschiedene Techniken eingesetzt: die Filtration (durch RAG und Bezirksregierung Arnsberg) und die Zentrifugation (LANUV und Ruhrverband). Die Filtration von 10 Liter Wasserprobe hat sich nicht bewährt, geringe absolute PCB-Mengen im Filterkuchen und schnell verstopfende Filter führten zu schwankenden, nicht reproduzierbaren Ergebnissen. Das Zentrifugenverfahren nach DIN 38402-24:2007-05 ⁶ scheidet bei aktiv betriebenen Gruben innerhalb eines Tages genug Schwebstoff ab, um die für die PCB-Analytik nach DIN 38414-S20 ⁷ vorgeschlagene Menge Probenmaterial zu erhalten. Aus dem Grubenwasser stillgelegter Gruben sind mit der Zentrifuge nur geringe Mengen zu gewinnen.

Für die Gewinnung von Schwebstoffen aus Grubenwasser sind Zentrifugen nach den Erfahrungen aus dem Messprogramm 2015 nur bedingt geeignet:

- Die Schwebstoffgehalte sind im Grubenwasser stillgelegter Zechen sehr viel geringer als in Oberflächengewässern.
- Die Schwebstoffgehalte schwanken bei Schaltvorgängen an untertägigen Pumpen.
- Eisenhydroxid fällt bei Luftkontakt des gehobenen Grubenwassers aus und beeinflusst stark die Menge des gewonnenen Feststoffes und damit die Bezugsgröße für die Konzentrationsangabe in µg PCB/ kg Feststoff.
- Die Zentrifugen werden durch auskristallisierende Salze aus den Grubenwässern, ausfallenden Eisenocker und Bariumsulfat stark in Mitleidenschaft gezogen, so dass ein Dauerbetrieb nicht möglich ist.

⁶ DIN 38402-24:2007-05 - Anleitung zur Probenahme von Schwebstoffen (A 24)

⁷ DIN 38414-S20: 1996-01 – Schlamm und Sedimente: Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB)

II.2. Ergebnisse und Bewertung der Messungen aus 2015

- In allen untersuchten Oberflächengewässern wurde die Umweltqualitätsnorm von 20 µg/kg Trockensubstanz (TS) für die PCB-Kongenere sicher eingehalten.
- In den Grubenwässern wiesen die „bergbautypischen“ Kongenere PCB 28 und PCB 52 die höchsten Konzentrationen auf, in den Oberflächengewässern findet sich diese Verteilung nicht wieder.
- Die gleichwohl messbaren Belastungen der Gewässer mit bergbautypischen PCB und zum Teil auch mit PCB-Ersatzstoffen können demnach anteilig auf die aktuellen Grubenwassereinleitungen zurückgeführt werden. Der größere Anteil der Belastung in den Gewässern geht auf die langjährig erfolgten Anreicherungen in den Flusssedimenten aus diffusen und punktuellen Einleitungen (inkl. Bergbau) zurück (Ausnahme Ibbenbürener Aa).
- Von den Grubenwässern sind insbesondere die Grubenwassereinleitungen Prosper Haniel, Zollverein-Stinnes und Oeynhausener Stollen (Ibbenbüren) deutlich mit PCB und mit PCB-Ersatzstoffen belastet.
- Die Grubenwässer des aktiven Bergwerks Prosper Haniel enthalten im Vergleich zu den anderen Grubenwassereinleitungen größere Mengen an Schwebstoff und sind zudem vergleichsweise höher mit PCB belastet.
- Aus den Ergebnissen dieses Messprogrammes lässt sich nicht ableiten, welche Menge an PCB insgesamt unter Tage ist.

Generell gilt, dass grundsätzlich eine Minimierung des PCB-Eintrages in die Gewässer geboten ist, damit die mit der internationalen POP-Konvention⁸ angestrebte Entlastung der Umwelt schnellstmöglich erreicht wird.

⁸ POP = persistent organic pollutants; Stockholmer Übereinkommen zu POP, abgeschlossen im Mai 2001; national umgesetzt BGBl II S. 803 vom 16. April 2002

III. Konzepte alternativer Probenahmetechniken für PCB in Grubenwasser

III.1. Schwebstoffsammelkasten

Der Schwebstoffsammelkasten arbeitet nach dem Prinzip der künstlich hervorgerufenen Sedimentation von Partikeln, die unter gegebenen Bedingungen im Gewässer sonst durch Verwirbelungen etc. in Schwebelage gehalten werden. Hierzu wird der Fließquerschnitt innerhalb des Schwebstoffsammelkastens auf das ca. 125-fache erhöht und dadurch die Strömungsgeschwindigkeit soweit herabgesetzt, dass die Strömung laminarisiert und keine Verwirbelungen etc. die Partikel mehr in Schwebelage halten können. Diese sinken daraufhin ab und können dann über eingehängte Körbe aus dem Schwebstoffsammelkasten entnommen werden.

Der Einsatz von Schwebstoffsammelkästen in Gewässern ist seit vielen Jahren geübte Praxis. Sie werden eingesetzt für Forschungsprojekte, für die Bewertung von Schwebstoffen entsprechend der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und auch für die historisierende Probengewinnung der Umweltprobenbank des Umweltbundesamtes (UBA). Ihr Vorteil gegenüber dem Einsatz von Schwebstoffzentrifugen liegt in dem geringeren technischen Aufwand, niedrigeren Anschaffungskosten und der integrativen Sammlung über Wochen und Monate. Der Vorteil von Schwebstoffzentrifugen liegt in dem sehr viel größeren Durchsatz von Wasser pro Zeiteinheit, damit kürzeren Probenahmezeiten und einer höheren Mobilität, wenn die Zentrifugen in einem Fahrzeug oder Hänger montiert sind.

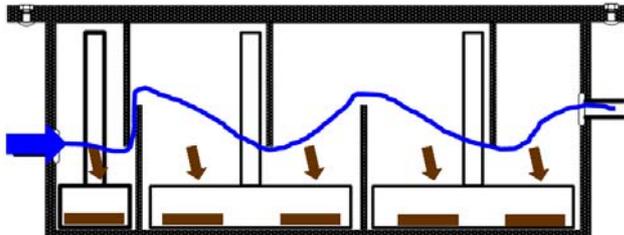


Abbildung 2: Schwebstoffsammelkasten, Schema und Foto

III.2. Passivsammler

Passivsammler besitzen eine Sammelphase, z.B. ein Polymer, welches Schadstoffe anreichert, wenn es in der Umwelt exponiert wird. Die Art der Sammelphase bestimmt, welche Stoffgruppen bevorzugt angereichert werden. Die Kontaktart bestimmt, aus welchem Umweltkompartiment die Zielanalyten gesammelt werden. Bei der Anwendung von Passivsammlern in der Wasserphase nach DIN EN ISO 5667-23:2011-07⁹ werden also gelöste Stoffe angereichert. Die Menge an Schadstoffen in der (zeitlich begrenzten) Sammelphase nimmt linear mit der Expositionszeit der Sammler zu.

Nach der Exposition der Passivsammler im Gewässer werden die Schadstoffe im Polymer des Sammlers analysiert. Um auf die mittlere Konzentration im Wasser rückrechnen zu können, müssen die Sammelraten (R_S) der Zielanalyten für den verwendeten Sammler unter den jeweiligen Einsatzbedingungen ermittelt werden, z.B. durch eine *in situ* Kalibrierung mittels Referenzverbindungen (engl. performance reference compounds; PRC). Dazu werden vor der Exposition der Passivsammler im Gewässer Substanzen als PRC auf die Sammelphase dotiert, die in der Umwelt nicht oder in nicht nachweisbaren Mengen vorkommen [BfG]. Die Konzentrationsabnahme der PRC auf dem Sammler wird korreliert mit der Aufnahme der Substanzen aus dem Gewässer.



Abbildung 3: Als Passivsammler verwendeter Silikonstreifen [BfG]

⁹ DIN EN ISO 5667-23:2011-06 - Anleitung zur Anwendung von Passivsammlern in Oberflächengewässern

IV. Eignung der alternativen Probenahmetechniken für PCB in Grubenwasser

Im Folgenden werden die Probenahmetechniken beschrieben, die als Alternative zur Überwachung von Grubenwassereinleitungen mit einer Schwebstoffzentrifuge erprobt werden. Die Sammelkästen wurden direkt in den Grubenwasserstrom eingebracht, ggf. mit einem technischen Bauwerk. Die Passivsammler wurden in die Grubenwasserfahne im aufnehmenden Gewässer eingebracht. Somit konnten im Projektzeitraum auch hierzu Erkenntnisse zur Eignung der Technik gewonnen werden, auch wenn die Messstellen nicht direkt vergleichbar sind. Untersuchung von 100 Liter Wasserprobe (statt 1 Liter, wie bei Untersuchung von Wasserproben auf PCB nach DIN 38407-3¹⁰) wurde im Rahmen des Gutachtens zu den Umweltauswirkungen (s.o.) durchgeführt.

IV.1. Schwebstoffsammelkasten

Ziel der 2016 begonnenen Untersuchungen war zu ermitteln, ob sich Schwebstoffsammelkästen für eine dauerhafte Überwachung von Grubenwassereinleitungen auf PCB eignen. Folgende Umstände bei der Grubenwasserförderung erschweren den Einsatz von Schwebstoffzentrifugen:

- extrem hohe Salzgehalte, die bei der Probenahme auskristallisieren,
- anoxische (sauerstofffreie) Zustände in Verbindung mit gelöstem, zweiwertigen Eisen, das bei Sauerstoffkontakt als stark voluminöses Eisen(III)-hydroxid (Eisenocker) ausfällt,
- sehr geringe Gehalte an Schwebstoff,
- teilweise hohe und schwankende Druckverhältnisse in den Förderleitungen (8 bar und mehr mit Druckstößen bei Schaltvorgängen an den Pumpen).

Diese Umstände machten auch für den Einsatz der Schwebstoffsammelkästen technische Anpassungen gegenüber dem Einsatz in Gewässern nötig. Der hohe Salzgehalt bewirkt keine Korrosion an den Sammelkästen, die im Gegensatz zur Zentrifuge ganz aus Kunststoff bestehen. Die Anlagenteile im Umfeld sind jedoch entsprechend zu gestalten. Anoxische Grubenwässer kommen bis nach der Durchleitung durch die Kästen nicht mit Luftsauerstoff in Kontakt, so dass wenig Eisenfällung stattfindet. Der geringe Schwebstoffgehalt lässt sich bei der Probenahme mittels Schwebstoffsammelkasten durch eine etwas größere Auslegung des Kastens (3 Kammern statt 2 Kammern) und eine Verlängerung der Sammelzeit gut kompensieren. Druckminderungssysteme ermöglichen den Langzeitbetrieb unabhängig von der Ansteuerung der Grubenwasserpumpen. Während bei den Zentrifugenprobenahmen die Pumpensteuerung nicht verändert werden durfte, ermöglichen die Kästen, die möglicherweise höhere Schwebstofffracht beim Anfahren von Pumpen mit zu erfassen.

Die Installation der Kästen erfolgte mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunächst in Ibbenbüren als Entnahme mit einer Pumpe aus oberflächlichem Abfluss. Danach wurde auf Prosper Haniel

¹⁰ DIN 38407-3:1998-07: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F) - Teil 3: Gaschromatographische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (F 3)

die Entnahme aus einem drucklosen Rohr in Betrieb genommen. Als letztes erfolgte die Inbetriebnahme an Haus Aden aus einem Druckrohr. Für Walsum und Zollverein waren größere Umbauarbeiten an den Druckleitungen und z.T. den Gebäuden erforderlich.



Abbildung 4: Installationen des Schwebstoffsammelkastens auf Prosper Haniel

Allgemeine Beschreibung der gewinnbaren Schwebstoffmengen

Erwartungsgemäß scheidet ein Schwebstoffsammelkasten nicht mit der gleichen Effizienz Schwebstoffe ab wie eine Zentrifuge. Dies lässt sich durch längere Laufzeiten mehr als kompensieren. Bei einer Zeche mit untertägigem Betrieb (Prosper) lässt sich mit beiden Verfahren ausreichend Schwebstoff für eine Analytik gewinnen; die Effektivität des Kastens ist dabei erwartungsgemäß niedriger als die Abscheideleistung der Zentrifuge. Gleiches gilt für Grubenwässer aus stillgelegten Zechen, hier am Beispiel Haus Aden. Werden die Grubenwässer eines aktiven Bergwerks zunächst durch Absetzteiche geleitet (Ibbenbüren), ist die Effektivität des Kastens nochmals geringer. Über die langen Laufzeiten kann jedoch auch hier eine für die Analytik ausreichende Menge Schwebstoff gewonnen werden.

Tabelle 2: Menge der gesammelten Schwebstoffe an verschiedenen Grubenwassereinleitungen und mit unterschiedlichen Techniken (exemplarisch)

	Einheit	Zentrifuge Prosper	Kasten Prosper	Zentrifuge Ibbenbüren	Kasten Ibbenbüren	Zentrifuge Haus Aden	Kasten Haus Aden
Probenahme		11.03.15	19.12.16- 23.1.17	23.11.16	20.12.16- 7.2.17	28.8.15	20.1.17 - 13.02.17
Durchfluss Wasser	m ³	7,2	269	6,0	349	7,4	247
Laufzeit	h	2	843	5	1175	6,5	577
Masse Schwebstoff	g feucht	360	1277	114	58,1	41	78,5
Masse Schwebstoff	g trocken	210	839	30,6	16,3	5,2	30,5
Schwebstoffgehalt (berechnet)	mg/l	29,1	3,1	5,1	0,05	0,7	0,1

Korngrößenverteilung in den Schwebstoffen von Zentrifuge und Kasten

Sowohl mit der Zentrifuge als auch mit dem Sammelkasten werden aus dem Grubenwasser Schwebstoffe gewonnen mit einer Korngröße kleiner 63 μm . Damit erhält man für beide Techniken die Feinstfraktion, in der die maximale Anreicherung organischer, nicht polarer Stoffe stattfindet. Die Korngrößengrenze 63 μm ist die konventionelle Siebmaschenweite bei der Aufarbeitung von Sedimenten.

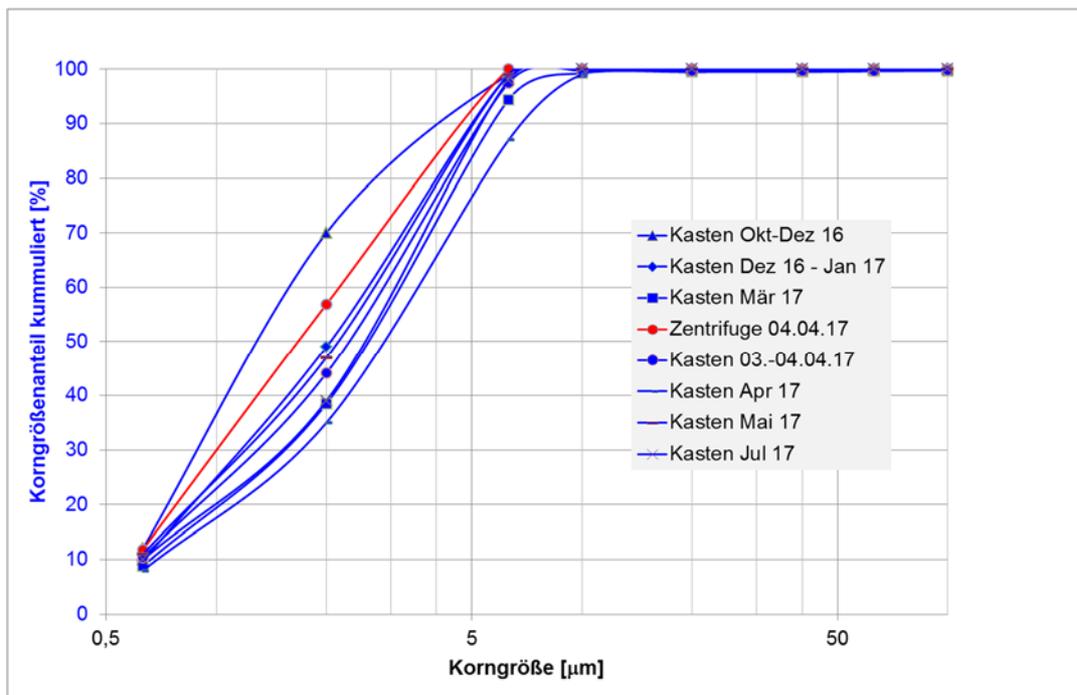


Abbildung 5: Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich von Schwebstoffsammelkasten und Zentrifuge (exemplarisch)

Probenvorbereitung der Schwebstoffe aus Zentrifuge und Kasten

Nach der Probenahme mit der Zentrifuge wird der pastöse Schwebstoff von der Teflonfolie der Zentrifuge abgeschabt und in ein Probengefäß abgefüllt.

Der Schwebstoff aus den Sammelkästen wird nach vorsichtigem Dekantieren der Wasserphase in ein Probengefäß überführt und der Kasten mit Grubenwasser gespült. Aus diesem Vorgehen ergibt sich ein Volumen von ca. 2,5–5 Litern Suspension. Wegen der hohen Salzfracht aus dem Grubenwasser wird im Labor vor der Trocknung des Schwebstoffs die Wasserphase abzentrifugiert. Auf diese Weise wird der größte Teil der Salzfracht entfernt und die Probe kann anschließend wie der Schwebstoff aus der Zentrifuge gefriergetrocknet werden. Anschließend werden die Proben in einer Mörsermühle gemahlen und über ein Sieb mit der Maschenweite 63 μm abgesiebt.

Vergleich von PCB-Ergebnissen aus Zentrifuge und Kasten

Für mehrere Grubenwassereinleitungen liegen bereits Ergebnisse von Probenahmen mit Zentrifuge und Schwebstoffsammelkasten vor. Grundsätzlich werden ähnliche Ergebnisse erzielt, eine Ausnahme bildet das Grubenwasser von Haus Aden. Hier findet sich im Kasten ein Schwebstoff mit geringeren PCB Gehalten als in der Zentrifuge, was auf eine Ausfällung PCB-armer Partikel während der Sammelzeit hindeutet.

Mit den Kästen wird erst bei längeren Laufzeiten (Wochen bis Monate) genug Schwebstoff gewonnen, um eine Analytik mit ausreichend niedriger Bestimmungsgrenze durchzuführen, was direkte Vergleiche schwierig macht. Dafür integriert der Sammelkasten die Emissionen über lange Zeiten. Details zu den Befunden der einzelnen Grubenwassereinleitungen gibt Kapitel VII .

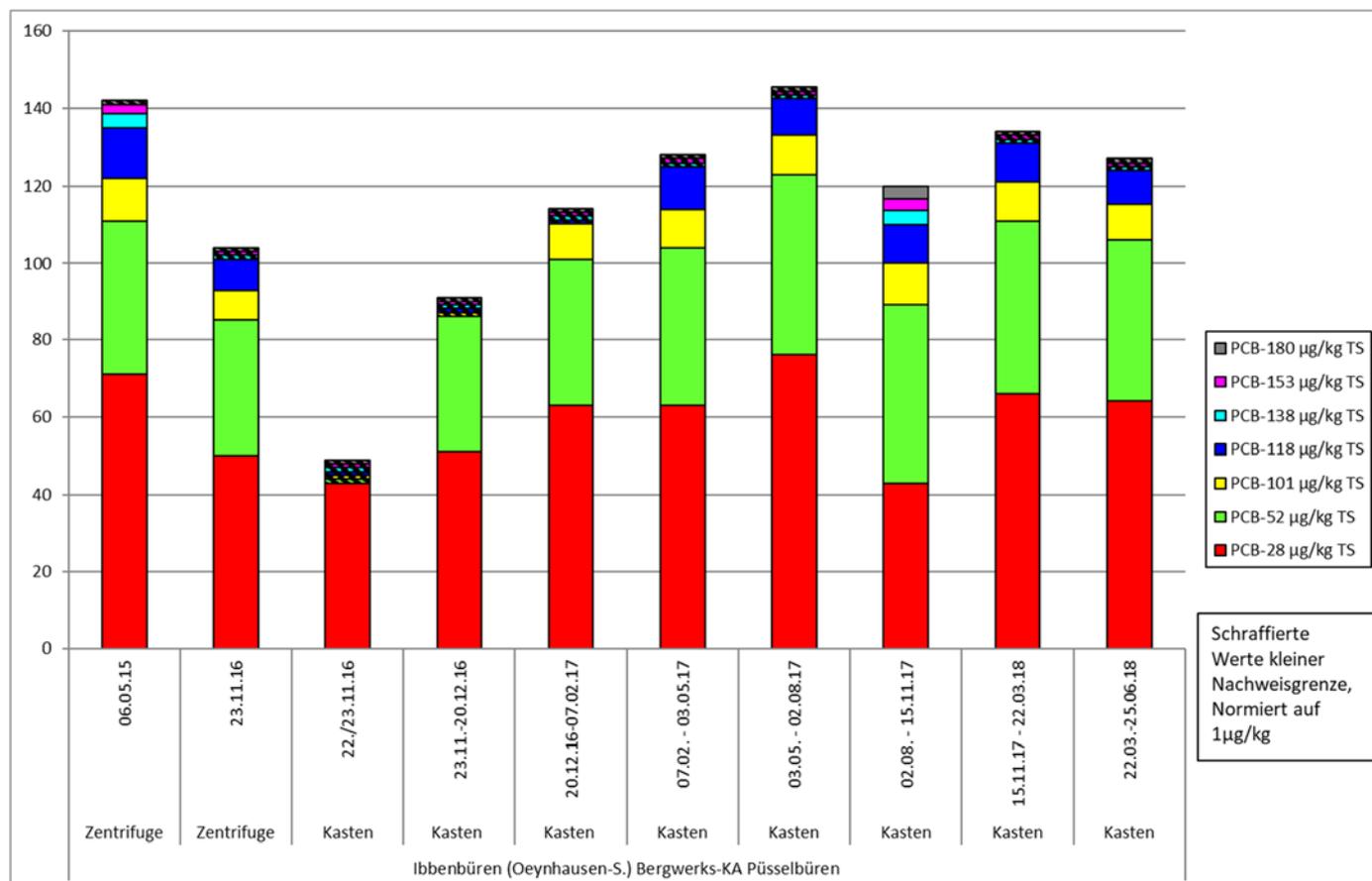


Abbildung 6: Exemplarischer Vergleich Zentrifuge/Schwebstoffsammelkasten

Die Messungen der Jahre 2015 bis 2018 ermöglichen eine ungefähre Abschätzung der Fracht, die mit dem Schwebstoff des Grubenwassers aus den Bergwerken ausgetragen wird. In der Betrachtung der einzelnen Gewässer wird hierauf jeweils detailliert eingegangen.

IV.2. Passivsammler

Parallel zur Erprobung von Schwebstoffsammelkästen für die Überwachung von Grubenwässern wurde der Einsatz von Passivsammlern geprüft. Die Untersuchungen wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG, Koblenz, durchgeführt. Das folgende Kapitel gibt auszugsweise und zusammenfassend den Bericht wieder.

Im Rahmen dieses Projektes wurden zwei Probenahmekampagnen 1.) im August/September 2016 und 2.) im Oktober/November 2016 durchgeführt. Bei der ersten Probenahmekampagne wurden Passivsammler fünf Wochen lang im Gewässer in der Grubenwasserfahne exponiert, um zu prüfen, ob in Grubenwässern Analyten vorkommen, die regulär als PRC für die Kalibrierung der Sammelraten der Passivsammler verwendet werden. Die eigentliche passive Probenahme an allen fünf Standorten fand im Oktober/November 2016 statt.

Tabelle 3: Übersicht über die durchgeführten Probenahmekampagnen mit Passivsammlern [BfG]

Kampagne	Untersuchte Standorte	Ausbringen der Passivsammler	Einholen der Passivsammler
Vorversuch	<ul style="list-style-type: none">• Haus Aden• Ibbenbüren	04.08.2016 (31. KW)	08.09.2016 (36. KW)
Hauptversuch	<ul style="list-style-type: none">• Haus Aden• Prosper Haniel• Zollverein• Ibbenbüren• Duisburg-Walsum	10.-14.10.2016 (41. KW)	14.-16.11.2016 (46. KW)

Die Anwendung und Analyse der Passivsammler ist im Detail in Becker et al. (in Veröffentlichung)¹¹ beschrieben. Als Passivsammler wurden Silikonstreifen (AlteSil™) des Herstellers Altec Product Limited (Bude, UK) ausgewählt, da diese bereits erfolgreich in vielen Studien eingesetzt wurden und Sammler-zu-Wasser Verteilungskoeffizienten (K_{SW}), die für die Berechnung von Konzentrationen im Wasser (C_{TWA}) benötigt werden, für alle untersuchten PCB vorliegen.

In diesem Projekt wurden die Passivsammler in der Grubenwasserfahne unmittelbar unterhalb der Einleitungsstellen in die Oberflächengewässer eingebracht. Die Probenahmen erfolgten dabei stets so nahe wie möglich an den Grubenwassereinleitungen in die Oberflächengewässer. Eine Positionierung direkt in den (Druck-)Rohrleitungen war im Rahmen der Projektlaufzeit technisch nicht umsetzbar. Der Einfluss des jeweiligen Gewässers ist bei der Bewertung berücksichtigt.

¹¹ Becker, B., Claus, E., Möhlenkamp, C., Bachtin, J., Paschke, A., Schäfer, S., in Veröffentlichung. Anwendung von Passivsammlern in Überwachungsprogrammen gemäß WRRL und MSRL – Identifizierung von Kontaminationsschwerpunkten, Referenzstandorten und neuen Schadstoffen 16 (AnPassa). in: Umweltbundesamt (Ed.). Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

Für die Exposition der Passivsammler in den Grubenwässern bzw. Oberflächengewässern wurde an allen Probenahmestellen ein sogenannter Sammlerkorb verwendet, an denen je zwölf Silikonstreifen (drei Silikonstreifen = eine Probe; vier Replikate pro Standort) befestigt wurden. Die Nutzung von Stangen hatte sich im Vorversuch als ungeeignet erwiesen. Diese wurden mit einem Edelstahlseil an geeigneten Vorrichtungen wie beispielsweise an Geländern oder Bäumen am Gewässerrand befestigt. Anschließend wurden vor Ort sowohl Biofilm als auch Partikel, die sich während der Exposition in den Grubenwassereinleitungen auf den Passivsammlern gebildet bzw. abgesetzt hatten, grob mechanisch mit Wasser entfernt. Der restliche Bewuchs und das übrige Wasser wurden mit fusselfreien Tüchern entfernt, die Silikonstreifen wurden in Alufolie verpackt und gekühlt ins Labor transportiert [BfG].

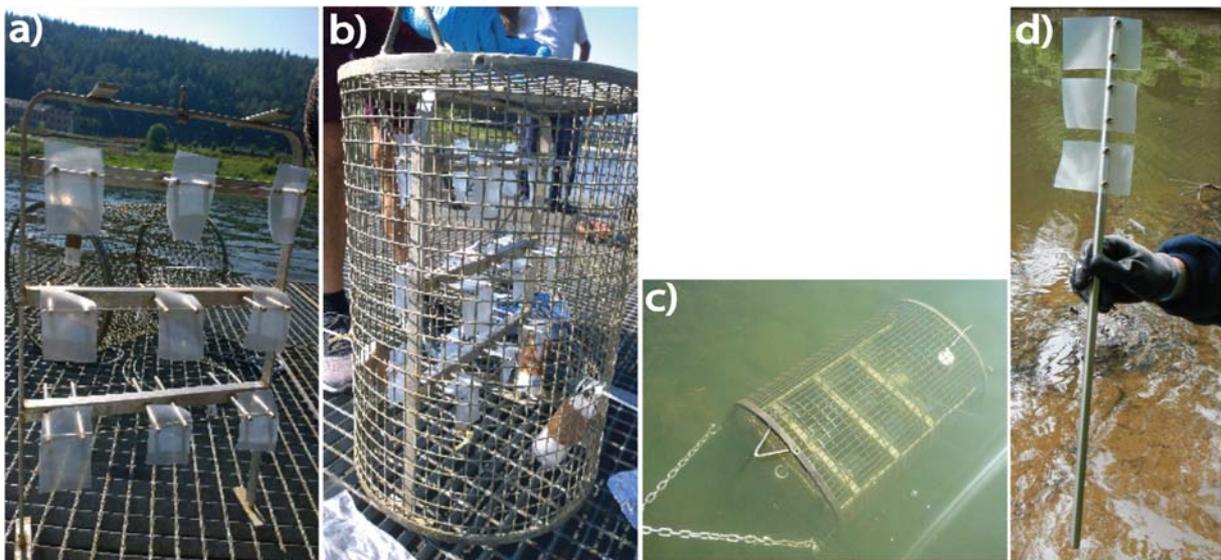


Abbildung 7: Ausbringvorrichtungen für Passivsammler [BfG].

a)-c) Sammlerkörbe mit a) Edelstahlgestänge, auf dem die Passivsammler befestigt werden b) Schutzkorb mit Edelstahlgestänge und c) Passivsammlerkorb in einem Gewässer d) Edelstahlstab mit drei Passivsammlern

Die Auswertung der Passivsammler zeigt, dass sich mit dieser Technik die Konzentrationen der in der Wasserphase gelösten PCB gut überwachen lassen. An allen Stellen konnten PCB in der bergbautypischen Verteilung nachgewiesen werden. Die Auswertung von gleichzeitig ausgewerteten Proben pro Standort ermöglicht eine Aussage über Streubreite bei Mehrfachmessungen. Mit PCB 4, einem niedrigchlorierten PCB-Kongener, das ursprünglich als interner Standard (PRC) geplant war, wurde ein weiteres Kongener herausgearbeitet, das für eine zukünftige Charakterisierung des Bergbauanteils an der PCB-Belastung von Gewässern nutzbar ist. Weitere Details finden sich bei der Beschreibung der einzelnen Grubenwassereinleitungen. Das Vorkommen von PCB 4 und oder 10 konnte in Schwebstoffen bestätigt werden.

Im Gegensatz zu den Oberflächengewässern – mit und ohne Einfluss von Grubenwasser – kamen in allen untersuchten Grubenwassereinleitungen auch die PCB-Kongener 4 und/oder

10 vor. In Ibbenbüren und Zollverein überstiegen die Konzentrationen an PCB 4 und/oder 10 mit 1230 pg/l bzw. 430 pg/l sogar die Konzentrationen der Summe der 7 Indikator-PCB um den Faktor 1,4 (Ibbenbüren) bzw. 1,8 (Zollverein).

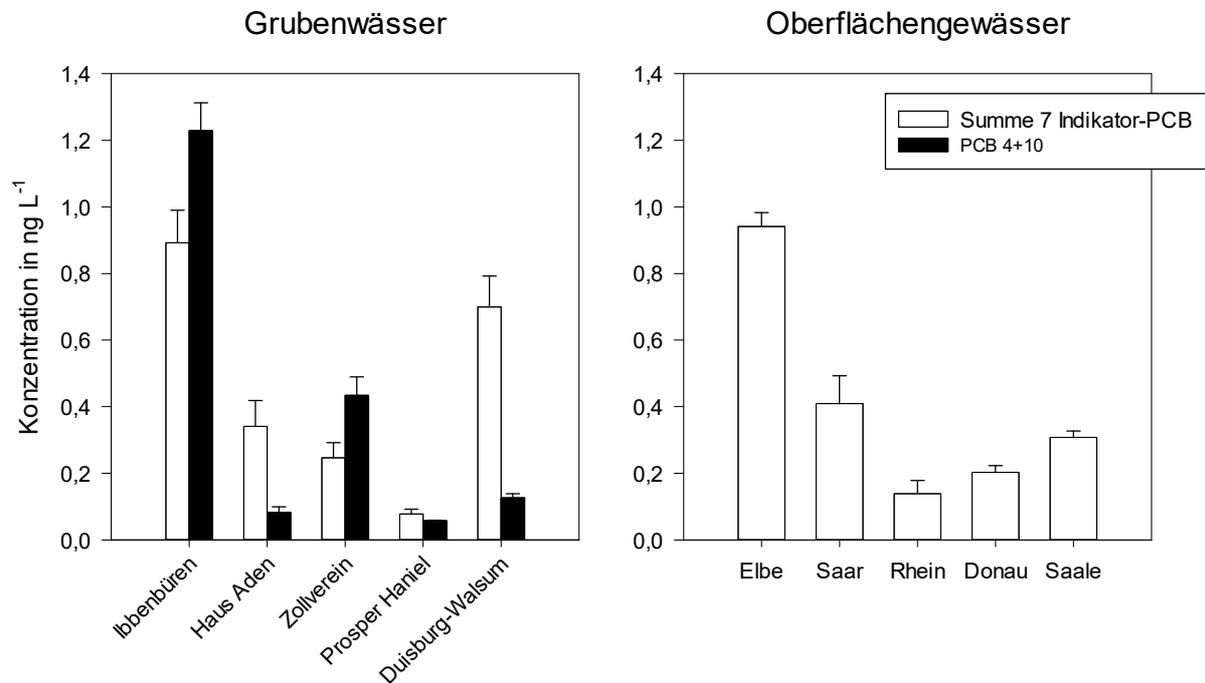


Abbildung 8: Konzentrationen von gelösten PCB in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zu Oberflächengewässern [BfG]

Dargestellt sind die Konzentrationen der Summe der 7 Indikator-PCB, die mit den Passivsammlern in der Wasserphase gemessen wurden. Links: an den Grubenwassereinleitungen; Rechts: in verschiedenen Oberflächengewässern in Deutschland, die die BfG im Rahmen des FuE-Projektes AnPassa im Herbst 2014 untersucht hat. Zusätzlich zu den 7 Indikator-PCB ist die Konzentration der PCB-Kongeneren 4 und/oder 10 dargestellt, die nur in den Grubenwässern identifiziert werden konnten. Die Werte sind jeweils Mittelwerte \pm Standardabweichungen von vier (Grubenwässer) bzw. drei (Oberflächengewässer) Replikaten.

Das Vorkommen und die teils relativ hohen Konzentrationen der PCB-Kongeneren 4 und/oder 10 führen dazu, dass sich das PCB-Profil in den Grubenwässern – ermittelt über die Passivsammler – deutlich von dem in Oberflächengewässern unterscheidet. Letzteres ist hier beispielhaft für die Elbe dargestellt. Mit den Passivsammlern werden die frei gelösten Konzentrationen der Schadstoffe und nicht die an Partikel gebundene Schadstofffraktion untersucht. Da die niedriger chlorierten PCB-Kongeneren eine geringere Hydrophobizität und daher eine höhere Wasserlöslichkeit aufweisen, werden mit Passivsammlern in Oberflächengewässern häufig die weniger hydrophoben PCB-Kongeneren in höheren Konzentrationen nachgewiesen als die höher chlorierten PCB-Kongeneren. In den Grubenwassereinleitungen war der Anteil der niedriger chlorierten PCB jedoch noch deutlich höher als in Oberflächengewässern. So machten die Konzentrationen der PCB-Kongeneren 4 und/oder 10, 28 und 52 mindestens 59 % (Duisburg-Walsum) an allen untersuchten PCB-Kongeneren (Summe der 7 Indikator-PCB plus PCB 4 und/oder 10) aus. In Ibbenbüren, Zollverein und Prosper Haniel lag dieser Anteil sogar bei etwa 95 % [BfG].

Die Messwerte für Walsum sind aufgrund der Lage der Probenahmestelle stark von Rheinwasser beeinflusst. Details hierzu finden sich bei der Beschreibung zu Walsum im Anhang.

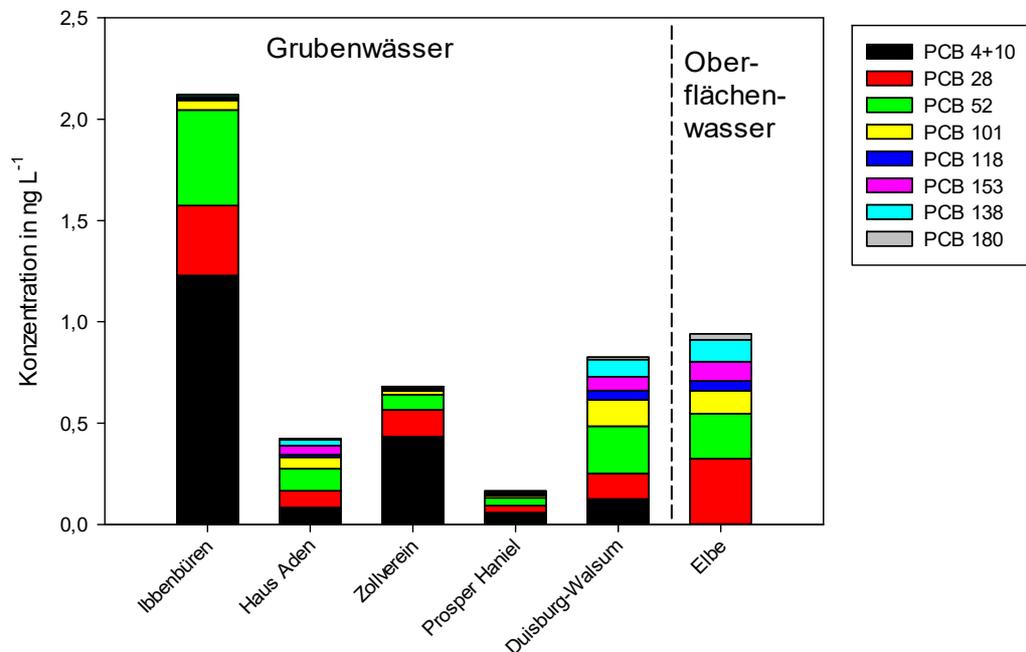


Abbildung 9: Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenerne in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].

Dargestellt sind die Konzentrationen einzelner PCB-Kongenerne, die mit den Passivsammlern in den Grubenwassereinleitungen und in der Elbe bei Bad Schandau gemessen wurden. Die Konzentrationen in der Elbe hat die BfG im Rahmen des FuE-Projektes AnPassa im Herbst 2014 bestimmt. Im Gegensatz zur Elbe wurden in allen Grubenwassereinleitungen auch die PCB-Kongenerne 4 und/oder 10 detektiert und quantifiziert. Die Werte sind jeweils Mittelwerte von vier (Grubenwässer) bzw. drei Replikaten (Elbe).

IV.3. 100 Liter Probe

Die Filtration und Analyse von jeweils 100–200 Liter Grubenwasser wurde durchgeführt, um das Postulat im Gutachten zu den Umweltauswirkungen (s.o.) zu verifizieren, dass die Wasserphase (Grubenwasser) lange genug unter Tage im Kontakt mit PCB ist, um einen Gleichgewichtszustand zwischen der PCB im Schweb- und Feststoff und der gelösten Phase zu erreichen. Die Untersuchungen wurden durchgeführt vom EMR der RWTH Aachen (Prof. Jan Schwarzbauer), der DMT (Dr. Christoph Klinger) und einem von der RAG beauftragten Labor.

Die Grubenwasserproben wurden mit Filtern einer Porenweite von 0,45 µm filtriert. Jeweils 1 Liter-Aliquote der filtrierten Probe wurden in einen Scheidetrichter mit 30 ml Dichlormethan

durch intensives Schütteln (5 min von Hand) extrahiert. Die vereinigten Extrakte und Spülmengen wurden eingengt, getrocknet, in Hexan aufgenommen mit aktiviertem Kupferpulver entschwefelt und anschließend gaschromatographisch auf PCB untersucht.

Dies ist keine geeignete Methode im Monitoring dauerhaft den gelösten Anteil an PCB zu messen, da diese Vorgehensweise auf Grund der Probenaufbereitung sehr aufwändig ist. Sie wird deshalb im Vergleich der Verfahren im Fazit (Kapitel VI) nicht weiter betrachtet.

V. Betrachtung der Gewässer im Nahbereich von Grubenwassereinleitungen

Da die Gewässeruntersuchungen des Jahres 2015 mit der Schwebstoffzentrifuge gezeigt haben, dass weder im Rhein, noch in den Mündungen der Nebengewässer mit Grubenwassereinleitungen (Ruhr, Emscher, Lippe) noch in der Lippe zwischen den Grubenwassereinleitungen ein Einfluss der Grubenwassereinleitungen abbildbar war, sollten die Gewässer im näheren Umfeld der Einleitungen untersucht werden. Ein Einsatz der Zentrifuge schied aus, da die Gewässer für Fahrzeuge an diesen Stellen nicht zugänglich sind.

Die Beschreibung sollte durch sedimentähnliches Material erfolgen, das sich in der Nähe der Einleitungen ablagert. Die Untersuchungen wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG, Koblenz, parallel zum Einsatz der Passivsammler durchgeführt. Die Ergebnisse sind hier auszugsweise und zusammenfassend wiedergegeben:

Die Sedimente wurden an den Einleitungsstellen sowie nach Möglichkeit an jeweils zwei Stellen oberhalb und zwei weiteren Stellen unterhalb der Einleitungsstellen entnommen. Die Lage, Anzahl und Position der Probenahmestellen sowie die verwendeten Probenahmegeräte für die Sedimente sind im Detail bei der Beschreibung der Einleitungsstellen dargestellt. In jedem der untersuchten Gewässer wurden vor Ort auch weitere Probenahmestellen geprüft. Abgesehen von den aufgeführten und analysierten Proben, konnte jedoch kein weiteres geeignetes Material entnommen werden [BfG].

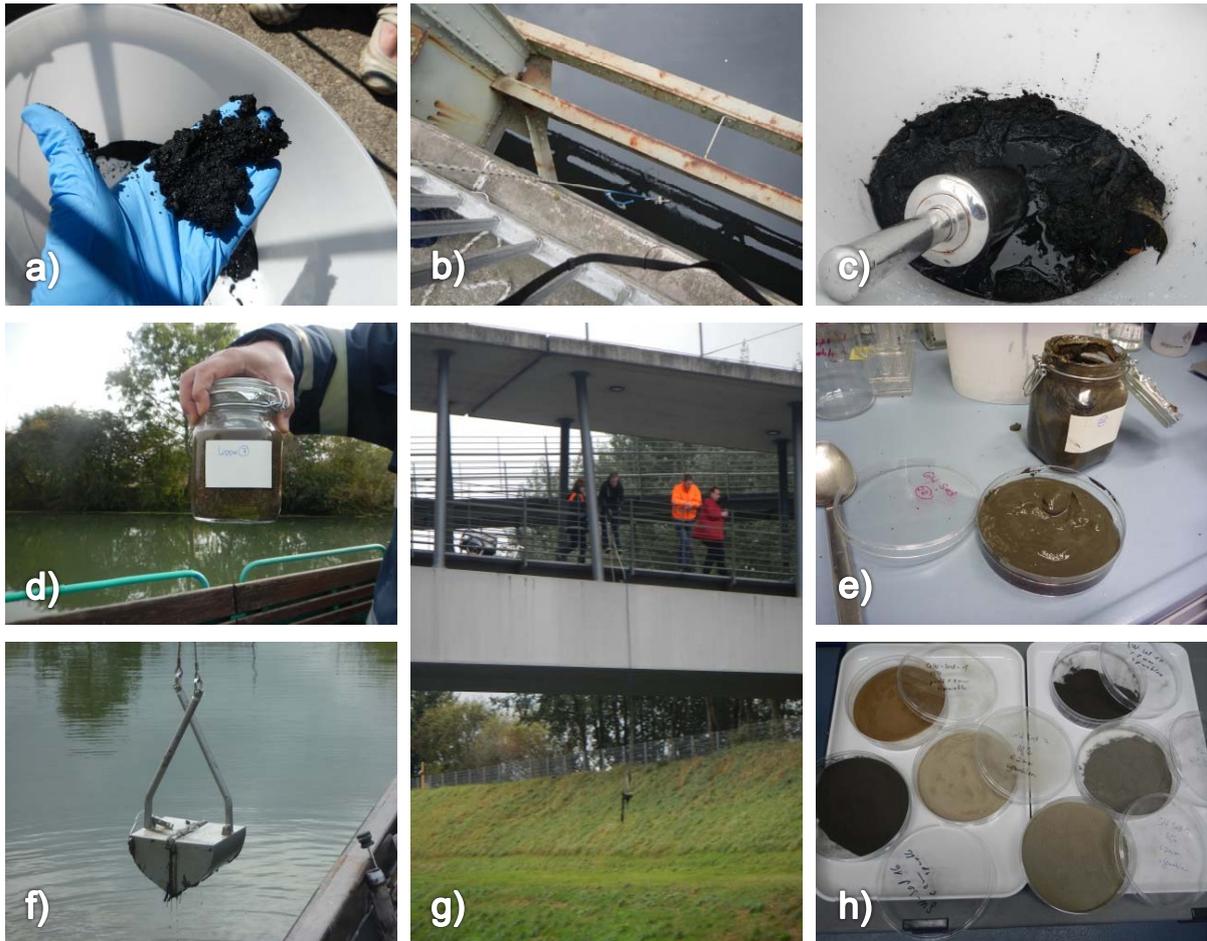


Abbildung 10 Fotos der Sedimentprobenahmen und -aufarbeitung

a) und c) Sedimente aus der Emscher; b) von Brücke herabgelassener Greifer; d) Sediment aus der Lippe (1. Stelle unterhalb der Einleitungsstelle); e) zur Gefrier Trocknung abgefülltes Sediment aus dem Rhein oberhalb der Probenahmestelle für die Passivsammler in Duisburg/Walsum; f) geschlossener van Veen-Greifer bei einer Sedimententnahme; g) Sedimententnahme in der Emscher von der Tausendfüßlerbrücke; h) gefriergetrocknete, auf <2mm gesiebte und gemahlene Sedimente im Labor

Da die Proben zum Teil sehr grobes Material enthielten, mussten diese Proben im Labor zunächst auf einem Sieb der Maschenweite von 5 mm nassgesiebt werden. Alle anderen Proben wurden nur homogenisiert. Anschließend wurden alle Sedimentproben gefriergetrocknet, mit einem Sieb der Maschenweite von 2 mm gesiebt und mit einer Kugelmühle gemahlen.

Im Gegensatz zu Metallen, deren Gehalte in einer definierten Korngrößenfraktion des Sedimentes bestimmt werden, erfolgt die Analyse der organischen Schadstoffe wie PCB und Ugleic in der Gesamtprobe (< 2 mm). Daher ist es bei der Untersuchung organischer Schadstoffe besonders wichtig, vergleichbares und repräsentatives Material zu beproben. Üblicherweise wird daher möglichst schluffiges Material mit einem hohen Feinkornanteil beprobt, das sich in der Regel in eher strömungsberuhigteren Gewässerabschnitten wie z.B. in Bühnenfeldern, mit dem Fluss permanent verbundenen Altarmen oder Hafeneinfahrten

ablagert. In dieser Studie war es jedoch ausgesprochen schwierig an allen Standorten repräsentatives und vergleichbares Material zu finden. So konnte teils nur sehr sandiges Material und in Einzelfällen, insbesondere in der Emscher, Material mit einem sehr hohen Anteil an organischem Kohlenstoff beprobt werden. Da der Anteil an organischem Kohlenstoff und Feinkorn einen wesentlichen Einfluss auf die Bindung organischer Chemikalien an das Sediment hat, werden diese Faktoren nachfolgend diskutiert und bei der Bewertung der Schadstoffkonzentrationen berücksichtigt.

Zusammenfassend sind hier der TOC-Gehalt und der Feinkornanteil (Korngröße < 63 µm) der untersuchten Sedimente aufgeführt. Die TOC-Gehalte variierten mit Werten von 0,2 % (Lippe) bis 20 % (Emscher) sehr stark. Auch innerhalb eines Fließgewässers, vor allem in der Lippe und der Emscher, war die Varianz des organischen Kohlenstoffgehaltes sehr hoch (Lippe: Faktor 16, Emschers: Faktor 11). Die TOC-Gehalte in der Ibbenbürener Aa waren mit Werten < 1,2 % sehr niedrig. Der auffällig hohe TOC-Gehalt der Zollverein/Einleiter-Probe von 20 % ist möglicherweise auf Fäkalienrückstände aus der Emscher zurückzuführen.

Die hohe Varianz sowohl der TOC-Gehalte als auch der Feinkornanteile erschwert in hohem Maß die vergleichende Diskussion der Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Gewässerabschnitte. Auf Grund der jeweils sehr spezifischen Probenahmesituation an den einzelnen Standorten muss man diese aber als gegeben akzeptieren und eine vergleichende Betrachtung entsprechend sorgfältig vornehmen. Dies trifft besonders für die organischen Schadstoffe zu, da deren Gehalte in der Gesamtprobe untersucht wurden. Für die Untersuchungen der Elemente (Metalle) ist dies kein Problem, da direkt im Feinkornanteil gemessen wurde [BfG].

Tabelle 4: TOC-Gehalt und Feinkornanteil (Korngröße < 60 µm) der Sedimente in % Trockensubstanz bzw. % Gesamtfraktion, auffällige Werte sind rot markiert [BfG]

Einleitungsstelle	Standort	Entfernung zum Einleiter (m)	TOC (%)	Fraktion < 60 µm (%)
Ibbenbüren/Ibbenbürener Aa	2. Stelle oberhalb	-90	1,2	3,8
	1. Stelle oberhalb	-15	0,3	1,8
	Einleiter	0	0,33	3,3
	1. Stelle unterhalb	35	0,42	3,6
	2. Stelle unterhalb	207	0,38	3,5
Haus Aden/Lippe	2. Stelle oberhalb	-345	1,7	9,6
	1. Stelle oberhalb	-137	0,72	5,4
	Einleiter	0	0,81	10,6
	1. Stelle unterhalb	507	0,2	4,4
	2. Stelle unterhalb	891	0,28	4,4
	Einleiter (Stechrohrprobe)	32	3,2	29,1
Zollverein/Emscher	2. Stelle oberhalb	-834	4,6	4
	1. Stelle oberhalb	-699	4,7	8
	Einleiter	0	20	8,4
	1. Stelle unterhalb	816	1,8	5,3
	2. Stelle unterhalb	1188	4,1	4,8
Prosper Haniel/Emscher	unterhalb des Einleiters	12142	3,2	3,1
Duisburg-Walsum/Rhein	oberhalb	-45	2,3	31,5
	Einleiter	0	3,4	65

Da der TOC-Gehalt einen wesentlichen Einfluss auf die Konzentration der organischen Schadstoffe in den Sedimenten hat, werden die Schadstoffkonzentrationen für eine vergleichende Betrachtung auch auf den TOC-Gehalt der Probe normiert dargestellt und diskutiert. Details finden sich bei der Beschreibung der einzelnen Einleitungen.

Exemplarisch ist hier die Auswertung für Lippe um die Einleitung Zollverein wiedergegeben. Die Einleitung des Grubenwassers bildet sich im oberflächennahen Sediment deutlich ab, charakteristisch dominieren PCB 28 und 52. Einige 100 m unterhalb der Einleitung ist die Gesamtkonzentration der PCB niedriger und die Verteilung (Schwerpunkt bei PCB 101, 138 und 153) entspricht der Lippe oberhalb der Einleitung. Auch in tieferen Schichten des Sedimentes an der Einleitstelle (Stechrohrprobe), dominieren nicht PCB 28 und PCB 52 das Muster. Mit Ausnahme der Ibbenbürener Aa findet sich an den anderen untersuchten Einleitungsstellen ein ähnliches Bild.

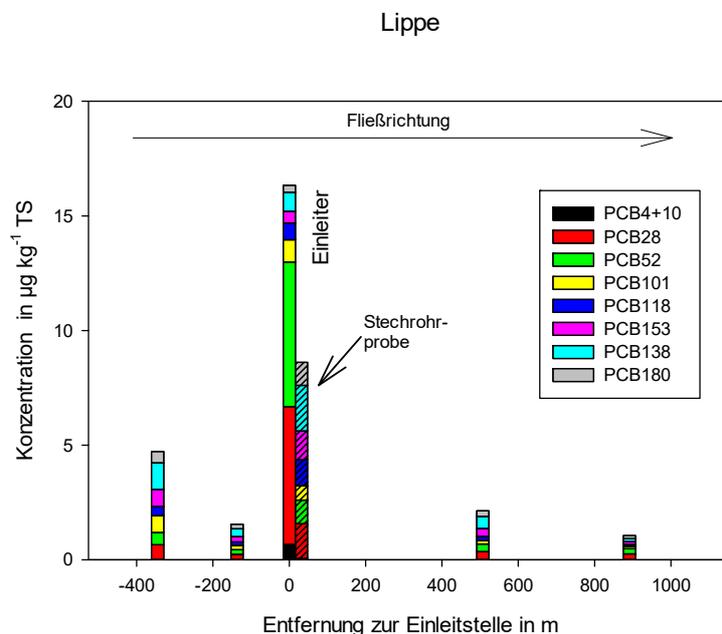


Abbildung 11: Konzentrationen der PCB-Kongenerne in µg/kg TS (oben) im Sediment der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden [BfG];

Die Stechrohrprobe, die zusätzlich an der Einleitungsstelle entnommen wurde, ist schraffiert dargestellt. Sie erreicht Sediment in größerer Tiefe.

VI. Fazit

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse von vier Techniken vorgestellt, mit denen sich der Gehalt von PCB in Grubenwasser bestimmen und die Auswirkung auf das aufnehmende Gewässer beschreiben lässt. Die Vor- und Nachteile der Techniken sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst. Die klassische Untersuchung der wässrigen Phase nach Extraktion bleibt hier außen vor, da die PCB Gehalte zu gering sind, um derzeit mit gängigen Messgeräten und üblichen Probemengen quantifizierbare Ergebnisse zu erhalten.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile der verwendeten Probenahmetechniken
Die Methode der 100 Liter Wasserprobe bleibt hier unberücksichtigt.

Zentrifuge	Sammelkasten	Passivsammler	Sediment
Ort der Überwachung			
Grubenwasser und Gewässer	Grubenwasser und Gewässer	Grubenwasser und Gewässer	nur Gewässer, sofern Sediment vorhanden
betrachteter Zeitraum			
mehrständige Mischprobe, i.d.R. tagsüber	mehrwöchige Mischprobe	mehrwöchige Mischprobe	je nach Tiefe bis zu mehreren Jahren
betrachtete Matrix			
nahezu 100 % der Schwebstoffe	< 50 % der vorhandenen Schwebstoffe	strömungsabhängiges Gleichgewicht mit der Wasserphase	abgelagerter Anteil der Schwebstoffe
technischer Aufwand			
hohe Investitionskosten für Zentrifuge, bei mobilem Einsatz zzgl. Anhänger (2t Gewicht), ca. 200.000 €	mittlere Investitionskosten, Einbau bzw. Anschluss aufwendig, i.d.R. feste Installation, ca. 10.000 €	geringe Materialkosten, Positionierung im überwachenden Medium ggf. aufwendig	einfach, sofern Sediment vorhanden und Ort erreichbar
analytischer Aufwand			
gering, analytisches Standardverfahren	geringfügig aufwendiger als Zentrifuge, da Probe mehr Wasser enthält, sonst Standardverfahren	aufwendiges Kalibrierverfahren über PRC für jede Probe separat	gering, analytisches Standardverfahren
Einschränkungen			
Technik empfindlich gegenüber aggressiven Medien wie Salz oder gelöstem Eisen; unbeaufsichtigter Betrieb kritisch, daher begrenzte Laufzeit; personalaufwendig	teilweise aufwendige Konstruktionen für Einbau; keine Frachtbilanz, da unvollständige Abscheidung, möglicher Verlust durch Vandalismus sowie bei Hochwasser	Expertenverfahren, Stand der Forschung, möglicher Verlust durch Vandalismus sowie bei Hochwasser	Verfügbarkeit von Sedimenten an zu beurteilenden Stellen
Eignung			
einzelne Probenahmen zur Gefahrenabschätzung; Frachtberechnung sofern genügend Masse gewinnbar	Langzeitmonitoring; auch bei sehr geringen Schwebstoffmengen einsetzbar, Frachtberechnung unter Einbeziehung ergänzender Untersuchungen	Beurteilung der Bedeutung des gelösten Anteils der Gesamtfracht in Projekten durch Experten	Verfolgung der Gewässersituation in mehrjährigen Abständen

Für eine Langzeitüberwachung der Grubenwassereinleitung sind aus Sicht des LANUV mit Bezug zu PCB folgende Ziele zu definieren:

- Ermittlung des PCB-Gehaltes im Schwebstoff des Grubenwassers
- Bilanzierung der PCB-Fracht im Grubenwasser
- Erfassung der möglichen Veränderung der Grubenwasserqualität im Laufe der nächsten Jahrzehnte nach Stilllegung aller Bergwerke und ggf. Flutung von Stollen und Anhebung des Grubenwasserspiegels

Schwebstoffsammelkästen können mit relativ wenig Aufwand auch geringe Schwebstoffmengen aus dem Grubenwasser stillgelegter Bergwerke sammeln. Probenahmen über Wochen bis Monate ermöglichen integrative Betrachtungen. Sie eignen sich daher gut für ein Langzeitmonitoring des PCB-Gehaltes in Schwebstoffen an den verbleibenden Standorten für eine Grubenwassereinleitung für die nächsten Jahrzehnte.

Schwebstoffsammelkästen können nicht allein die Datengrundlage für eine Frachtbetrachtung liefern, dazu wäre eine nahezu vollständige Abscheidung der Schwebstoffe nötig. Ergänzend sind hierzu Messwerte der Abfiltrierbaren Stoffe aus der bestehenden Überwachung der wässrigen Phase nötig.

Zentrifugen können die Schwebstoffmenge aus einigen tausend Litern Wasser nahezu vollständig abtrennen und ermöglichen damit die Berechnung einer PCB-Fracht am Schwebstoff. Sie eignen sich für die „schnelle“ Probenahme, sofern das Grubenwasser genug Schwebstoff enthält, um in der Standzeit der Zentrifuge die für die Analyse benötigte Menge zu gewinnen.

Zentrifugen können nicht im Dauerbetrieb Grubenwasser beproben. Die Salzfracht und das gelöste Eisen beeinträchtigen die Technik wesentlich. Ein zuverlässiger Betrieb ist nicht gewährleistet.

Passivsammler können die Konzentration in der Wasserphase auch in salzhaltigem Grubenwasser gut beschreiben und ergänzen damit Frachtbilanzierung über die Schwebstoffproben.

Passivsammler können nicht in ein Routinemonitoring eingebunden werden, da ihr Einsatz Stand der Forschung ist und nur von wenigen Spezialisten beherrscht wird.

VI.1. Vorschlag des LANUV für ein Langzeitmonitoring

Für den Aufbau einer Langzeitüberwachung der Grubenwassereinleitungen schlägt das LANUV vor:

- an jeder Einleitung einen Schwebstoffsammelkasten zu betreiben und mindestens quartalsweise die Schwebstoffe zu entnehmen und auf PCB zu untersuchen.
- das Monitoring der wässrigen Phase hinsichtlich der Analytik auf Abfiltrierbare Stoffe zu verdichten (wöchentlich zu verschiedenen Zeiten und Betriebszuständen) und den Eisenanteil analytisch auszublenden (Ansäuern der Wasserprobe nach Entnahme).
- mittelfristig eine ergänzende Überwachung der Wasserphase einzuführen, da die Bedeutung der gelösten PCB nach Aussetzen der Aktivitäten unter Tage zunehmen sollte. Hierfür kommen Passivsammler in Betracht oder Methoden, die im Rahmen des Betriebes von Pilotanlagen zur PCB-Entfernung aus Grubenwasser zu entwickeln sind.

VI.2. Bedeutung des PCB-Eintrages in die Gewässer

Generell gilt, dass grundsätzlich eine Minimierung des PCB-Eintrages in die Gewässer geboten ist, damit die mit der internationalen POP-Konvention angestrebte Entlastung der Umwelt schnellstmöglich erreicht wird.

Die in 2016 bis 2018 durchgeführten Messungen mit den verschiedenen Verfahren bestätigen die Ergebnisse aus dem Messprogramm 2015 (Kapitel II.2). In der Ibbenbürener Aa ist der PCB-Austrag mit dem Grubenwasser aus dem aktiven Bergbaubetrieb die wesentliche Quelle für die im Gewässer auch noch weit unterhalb der Einleitung messbaren PCB-Gehalte. Die andere aktive Zeche – Prosper Haniel – trägt mit bis zu 20 % zur PCB-Fracht der Emscher bei. Der Beitrag beschränkt sich im Wesentlichen auf PCB mit geringem Chlorgehalt (niedrige Kongenerennummern, PCB 28 und PCB 52). Für alle anderen Gewässer ist der Beitrag der Grubenwassereinleitung kleiner als 2 % an der Fracht des Gewässers. Das Verteilungsmuster der PCB-Kongeneren in den Schwebstoffproben an den Überblicksmessstellen der Gewässer unterscheidet sich vom Verteilungsmuster im Grubenwasser.

Direkt im Bereich der Einleitung lässt sich der Einfluss der Grubenwassereinleitung auch im Sediment des Gewässers nachvollziehen. An Lippe und Emscher liegt der PCB-Gehalt des Sedimentes wenige 100 m nach der Einleitung wieder auf dem Niveau oberhalb der Einleitung. Im Rhein bei Walsum ist die Überlagerung bereits im Einlaufbauwerk feststellbar, da dies im Überflutungsbereich liegt.

VII. Anhang: Grubenwassereinleitungen nach Gewässereinzugsgebieten

VII.1. Einzugsgebiet Ems / Ibbenbürener Aa

Tabelle 6: Messstellen im Einzugsgebiet der Ibbenbürener Aa.

Grubenwassereinleitungen	Gewässerüberwachung
Ibbenbüren/Oeynhausener Stollen (3)	Ibbenbürener Aa oberhalb Kläranlage Hörstel (1) in 2015 und um Einleitung Oeynhausener Stollen (2) in 2016
Ibbenbüren/Dickenberger Stollen (2)	
Ibbenbüren/Nordschacht (5)	
Ibbenbüren/Bockradener Stollen (4)	

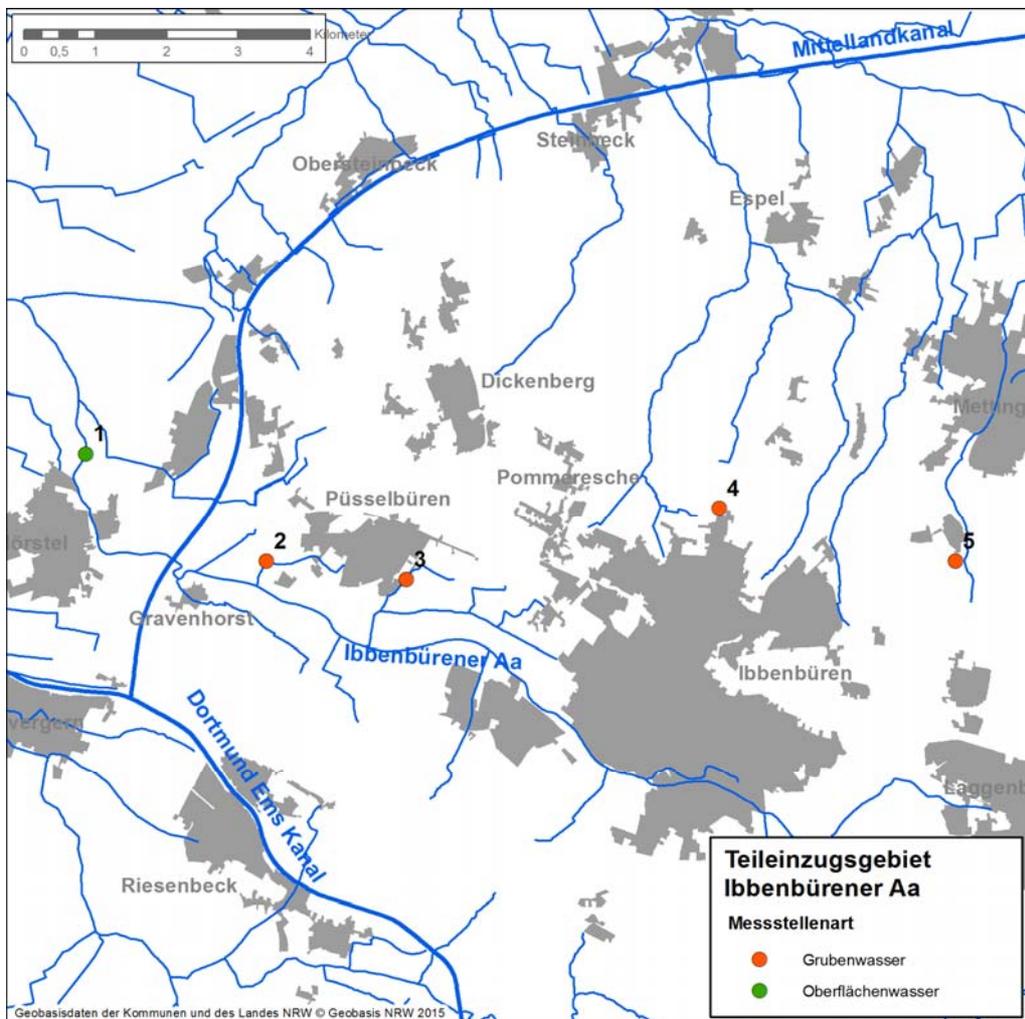


Abbildung 12: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Ibbenbürener Aa

Die Grubenwässer des stillgelegten und bereits gefluteten Westfelds des Bergwerks Ibbenbüren werden aus dem Dickenberger Stollen in die Kläranlage Gravenhorst und von dort in die Ibbenbürener Aa eingeleitet. Die Grubenwässer des noch betriebenen Ostfelds des Bergwerks Ibbenbüren werden am Schacht Oeynhausener gehoben und über die Klärteiche

Püßelbüren und den Stollenbach der Ibbenbürener Aa zugeführt. Der Ablauf der Klärteiche Püßelbüren enthält neben dem Grubenwasser auch etwa 10 % Abwasser aus einem Kraftwerk. Die Wasserhaltungsstandorte Nordschacht und Bockradener Stollen entwässern in den Mühlenbach bzw. die Mettinger Aa, welche in Niedersachsen in die Ibbenbürener Aa entwässern.

Für die Betrachtung der Gewässerbelastung wurde 2015 die Messstelle Ibbenbürener Aa oberhalb Kläranlage Hörstel ausgewählt (Nr. 809690). Beide Untersuchungen der Ibbenbürener Aa mit der Schwebstoffzentrifuge zeigten PCB-Konzentrationen, die im Bereich der ½ Umweltqualitätsnorm oder deutlich unterhalb dieser liegen. Von den untersuchten Grubenwassereinleitungen war nur der Ablauf der Püßelbürener Klärteiche auffällig. Der Nachweis von PCB und der PCB Ersatzstoffe (Ugilec, TCBT) im Gewässer entspricht folgerichtig dem Eintrag über die Klärteiche Püßelbüren. Deshalb wurde diese Grubenwassereinleitung für weitere Untersuchungen in 2016 priorisiert. Neben der Installation eines Schwebstoffsammelkastens wurde das Sediment der Ibbenbürener Aa im Bereich der Einleitungsstelle untersucht. Zusätzlich wurden Passivsammler eingesetzt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV /Emseinzugsgebiet

		Ibbenbürener Aa oberhalb Kläranlage Hörstel	Ibbenbürener Aa oberhalb Kläranlage Hörstel
		23.02.2015	20.09.2015
PCB-28	µg/kg TS	13,0	13,0
PCB-52	µg/kg TS	7,1	9,8
PCB-101	µg/kg TS	3,6	3,8
PCB-118	µg/kg TS	3,3	2,6
PCB-138	µg/kg TS	5,3	2,2
PCB-153	µg/kg TS	4,8	2,1
PCB-180	µg/kg TS	3,9	2,0
TCBT 21	µg/kg TS	7,1	3,3
TCBT 27	µg/kg TS	1,3	<1,5
TCBT 28	µg/kg TS	2,2	1,5
TCBT 52	µg/kg TS	1,3	<1,5
TCBT 74	µg/kg TS	6,9	3,9
TCBT 80	µg/kg TS	8,0	4,0

Oeynhaus-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Schwebstoffe



Abbildung 13: Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Oeynhaus-Stollen, Foto LANUV

Grubenwasser (ca. 90 %) und Abwasser des Kraftwerkes (ca. 10 %) werden nach Behandlung mit Kalkmilch in sechs Absetzteiche geleitet. Die Messstelle eignet sich gut für eine Probenahme mit der Zentrifuge.

Der Schwebstoffsammelkasten wurde im Aufbau als sauerstofffreier Dauerprobenehmer konzipiert. Oberhalb der Pegelmessstelle 424170/001/02 wurde eine Entnahmevorrichtung in das Gerinne eingesetzt, aus der der Schwebstoffsammelkasten mittels einer Pumpe betrieben wird. Die Ableitung des Ablaufes des Schwebstoffsammelkastens erfolgt unterhalb der Pegelmessstelle um Probenahmekurzschlüsse zu verhindern.

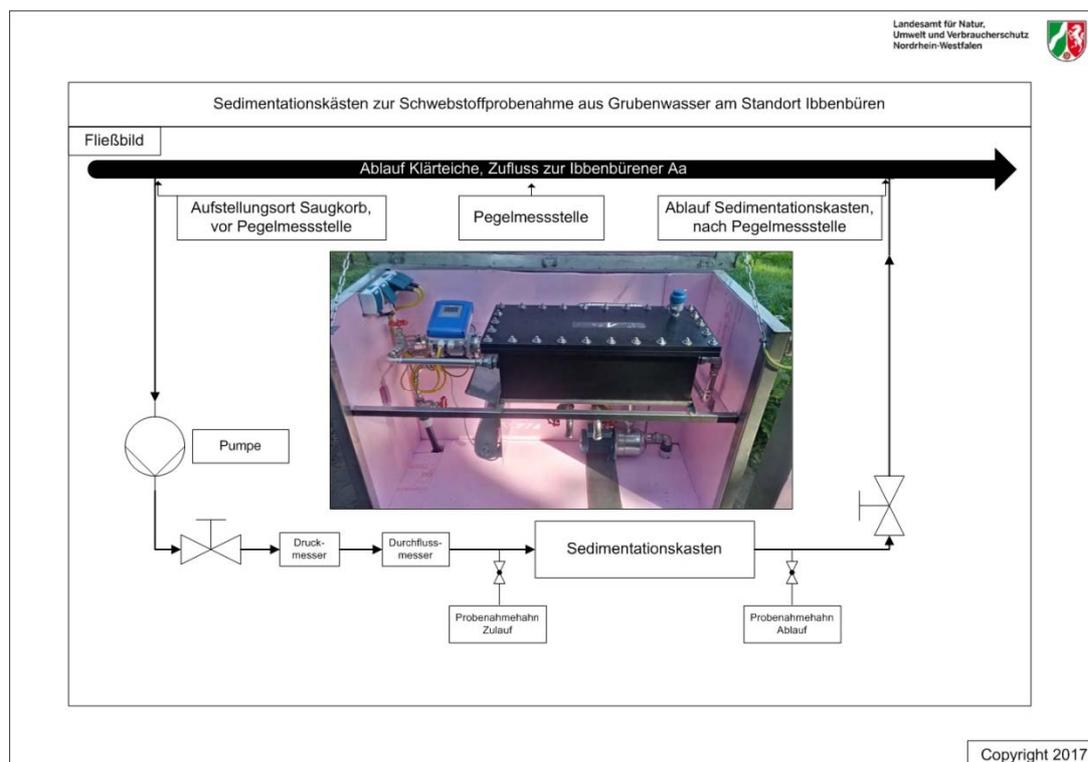


Abbildung 14: Fließbild Schwebstoffsammelkasten Ibbenbüren

Der Schwebstoffsammelkasten wurde am 07.09.2016 zum ersten Mal in Betrieb genommen. Nach einem vierwöchigen Probetrieb und bis auf Unterbrechungen zur Probenentnahme und einem dreitägigen Pumpenausfall befindet er sich im Dauerbetrieb. Der Schwebstoffsammelkasten lieferte bei den ersten Probenahmen nur wenig Material. Die Bestimmungsgrenzen für die PCB sind entsprechend hoch. Ein Probenahmeintervall von sechs Wochen hat sich als zu kurz erwiesen. Die Absetzbecken entfernen bereits einen großen Teil der absetzbaren Schwebstoffe.

Dennoch zeichnet sich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen ab, dass die Zentrifuge und der Sammelkasten vergleichbare Ergebnisse liefern. Mit längeren Laufzeiten des Kastens lassen sich größere Massen gewinnen. Weiterhin wurden bei den Probenahmen in 2016 Teilproben für die Korngrößenanalyse verwendet. Bei der Probenahme mit dem Kasten am 22./23.11.16, der auf vergleichbare Wassermengen zur Probenahme mit der Zentrifuge abzielte, konnte nur sehr wenig Masse gewonnen werden. Dies hat die Bestimmungsgrenze für PCB zusätzlich erhöht. Somit kann das Ergebnis für PCB 52 nicht ansprechend dargestellt werden.

Als günstiges Intervall für die Leerung des Sammelkastens hat sich ein Zeitraum von ca. zwölf Wochen ergeben. In diesem Zeitraum gewinnt der Kasten etwa 30 g Schwebstoff, was einer Abscheidung von unter 0,1 mg/l Grubenwasser entspricht. Die Schwebstoffzentrifuge scheidet etwa 5 mg Schwebstoff aus 1 Liter Grubenwasser ab.

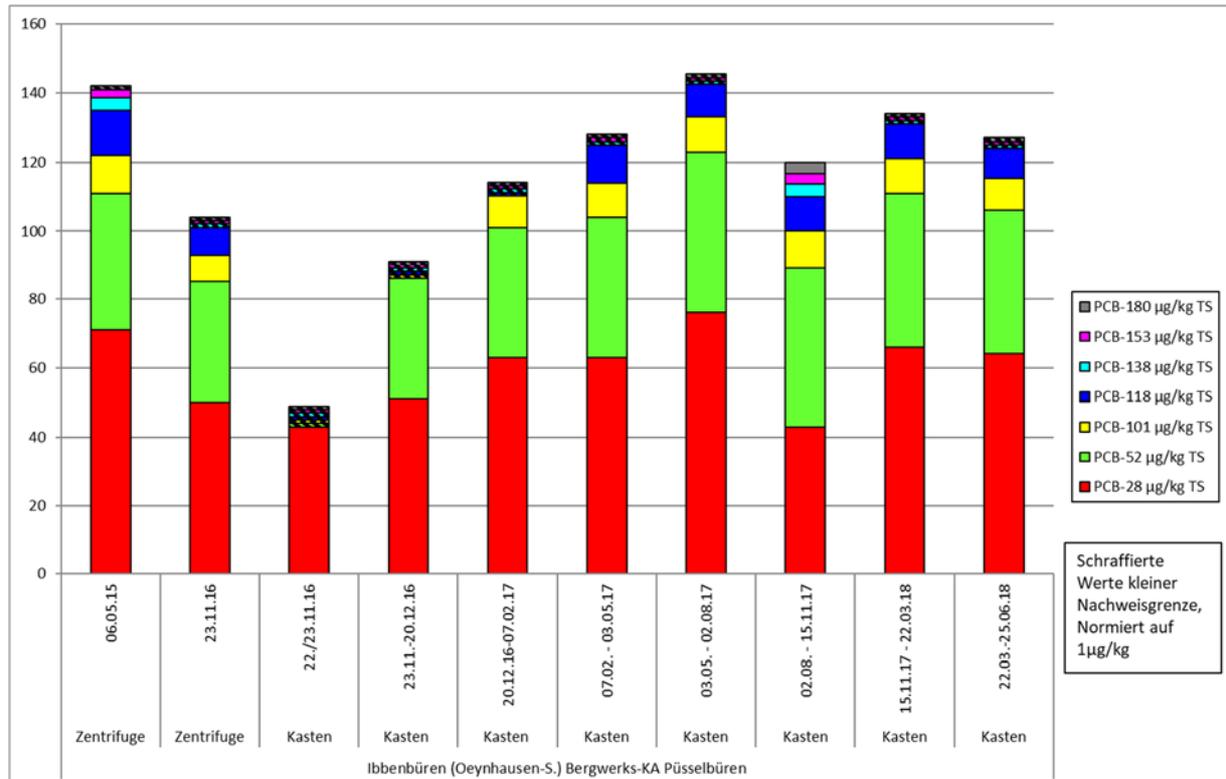


Abbildung 15: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Oeynhaus-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren (sehr wenig Masse bei kurzer Laufzeit am 22./23.11.16, nur PCB 28 quantifizierbar)

Tabelle 8: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Oeynhaus-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren (sehr wenig Masse bei kurzer Laufzeit am 22./23.11.16)

		Zentrifuge	Zentrifuge	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten
		06.05.15	23.11.16	22./23.11.16	23.11.- 20.12.16	20.12.16- 07.02.17	07.02.- 03.05.17
PCB-28	µg/kg TS	71,0	50,0	43,0	51,0	63,0	63,0
PCB-52	µg/kg TS	40,0	35,0	<23	35,0	38,0	41,0
PCB-101	µg/kg TS	11,0	8,0	<23	<20	9,2	10,0
PCB-118	µg/kg TS	13,0	8,1	<23	<20	<5	11,0
PCB-138	µg/kg TS	3,6	<5	<23	<20	<5	<5
PCB-153	µg/kg TS	2,4	<5	<23	<20	<5	<5
PCB-180	µg/kg TS	<1,4	<5	<23	<20	<5	<5
TCBT 21	µg/kg TS	32,0	11,0	<23	<20	12,0	18,0
TCBT 27	µg/kg TS	6,1	<5	<23	<20	<5	<5
TCBT 28	µg/kg TS	7,2	<5	<23	<20	<5	<5
TCBT 52	µg/kg TS	5,9	<5	<23	<20	<5	<5
TCBT 74	µg/kg TS	17,0	<5	<23	<20	<5	<5
TCBT 80	µg/kg TS	41,0	<5	<23	<20	<5	<5

		Kasten	Kasten	Kasten	Kasten		
		03.05.- 02.08.17	02.08. - 15.11.17	15.11.17 - 22.03.18	22.03.- 25.06.18		
PCB-28	µg/kg TS	76,0	43,0	66,0	64,0		
PCB-52	µg/kg TS	47,0	46,0	45,0	42,0		
PCB-101	µg/kg TS	10,0	11,0	10,0	9,4		
PCB-118	µg/kg TS	9,4	10,0	10,0	8,6		
PCB-138	µg/kg TS	<5	3,6	<10	<5		
PCB-153	µg/kg TS	<5	3,1	<10	<5		
PCB-180	µg/kg TS	<5	3,2	<10	<5		
TCBT 21	µg/kg TS	17,0	13,0	20,0	14,0		
TCBT 27	µg/kg TS	<5	2,8	<10	6,0		
TCBT 28	µg/kg TS	<5	3,7	<10	<5		
TCBT 52	µg/kg TS	<5	4,8	n.b.	<5		
TCBT 74	µg/kg TS	<5	4,8	12,0	<5		
TCBT 80	µg/kg TS	<5	2,7	26,0	16,0		

Die Konzentrationen für PCB 28 und 52 im Schwebstoff der Bergwerks-Kläranlage Püßelbüren überschreiten die Umweltqualitätsnorm der OGewV für Gewässer um das 2–4 fache. Neben der Zusammensetzung des Grubenwassers an sich, findet auch der aktuelle Anteil des Kühlwassers, der Abscheidegrad der Klärteiche und der Anteil an Calciumcarbonat (Kalkfällung) an der Gesamtmasse der gewonnenen Feststoffe Niederschlag in den

massebezogenen Messwerten. Die Absetzteiche haben bereits einen großen Teil der absetzbaren Schwebstoffe entfernt.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalyse belegen, dass mit Zentrifuge und Kasten vergleichbare Schwebstoffe mit einer Korngröße kleiner 63 μm abgeschieden werden. Während in den Stunden der Probenahme mit der Zentrifuge 77 % der Partikel eine Korngröße $< 2 \mu\text{m}$ aufwiesen, konnte über die längere Laufzeit des Kastens auch eine Partikelfraktion zwischen 2 und 20 μm erfasst werden. Diese wird wahrscheinlich bei höherem Abfluss der Rückhaltebecken ausgetragen. Die im Kasten parallel zur Zentrifugenprobenahme gesammelte Masse war nicht ausreichend für eine zusätzliche Korngrößenanalyse.

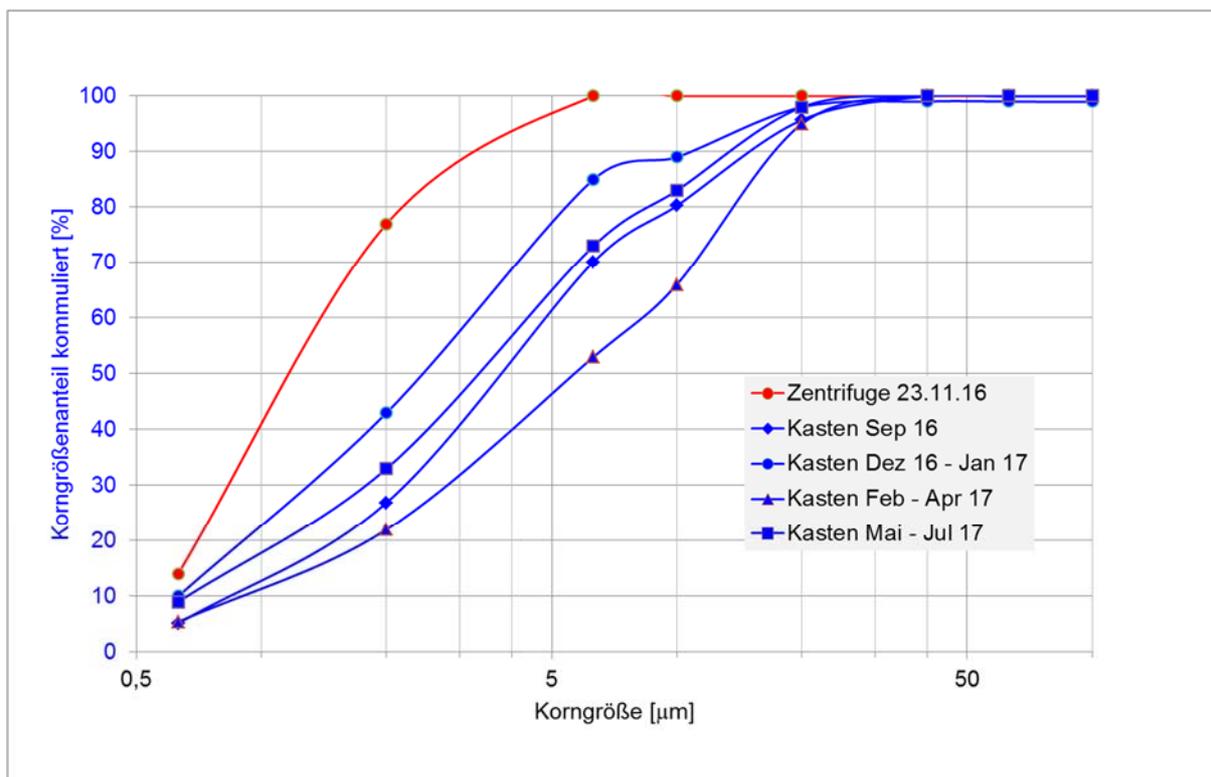


Abbildung 16: Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich (Ibbsbüren)

Weitere Ergebnisse aus der Inbetriebnahme des Schwebstoffsammelkastens finden sich im Datenanhang.

Oeynhaus-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Passivsammler



Abbildung 17: Arbeiten bei der Ausbringung der Passivsammler im Zufluss zur Ibbenbürener Aa

Mit dem Einsatz von Passivsammlern in der Ibbenbürener Aa lässt sich die Konzentration der im Wasser „gelösten“ PCB bestimmen. Die Passivsammler wurden im grubenwasserführenden Graben direkt vor Mündung in die Ibbenbürener Aa befestigt. Die Ausbringzeiten sind in Tabelle 3 auf Seite 16 für alle Passivsammler zusammengefasst. Die Ergebnisse zwischen Vorversuch und Hauptausbringung unterscheiden sich um etwa den Faktor zwei, was angesichts wechselnder Wasserführung und dem zeitweise unbefugten Entfernen der Sammler aus dem Gewässer eine gute Übereinstimmung darstellt. Der Bereich ist öffentlich zugänglich.

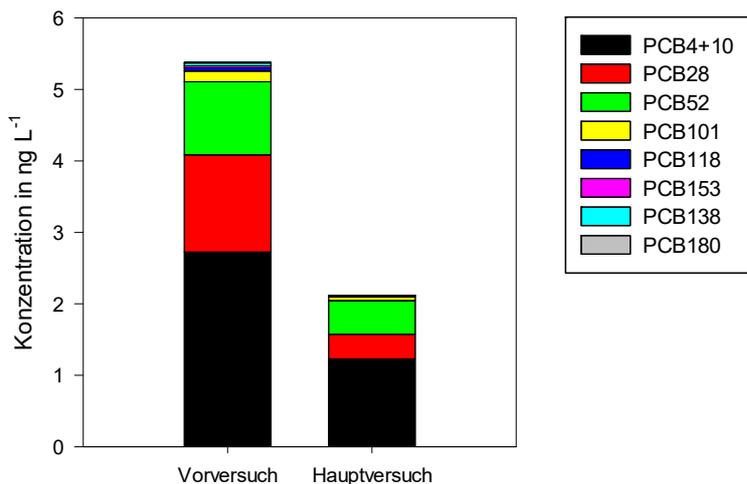


Abbildung 18: PCB-Konzentrationen in ng/l in Grubenwässern, die mit Hilfe von Passivsammlern im Vor- und Hauptversuch am Standort Ibbenbüren bestimmt wurden [BfG].

Vergleicht man die über Passivsammler in der wässrigen Phase ermittelten PCB-Konzentrationen mit einer Umrechnung der PCB am Schwebstoff unter Annahme der vollständigen Abtrennung des Schwebstoffes aus der zentrifugierten Wassermenge, erhält

man gleiche Größenordnungen für die Konzentration. Für den Gesamtgehalt an PCB im Wasser sind die Konzentrationen zu addieren, da die Passivsammler „gelöste“ PCB aus der Wasserphase aufnehmen, die Zentrifuge dagegen, die an Partikeln gebundenen PCB abbildet. Die Grenze ist nicht scharf, da während der Probenahme Übergänge für PCB von gelöst nach adsorbiert möglich sind. Für die Schwebstoffe aus den Kästen lässt sich eine solche Rückrechnung nicht durchführen, da der Abscheidegrad des Kastens kleiner ist, als der der Zentrifuge.

Tabelle 9: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Ibbenbürener AA / Oeynhausen-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren; Mittelwerte +/- Standardabweichungen

		Passivsammler	Zentrifuge
		10.10.2016 - 14.11.2016	06.05.2015 & 23.11.2016
PCB-28	ng/l	0,346 +/- 0,037	0,289 +/- 0,047
PCB-52	ng/l	0,471 +/- 0,051	0,180 +/- 0,002
PCB-101	ng/l	0,048 +/- 0,006	0,045 +/- 0,006
PCB-118	ng/l	0,009 +/-0,001	0,050 +/- 0,012
PCB-138	ng/l	0,010 +/-0,001	0,015 +/- 0,002
PCB-153	ng/l	0,007 +/-0,001	0,012 +/- 0,006
PCB-180	ng/l	0,002 +/-0,001	0,008 +/- 0,006

Oeynhausen-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Sedimente

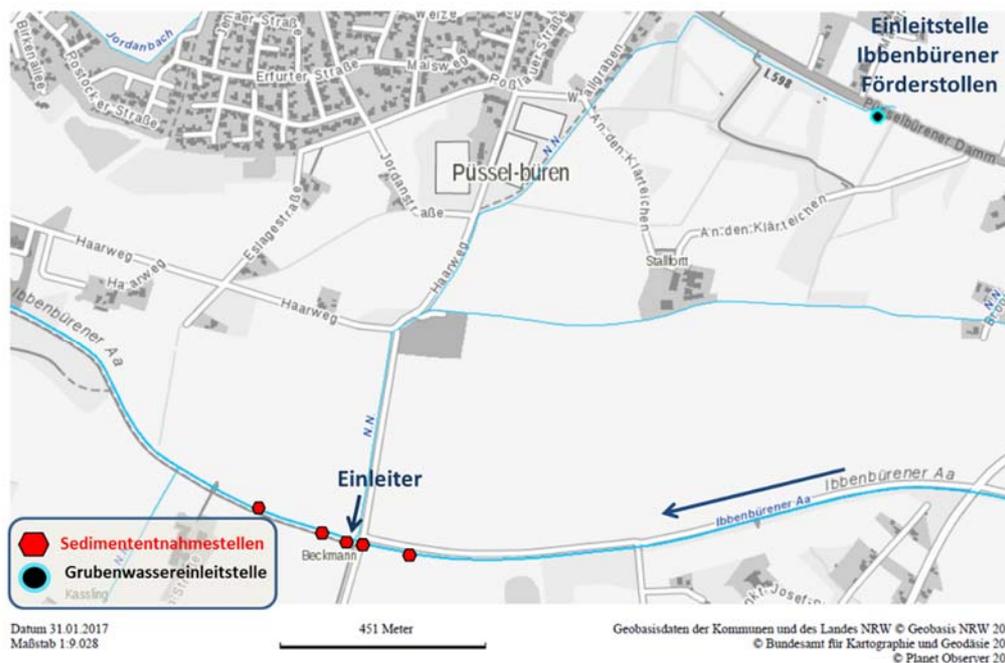


Abbildung 19: Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitung Oeynhausen-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren [BfG]



Abbildung 20: Bilder der Sedimententnahme im Umfeld der Grubenwassereinleitung Oeynhaus-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren

Im Sediment der Ibbenbürener Aa wurde die höchste Konzentration für die Summe der 7-Indikator PCB plus PCB 4 und/oder 10 mit etwa 3000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC¹² an der Stelle gemessen, an der der grubenwasserführende Graben (Stollenbach) in die Ibbenbürener Aa mündet. Auch unterhalb des Zuflusses waren die Werte noch in etwa um den Faktor 2 höher als stromauf der Einleitung.

Im Gegensatz zur Stelle der Mündung des Stollenbachens und stromab, konnten die PCB 4 und/oder 10 aber nicht stromauf des Zuflusses nachgewiesen werden. Auch änderte sich an der Mündung das PCB-Profil von einem hohen Anteil der hydrophoberen PCB-Kongeneren (PCB 138, 153 und 180) zu einem höheren Anteil der weniger hydrophoben PCB (PCB 4 und/oder 10, 28, 52). Das veränderte PCB-Profil war noch an der 2. Stelle unterhalb, in 200 m Entfernung zur Mündung, nachweisbar [BfG, redaktionell bearbeitet].

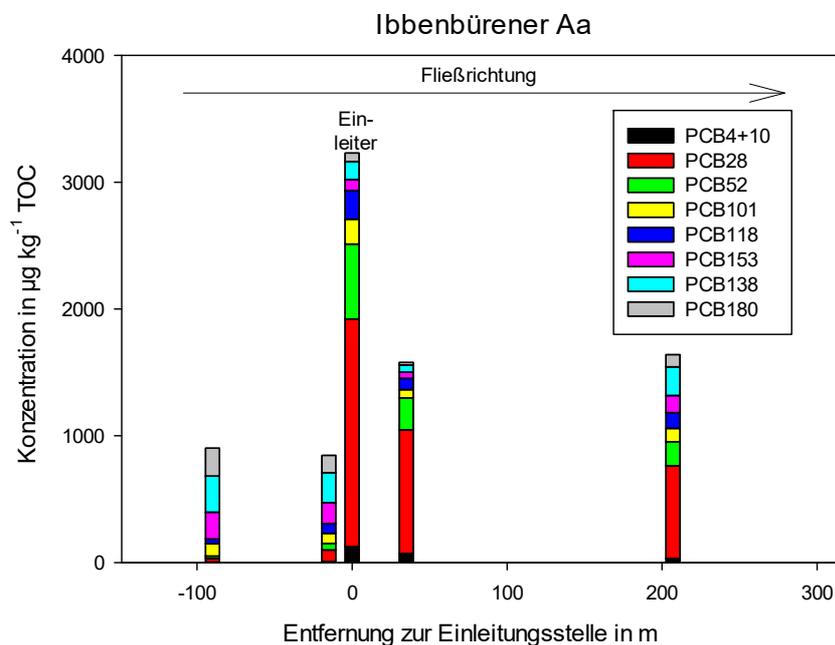


Abbildung 21: Konzentrationen der PCB-Kongeneren in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC in der Ibbenbürener Aa in der Nähe der Einleitungsstelle Ibbenbüren

¹² Um die Ergebnisse der Sedimentproben aus den sehr unterschiedlichen Gewässern vergleichen zu können, werden die PCB Gehalte zu zwei verschiedenen Bezugsgrößen in Beziehung gesetzt: a) zum Gehalt an organischem Kohlenstoff ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC) oder b) zur Gesamtmasse des Sedimentes ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS); siehe Kapitel V.

In der Abbildung 22 sind die Konzentrationen an PCB 4 und/oder 10 in den Sedimenten der Ibbenbürener Aa dargestellt. Wie bereits erwähnt, konnten diese stromauf des Einleiters nicht nachgewiesen werden, wohingegen an der Einleitungsstelle mit etwa 130 µg/kg TOC die höchste Konzentration gefunden wurde. Stromab der Einleitungsstelle nahm die Konzentration der PCB 4 und/oder 10 erneut um etwa den Faktor 4 auf ca. 30 µg/kg TOC ab.

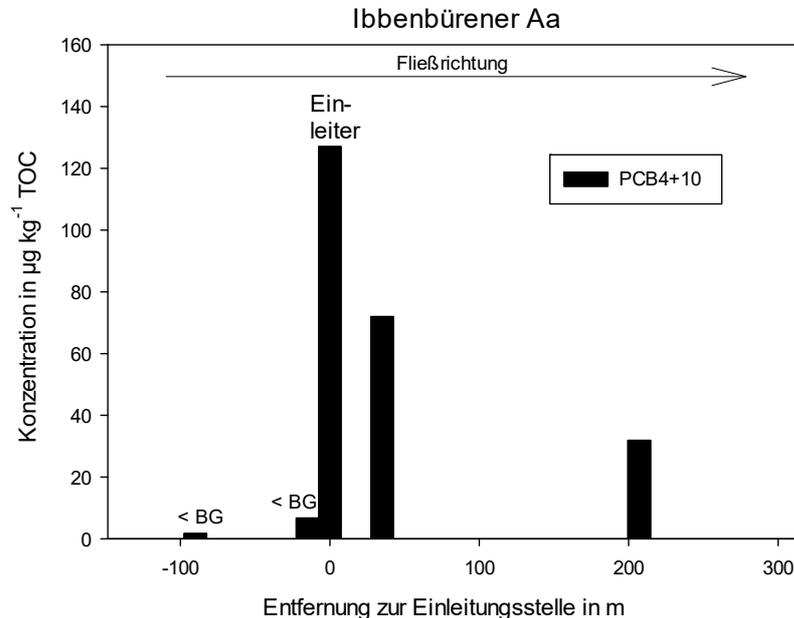


Abbildung 22: Konzentrationen an PCB 4 und/oder 10 in µg/kg TOC in der Ibbenbürener Aa in der Nähe der Einleitungsstelle Ibbenbüren; BG = Bestimmungsgrenze [BfG].

Oeynhausener-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren – Bedeutung für das Gewässer

Die über die Klärteiche Püßelbüren in die Ibbenbürener Aa eingeleiteten PCB prägen das Gewässer für die nächsten Kilometer. Oberhalb der Einleitung ist die Ibbenbürener Aa nahezu PCB frei. Im Sediment der Aa ist nach 200 m noch ein PCB Verteilungsmuster messbar, das dem Muster im Grubenwasser entspricht. Auch an der Stelle der Schwebstoffprobenahme im Gewässer an der Kläranlage Hörstel kann dieses Muster nachgewiesen werden. Daraus ergibt sich, dass die Grubenwassereinleitung hier die wesentliche Quelle für die PCB im Gewässer ist.

Die Kohleförderung in Ibbenbüren wurde am 17.08.2018 eingestellt. Die Wasserhaltung wird während des Rückbaus bis ca. Mitte 2019 fortgesetzt. Vorbehaltlich der rechtlichen Genehmigungen soll dann die Einleitung über die Bergwerks-KA Püßelbüren enden. Die Entwicklung der PCB Gehalte wird weiter beobachtet über den o.g. Sammelkasten und einen weiteren, noch zu installierenden Kasten, der die Ibbenbürener Aa direkt beschreibt und in der Nähe des Untersuchungspunktes von 2015 liegt.

Dickenberger Stollen, Bergwerks-KA Gravenhorst



Abbildung 23: Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Dickenberger Stollen, Foto LANUV

Das Grubenwasser wird nach Behandlung mit Kalkmilch in Absetzbecken geleitet. Eisen wird dabei weitgehend entfernt. Die Probenahmestelle im Ablaufkanal hinter der Venturirinne eignet sich gut für eine Probenahme mit der Zentrifuge.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser des Dickenberger Stollen liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen deutlich unterhalb der $\frac{1}{2}$ UQN der OGewV. Umgerechnet auf die Wasserphase ergeben sich Konzentrationen $< 2 \text{ ng/m}^3$. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Bockradener Stollen



Abbildung 24: Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Dickenberger Stollen und den Bockenrader Stollen, Foto LANUV

Das Grubenwasser des Bockenrader Stollen wird ohne Fällung in den Polkenbach eingeleitet. Die Probenahme erfolgte an der Förderstelle durch Absperren.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser des Bockenrader Stollen liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen deutlich unterhalb der $\frac{1}{2}$ UQN der OGewV. Umgerechnet auf die Wasserphase ergeben sich Konzentrationen um 3 ng/m^3 . Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Tabelle 10: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Bockenrader Stollen

		Dickenberger Stollen Bergwerks-KA Gravenhorst	Bockenrader Stollen
		07.05.2015	08.05.2015
PCB-28	µg/kg TS	1,9	1,0
PCB-52	µg/kg TS	2,1	0,9
PCB-101	µg/kg TS	<1,0	0,8
PCB-118	µg/kg TS	<1,0	0,6
PCB-138	µg/kg TS	<1,0	1,0
PCB-153	µg/kg TS	<1,0	1,0
PCB-180	µg/kg TS	<1,0	0,7
TCBT 21	µg/kg TS	<2,0	<1,0
TCBT 27	µg/kg TS	<2,0	<1,0
TCBT 28	µg/kg TS	<2,0	<1,0
TCBT 52	µg/kg TS	<2,0	<1,0
TCBT 74	µg/kg TS	<2,0	<1,0
TCBT 80	µg/kg TS	<2,0	<1,0

VII.2. Rhein (Rheingraben-Nord)

Tabelle 11: Messstellen im Einzugsgebiet des Rheins.

Grubenwassereinleitungen	Gewässerüberwachung
Lohberg*	Bimmen und Lobith 13 bzw. 4 x jährlich
Walsum seit Mitte 2016 diskontinuierlich	
*=Betrieb ruht	

Mitte 2016 hat die Einleitung von Grubenwässern am Standort Walsum begonnen. Die Förderung erfolgt diskontinuierlich, je nach Wasserstand in den Brunnen. Die Förder- und Ruhezeiten dauern jeweils mehrere Tage bis Wochen. Mit Aufnahme des Pumpbetriebes hat eine Probenahme mit der Schwebstoffzentrifuge stattgefunden. Der Aufbau eines Schwebstoffsammelkastens wurde im September 2017 abgeschlossen. Ab dem Jahr 2035 soll am Standort Lohberg ebenfalls Grubenwasser eingeleitet werden.

Unabhängig von den Grubenwassereinleitungen in den Rhein und seine Nebengewässer, werden vom LANUV routinemäßig und jährlich wiederkehrend an den Überblicksmessstellen Kleve-Bimmen und Lobith an der Landesgrenze zu den Niederlanden, in Düsseldorf, Bad Honnef und Bad Godesberg sowie in den Mündungen der großen Nebengewässer Schwebstoffe auf PCB untersucht.

Tabelle 12: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV im Rhein an der D/NL-Grenze, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS, * Datensatz 2014 ausreißerbereinigt

		Rhein bei Bimmen (Messstelle 000504)					
		2012	2013	2014 *	2015	2016	2017
PCB-28	µg/kg TS	1,6	1,4	2,1	2,6	1,7	2,0
PCB-52	µg/kg TS	2,0	1,9	3,2	3,7	2,2	2,6
PCB-101	µg/kg TS	3,5	3,1	5,1	5,9	3,3	3,9
PCB-118	µg/kg TS	2,4	2,1	4,7	5,1	2,7	2,9
PCB-138	µg/kg TS	5,6	4,9	6,7	8,4	4,7	4,8
PCB-153	µg/kg TS	6,2	5,6	7,5	8,2	5,3	6,3
PCB-180	µg/kg TS	3,8	3,6	4,0	4,6	3,1	3,3

Die Untersuchungen der letzten Jahre zeigen für alle Rheinmessstellen PCB-Konzentrationen, die unterhalb des Wertes der ½ Umweltqualitätsnorm liegen. TCBT sind in der Regel < 1 µg/kg. Die Konzentrationen an der Grenze zu Rheinland-Pfalz liegen niedriger, die Konzentrationen in den Nebenflussmündungen höher, letztere finden sich bei der Betrachtung der Nebengewässer.

Frachtaberschätzung der behördlichen Gewässerbewertung beruhen auf der Methode der abflusskorrigierten Standardmethode (LAWA 2000¹³; S.11). Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze gehen mit Null in die Berechnung ein. Für eine Abschätzung von Frachten auf Basis von Stichproben sollten in der Regel mindestens 10 Messergebnisse vorliegen, welches nur für die Messstellen Bimmen und Bad Honnef der Fall ist.

Wie statische Untersuchungen an der Elbe zeigen, sind diese Abschätzungen nur für Trendbeobachtungen brauchbar, nicht für Bilanzierungen! Hochwässer, Baggerarbeiten oder der Eintrag PCB haltiger Farbe bei Brückensanierungsarbeiten in die Elbe beeinflussten Stichproben so stark, dass sie das gemittelte Ergebnis überprägten. So ist es möglich, dass >50 % der Jahresfracht einer einzelnen Probe bei Hochwasser zugeschrieben werden. Auch im Rhein werden die errechneten Frachten aus den einzelnen Proben stark durch die Wasserführung des Rheins beeinflusst. Große Abflussmengen mit hochwasserbedingt trübem, also partikelreichem, Wasser führen zu hohen Einzelwerten der Fracht. Die Stichproben in Bad Honnef und Bimmen bilden naturgemäß unterschiedliche Abflusssituationen ab, so dass sie nicht voneinander subtrahiert werden können.

Die Abschätzungen für die Mündungsmessstellen Sieg, Wupper, Ruhr, Emscher und Lippe beruhen auf deutlich weniger Messergebnissen und sind daher mit einer erheblich größeren Unsicherheit behaftet, als es Abschätzungen dieser Art sowieso darstellen.

Deshalb bezieht sich dieser Bericht auf Größenordnungen von Frachten, die es dennoch ermöglichen, die Relevanz der grubenwasserbürtigen PCB in Bezug zu den im Gewässer transportierten Frachten zu setzen. Die Betrachtungen werden durchgeführt:

- a) für die Summe der PCB-Kongenere 28,52,101,118,138,153 und 180
- b) für PCB 28, dass im Grubenwasser den höchsten Anteil hat, im Gewässer aber den kleinsten, also eine pessimale Betrachtung.

Tabelle 13: PCB Frachten des Rheines und der Nebengewässer für das Jahr 2013 - 2015 ¹⁴

Mst.Nr	Messtelle	Gewässer	Fracht in kg/a	
			PCB 28	Summe 7 PCB
000103	Bad Honnef	Rhein	0,57 – 1,3	18 - 30
000504	Bimmen	Rhein	1,7 - 2,8	38 - 70
022810	Mülheim	Ruhr	0,037 – 0,054	0,53 – 0,67
005009	Mündung	Emscher	0,010 – 0,044	0,069 – 0,39
006002	Wesel	Lippe	0,054 - 0,076	0,30 - 0,45

Die Fracht des Rheins steigt in NRW um rund 1 - 10 kg/a für die einzelnen Kongenere mit Schwerpunkt bei den höher chlorierten PCB. Der Beitrag über die grubenwasserführenden

¹³ LAWA 2000: Ermittlung von Stofffrachten in Fließgewässern – Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren, Berlin im Februar 2000

¹⁴ Berichterstattung des LANUV, Abt. 5, vom 15.2.2017

Nebenflüsse Ruhr, Emscher und Lippe beträgt dabei zwischen 5 und 20 % an dem aus NRW stammenden Beitrag der PCB-Belastung des Rheins.

Grubenwassereinleitung Walsum - Schwebstoffe



Abbildung 25: Grubenwassermessstelle Duisburg Walsum, Druckrohr

Mit der Zentrifuge ließen sich kurz nach Inbetriebnahme der Grubenwassereinleitung in Duisburg-Walsum 4 g Trockenmasse aus 4 m³ Wasser, entsprechend einem Schwebstoffgehalt von 1 mg/l gewinnen. Damit entspricht das Grubenwasser aus Walsum den Grubenwässern aus Hebungen ohne aktiven Bergbetrieb. Der gewonnene Schwebstoff weist für PCB 28 und 52 Gehalte oberhalb 20 µg/kg auf, die anderen untersuchten Kongenere liegen unter 20 µg/kg. Das Grubenwasser ist bei der Entnahme aus der Druckrohrleitung zunächst klar, binnen weniger Minuten bildet sich ein Niederschlag aus Eisenhydroxid.



Abbildung 26: Bildung von Eisenoxid im Grubenwasser Duisburg Walsum, links: nach Entnahme aus Druckrohr, rechts: 15 min später

Für die Installation eines Schwebstoffsammelkastens waren umfangreiche Umbauarbeiten an der Einleitungsstelle nötig. Es mussten Entnahmestellen an der Druckrohrleitung eingerichtet werden und eine Rückführung des Kastenablaufes in die Druckrohrleitung. Zeichnungen hierfür wurden von LANUV im April 2016 erstellt. Die Umbauarbeiten wurden zunächst zurückgestellt, um sicherzustellen, dass sich das Prinzip der Sammelkästen eignet. Am 28.08.2017 erfolgte die Inbetriebnahme des Kastens. Die Entnahme erfolgt aus der Mitte der Leitung über ein Pitot-Rohr. Da in Walsum seitdem nur sporadisch Grubenwasser gefördert wird, waren bisher erst zwei Entnahme aus dem Kasten möglich. Im Zeitraum vom 28.09.2017 – 13.02.2018 hat der Schwebstoffkasten 3,1 g Schwebstoff (nach Trocknung) gesammelt. Wegen der häufigen Stillstandszeiten bestand das Material überwiegend aus frisch ausgefallenem Eisenoxyd (siehe Abbildung 26), welcher kein PCB enthält.

Grubenwasserprobenahmestelle Walsum

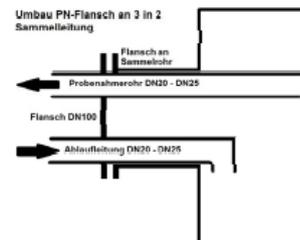


Lage der Probenahmestelle

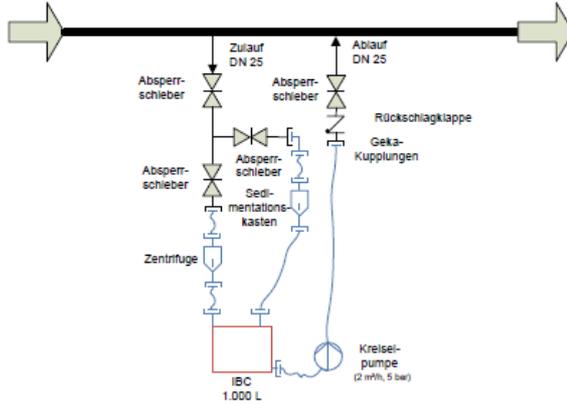


Niederschlagswasserkanal
(lt. RAG für
Grubenwasser nicht
nutzbar)

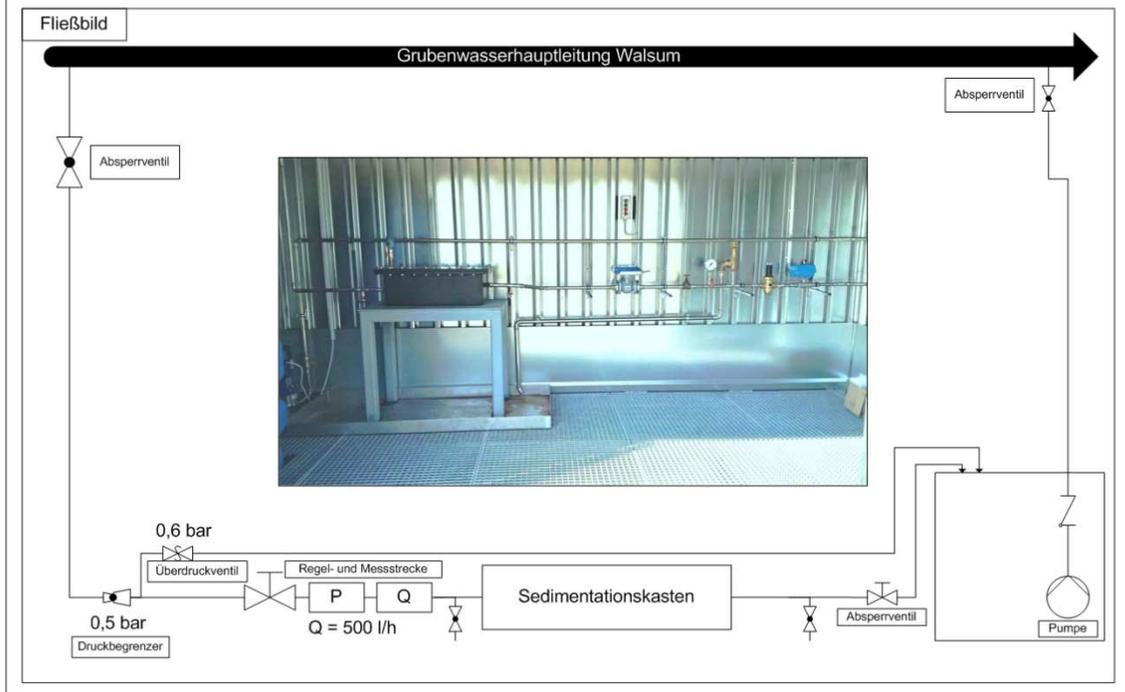
Detail Flansch



Fließbild



Sedimentationskästen für Grubenwasserprobenahme am Standort Walsum



Copyright 2017

Abbildung 27: oben: Aufbau- und Anschlussschema für einen Schwebstoffsammelkasten an der Grubenwassermessstelle Duisburg Walsum
unten: Foto und realisiertes Fließschema

Tabelle 14: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser Duisburg Walsum

		Zentrifuge	Kasten	Kasten
		03.06.2016	28.09.17- 13.02.18	13.02.- 23.10.18
PCB-28	µg/kg TS	62	keine Auswertung möglich Der Kasten wurde die meiste Zeit nicht durchströmt, da kein Pumpbetrieb. Im Kasten fand sich überwiegend PCB freier Eisenocker.	
PCB-52	µg/kg TS	51		
PCB-101	µg/kg TS	17		
PCB-118	µg/kg TS	15		
PCB-138	µg/kg TS	15		
PCB-153	µg/kg TS	11		
PCB-180	µg/kg TS	<10		
TCBT 21	µg/kg TS	17		
TCBT 27	µg/kg TS	<10		
TCBT 28	µg/kg TS	<10		
TCBT 52	µg/kg TS	<10		
TCBT 74	µg/kg TS	<10		
TCBT 80	µg/kg TS	27		

Grubenwassereinleitung Walsum - Passivsammler

Die Einleitung des Grubenwassers in den Rhein erfolgt über einen kleinen Stichkanal oberhalb des Nordhafens Walsum über den auch das Kühlwasser des Kraftwerkes eingeleitet wird. Dieser Bereich wird bei Hochwasser überflutet, die Kühlwassereinleitung führt durchlaufendes Rheinwasser in den Stichkanal. Die Probenahme an der Einleitungsstelle ist demnach von Rheinwasser überprägt. Für eine Ausbringung der Passivsammler direkt im Bauwerk der Grubenwassereinleitung war der Wasserstand zu niedrig. Eine Alternative zur gewählten Stelle wäre nur der völlige Verzicht auf die Untersuchung mit Passivsammlern in Walsum gewesen.

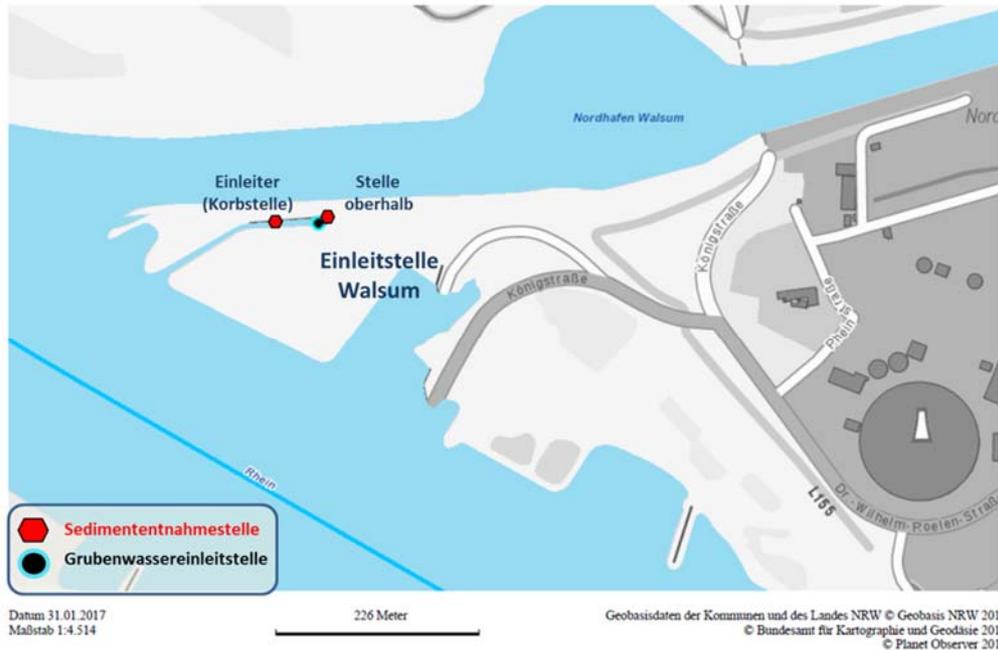


Abbildung 28: Karte der Einleitungsstelle für das Grubenwasser Walsum mit Kennzeichnung der Probenahmestellen für Passivsammler und Sedimententnahme [BfG]



Abbildung 29: Bild der Einleitungsstelle für das Grubenwasser Walsum mit Kennzeichnung der Probenahmestellen für Passivsammler und Sedimententnahme [BfG]

Die Auswertung der in Walsum ausgebrachten Passivsammler weist zwar nach Ibbenbüren die zweithöchsten Gehalte an PCB auf, die Befunde sind aber vom Rheinwasser, das über die Kühlwassereinleitung ebenfalls im Stichkanal geführt wird, überprägt. Die bergbautypischen Kongenere PCB 28 und 52 haben große Anteile an der Verteilung. Auch ist PCB 4/10 nachweisbar, das sich nur in Grubenwasser findet. Die für Grubenwässer ungewöhnlich hohen Anteile der PCB 101, 118, 153 und 138 sind auf einen Einfluss von Rheinwasser an der Probenahmestelle zurückzuführen. Für eine Fortsetzung einer Überwachung des Grubenwassers in Walsum mit Passivsammlern wäre eine Exposition parallel zum Schwebstoffsammelkasten vorzusehen, die dann unbeeinflusst vom Rheinwasser ist.

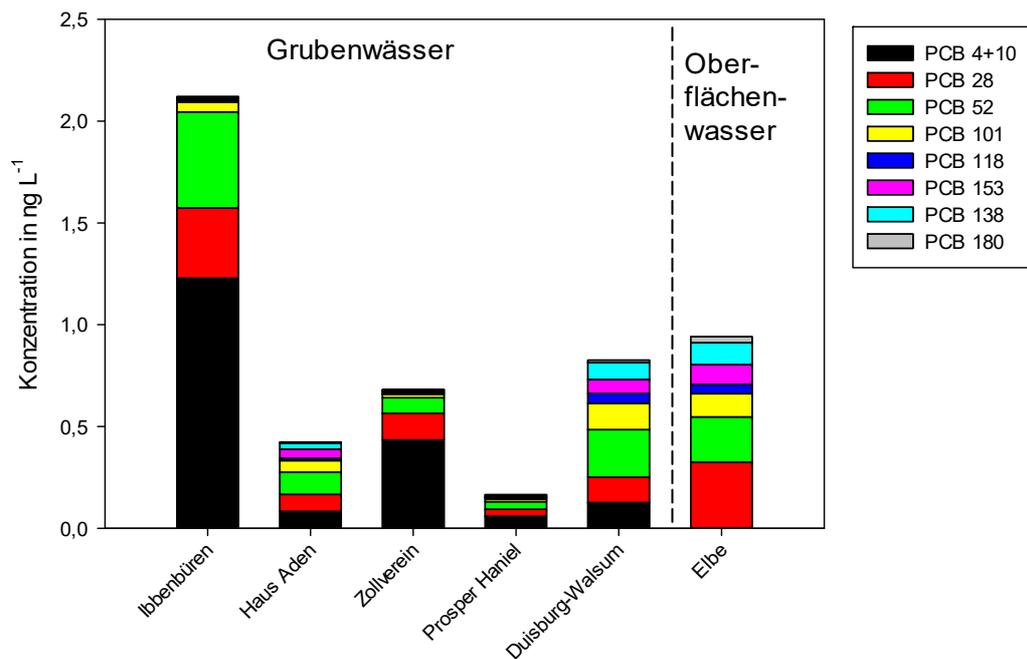


Abbildung 9: Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenerne in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].

Vergleicht man die über Passivsammler in der wässrigen Phase ermittelten PCB Konzentrationen mit einer Umrechnung der PCB am Schwebstoff unter Annahme der vollständigen Abtrennung des Schwebstoffes aus der zentrifugierten Wassermenge, so sind die Konzentrationen der gelösten PCB höher. Für die Messung in Walsum ist zu beachten, dass die Passivsammler auch von Rheinwasser beeinflusst wurden. Für den Gesamtgehalt an PCB im Wasser sind die Konzentrationen zu addieren, da die Passivsammler „gelöste“ PCB aus der Wasserphase aufnehmen, die Zentrifuge dagegen die an Partikeln gebundenen PCB abbildet. Die Grenze ist nicht scharf, da während der Probenahme Übergänge für PCB von gelöst nach adsorbiert möglich sind.

Tabelle 15: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Duisburg Walsum; Mittelwerte +/- Standardabweichungen

		Passivsammler	Zentrifuge
		10.10.2016 - 14.11.2016	03.06.2016
PCB-28	ng/l	0,126 +/- 0,013	0,061
PCB-52	ng/l	0,232 +/- 0,029	0,050
PCB-101	ng/l	0,130 +/- 0,017	0,016
PCB-118	ng/l	0,048 +/- 0,008	0,015
PCB-138	ng/l	0,084 +/- 0,011	0,015
PCB-153	ng/l	0,068 +/- 0,009	0,011
PCB-180	ng/l	0,012 +/- 0,002	0,005

Grubenwassereinleitung Walsum - Sedimente



Abbildung 30: Bilder der Sedimententnahme an der Grubenwassereinleitungsstelle Duisburg Walsum

Die Konzentrationen der PCB im Sediment an der Einleitungsstelle Duisburg-Walsum/Rhein sind in Abbildung 31 dargestellt. Die Konzentrationen der Summe aller untersuchten PCB unterschied sich an der Einleitungsstelle mit ca. 1200 $\mu\text{g}/\text{kg TOC}^{15}$ nicht von dem Standort oberhalb der Einleitungsstelle. Darüber hinaus war das PCB-Profil an beiden Standorten nahezu identisch. Beide Probenahmestellen waren nur etwa 45 m voneinander entfernt. Darüber hinaus befinden sich beide Probenahmestellen unmittelbar neben einer Einleitungsstelle, bei der Rheinwasser (durchlaufendes Kühlwasser) vom Kraftwerk Walsum in einen Kanal eingeleitet wird [BfG]. Der Kanal befindet sich im Überschwemmungsbereich des Rheins, so dass sich die Sedimente der beiden Probenahmestellen kaum voneinander unterscheiden. Das native Sediment des Rheins vermischt sich mit dem durch das Grubenwasser belasteten Sediment in dem Kanal. Wie auch bei den Passivsammleruntersuchungen, deutet der Nachweis der PCB-Kongenerne 4 und/oder 10 dennoch auf eine Belastung der Sedimente in dem Kanal mit Grubenwasser hin.

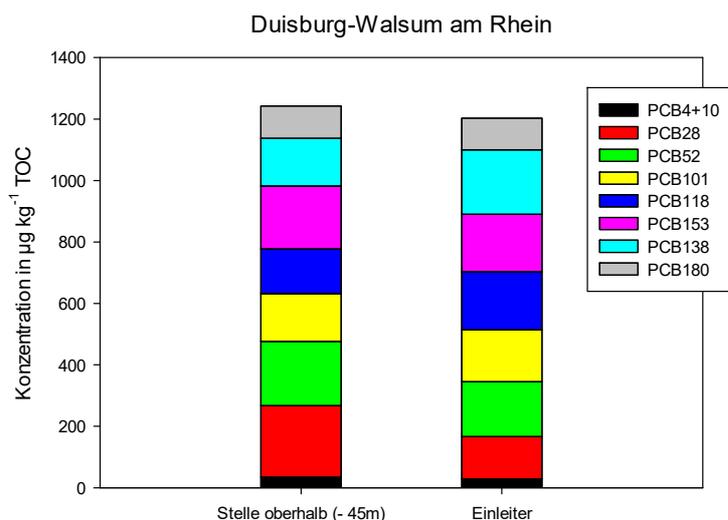


Abbildung 31: Konzentrationen der PCB-Kongenerne in $\mu\text{g}/\text{kg TOC}$ im Sediment an der Einleitungsstelle Duisburg-Walsum am Rhein

¹⁵ Erläuterungen zu Einheit $\mu\text{g (PCB) / kg TOC}$ in Kapitel V

Grubenwassereinleitung Walsum - Bedeutung für das Gewässer

Für die Grubenwasserhaltung Walsum liegt erst ein Wert für PCB vor, der im Gesamtkontext der Grubenwasseruntersuchungen ein plausibles Ergebnis darstellt. Eine kontinuierliche Überwachung der Einleitung ist vorgesehen, da die Einleitung an Bedeutung gewinnen wird. Die PCB Gehalte im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung sind höher als die PCB Gehalte im Schwebstoff des Rheines.

Tabelle 16: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Walsum mit den Mittelwerten des Rheins bei Bimmen

		Duisburg Walsum	Rhein bei Bimmen
		03.06.2016	Mittelwerte 2016
PCB-28	µg/kg TS	62	1,7
PCB-52	µg/kg TS	51	2,2
PCB-101	µg/kg TS	17	3,3
PCB-118	µg/kg TS	15	2,7
PCB-138	µg/kg TS	15	4,7
PCB-153	µg/kg TS	11	5,3
PCB-180	µg/kg TS	<10	3,1

Der Gehalt an PCB haltigem Schwebstoff aus der Grubenwassereinleitung liegt bei 1 mg/l (Rückrechnung aus Zentrifugenprobenahme), der Gesamtschwebstoffgehalt des Grubenwassers nach Standardanalytik liegt bei 20 mg/l, da bei der Filtration Eisen ausfällt. Der Rhein transportiert bei Normalwasserführung etwa 10 mg/l Abfiltrierbare Stoffe. Deshalb ist das typische PCB Muster der Grubenwassereinleitung bereits am Ort der Einleitung von der PCB Verteilung im Rhein überprägt. Dies gilt sowohl für die Betrachtung der Sedimente als auch für die Beschreibung der gelösten PCB mit Passivsammlern.

Die Fracht des Rheins in Bimmen betrug in den vergangenen Jahren 0,57 – 1,3 kg/a PCB 28 und 18-30 kg/a in Summe der 7 PCB (Tabelle 13). Bei einer Grubenwassermenge in Walsum von 1,8 Mio m³/a ¹⁶ und einem Gehalt von 1 mg/l mit der Zentrifuge abscheidbarem Schwebstoff mit 62 µg/kg PCB 28 ergibt sich eine Fracht von 112 mg/a PCB 28 aus der Grubenwassereinleitung Walsum. Für die Summe der 7 PCB (166 µg/kg mit PCB 180 als 10 mg/kg berücksichtigt) ergibt sich eine Fracht von 300 mg/a. Der Anteil der Grubenwassereinleitung Walsum an der Gesamtfracht des Rheines liegt derzeit bei < 1 %.

¹⁶ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

VII.2.1. Einzugsgebiet Emscher

Tabelle 17: Messstellen im Einzugsgebiet der Emscher.

Grubenwassereinleitungen	Gewässerüberwachung
Carolinenglück (6)	Emschermündung (1)
Zollverein (5)	
Amalie (4)	
Concordia (2)	
Prosper Haniel (3)	

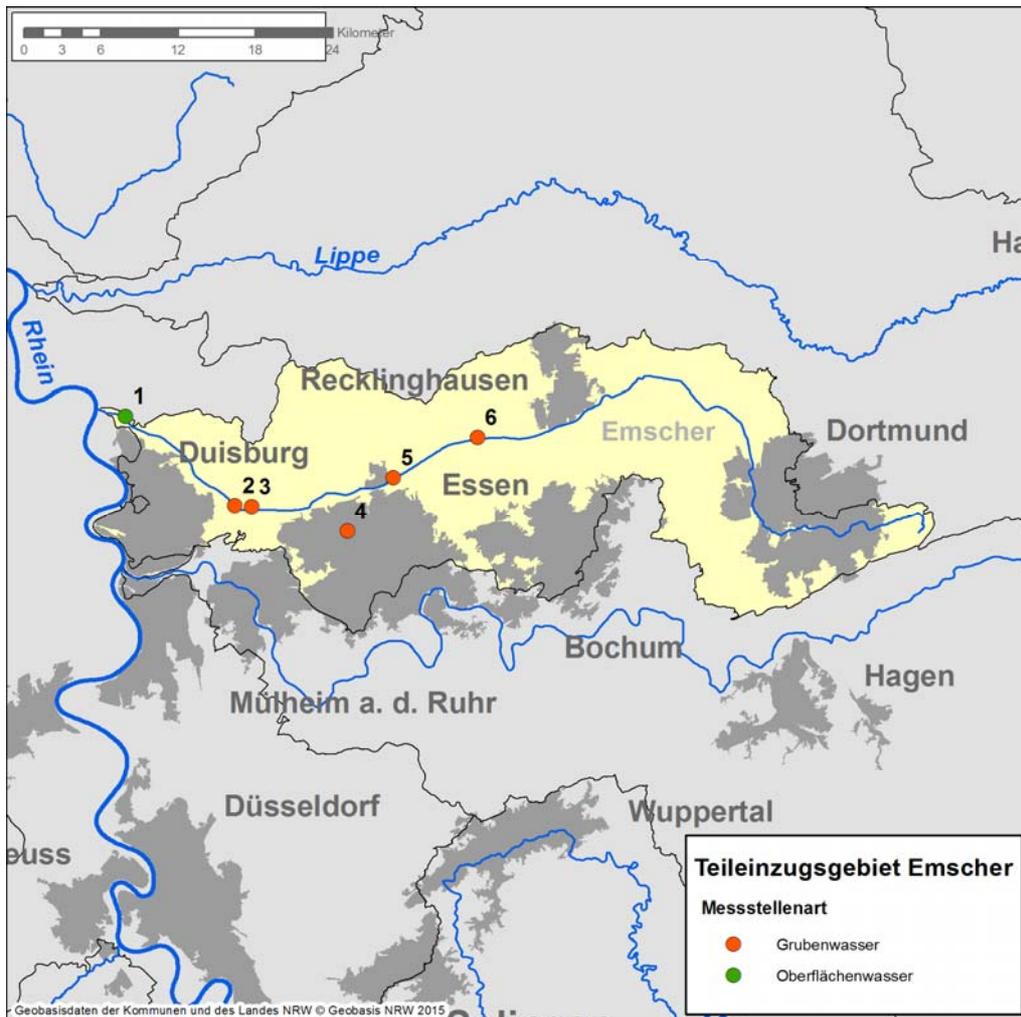


Abbildung 32: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Emscher

Im Emschersystem werden durch die Wasserhaltungen der Standorte Carolinenglück, Zollverein, Concordia und Prosper Haniel Grubenwässer unmittelbar in die Emscher und am Standort Amalie über den Borbecker Mühlenbach und die Berne in die Emscher eingeleitet.

An der Überblicksmessstelle „Emschermündung“ (Nr. 005009) werden jährlich u.a. Gewässerschwebstoffe im Rahmen der Überwachung nach OGewV und im Rahmen des Messprogramms der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) auf Indikator-PCB untersucht.

Tabelle 18: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Emschermündung, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS (keine Proben 2017)

		Emscher an der Mündung (Messstelle 005009)				
		2012	2013	2014	2015	2016
PCB-28	µg/kg TS	4,8	5,9	5,7	5,0	5,6
PCB-52	µg/kg TS	8,9	11	6,3	5,7	5,0
PCB-101	µg/kg TS	9,5	13	5,0	5,8	5,6
PCB 118	µg/kg TS	6,9	9,5	3,3	3,7	3,0
PCB-138	µg/kg TS	13	16	4,2	7,4	4,6
PCB-153	µg/kg TS	13	13	4,8	7,1	4,3
PCB-180	µg/kg TS	7,6	9,2	3,3	6,0	8,6

Die Untersuchungen der letzten Jahre der Emscher im Mündungsbereich zeigen PCB-Konzentrationen, die unterhalb der Umweltqualitätsnorm von 20 µg/kg TS liegen, in vielen Fällen sogar unterhalb der ½ Umweltqualitätsnorm. Für die bergbautypischen PCB-Kongenere 28 und 52 liegen die Werte im Bereich von 5-11 µg/kg TS.

Seit dem Jahr 2011 wurden keine Überschreitungen der UQN für PCB an der Messstelle Emschermündung festgestellt. Das Muster der PCB-Verteilung in der Emscher entspricht nicht den Verteilungen in den Grubenwässern, d.h. auch hier sind die aktuellen Belastungen der Schwebstoffe nicht allein auf bergbaubedingte Einleitungen zurückzuführen. Die TCBT-Verbindungen (Ugilec) lassen sich nicht nachweisen.

Prosper Haniel - Schwebstoffe



Abbildung 33: Grubenwassermessstellen, Zentrifugenprobenahme und Einleitung Zeche Prosper Haniel, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)

Die Einleitungsstelle ist für die Probenahme mittels Zentrifuge oder Sammelkasten weder erreichbar noch geeignet. Die Probenahme erfolgte im Betrieb.

Die Grubenwasserableitung im Bergwerk Haniel erfolgt über eine 2-in-2 Rohrleitung. Die beiden Leitungen von unter Tage werden mit dem gleichen Grubenwasser betrieben, nehmen jedoch unterschiedliche Wege an die Tagesoberfläche und treffen sich erst im H-Schloss auf der Hängebank hinter dem Förderschacht, Richtung alte Sieberei, wieder. Im H-Schloss werden die 2 zusammengeführten Leitungen in 2 ableitende Leitungen geteilt. Die Rohrleitung, die am Förderschacht hoch geführt wird, ist eine DN400 Leitung und die Rohrleitung, die durch die Kellergebäude geführt wird, ist eine DN300 Leitung. Nach der Steigleitung verläuft die DN400 Rohrleitung durch die Förderhalle waagrecht bis zum H-Schloss auf der Hängebank. Nach der Steigleitung verläuft die DN300 Rohrleitung durch die Kellergebäude und wird außen unter die Hängebank geführt, wo sie an der Decke entlangläuft und erst direkt am H-Schloss mittels zweier 90° Rohrbögen an das H-Schloss angeschlossen ist.

Da die Grubenwasserförderung von mehreren Produktionsfaktoren abhängig ist, kann weder mit kontinuierlichem Durchfluss, noch mit gleich bleibenden Drücken gerechnet werden. Der Regelbetrieb erfolgt nur mit einer Pumpe unter Tage, die ca. 195 m³/h fördert und einen drucklosen Betrieb am H-Schloss erzeugt. Beim Betrieb von mehreren Pumpen (max. 4) kann der Durchfluss und der Druck stark ansteigen. Maximal können Drücke bis 3 bar auftreten.

Die Messstelle für die amtliche Überwachung befindet sich an der DN400 Leitung vor dem H-Schloss. Der Schwebstoffsammelkasten wurde deshalb zunächst ebenfalls an der DN400 Leitung installiert, auf der Hängebank, wenige Meter hinter der amtlichen Probenahmestelle. Bereits im Probetrieb stellte sich heraus, dass die Grubenwasserentnahme an diesem Ort für den Betrieb des Sammelkastens nicht gut geeignet ist, da längere Zeit kein Wasser fließt.

Für den weiteren Betrieb des Sedimentationskastens wurde deshalb die DN300 gewählt. Ein homogenerer Betrieb des Sedimentationskastens ist möglich, da Betriebsschwankungen durch den geringeren Querschnitt zum Teil nivelliert werden. Durch die Rohrleitungsführung und die Rohrleitungslage und -länge ist ein vergleichender Betrieb mit der Zentrifuge gegeben, sofern bei der Zentrifugen-Probenahme beide Rohrleitungen beschickt werden.

Das Grubenwasser enthält große Mengen an Schwebstoff im Vergleich zu den anderen Grubenwässern, da an dieser Stelle noch aktiv Bergbau betrieben wird und vor der Einleitung in die Emscher keine Abtrennung von Schwebstoffen erfolgt.

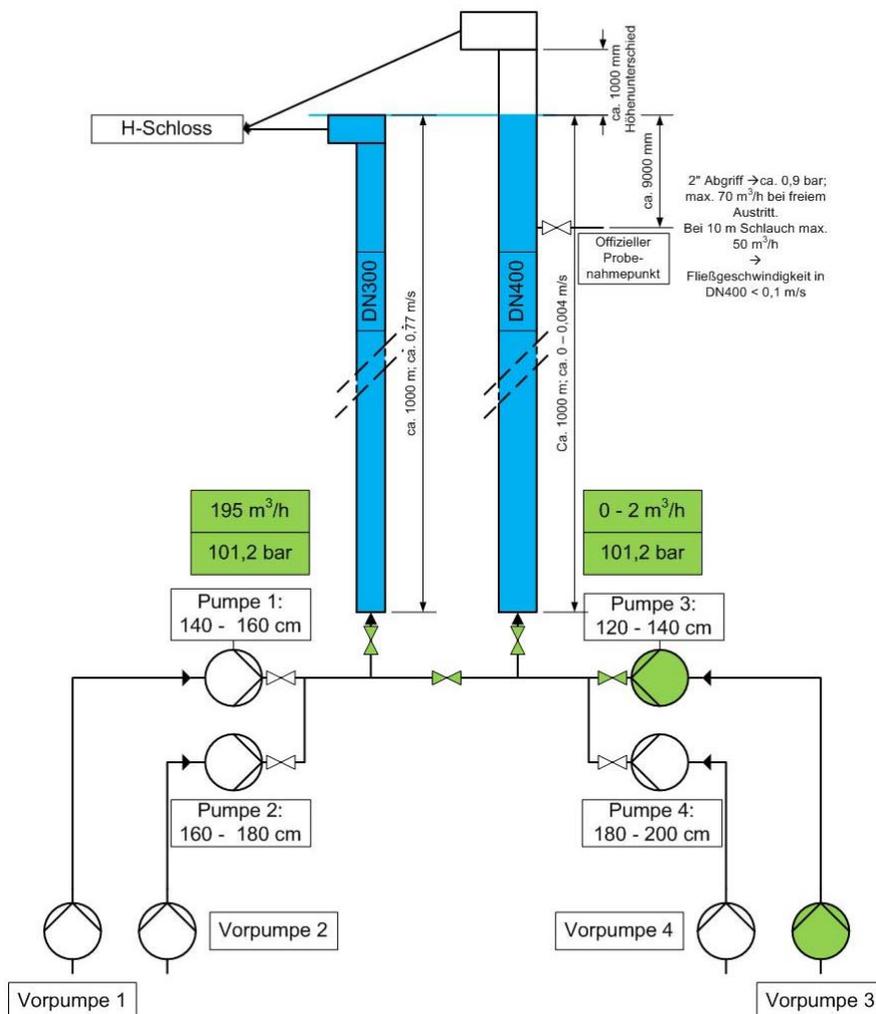


Abbildung 34: Schematische Zeichnung der Grubenwasserführung auf Prosper Haniel

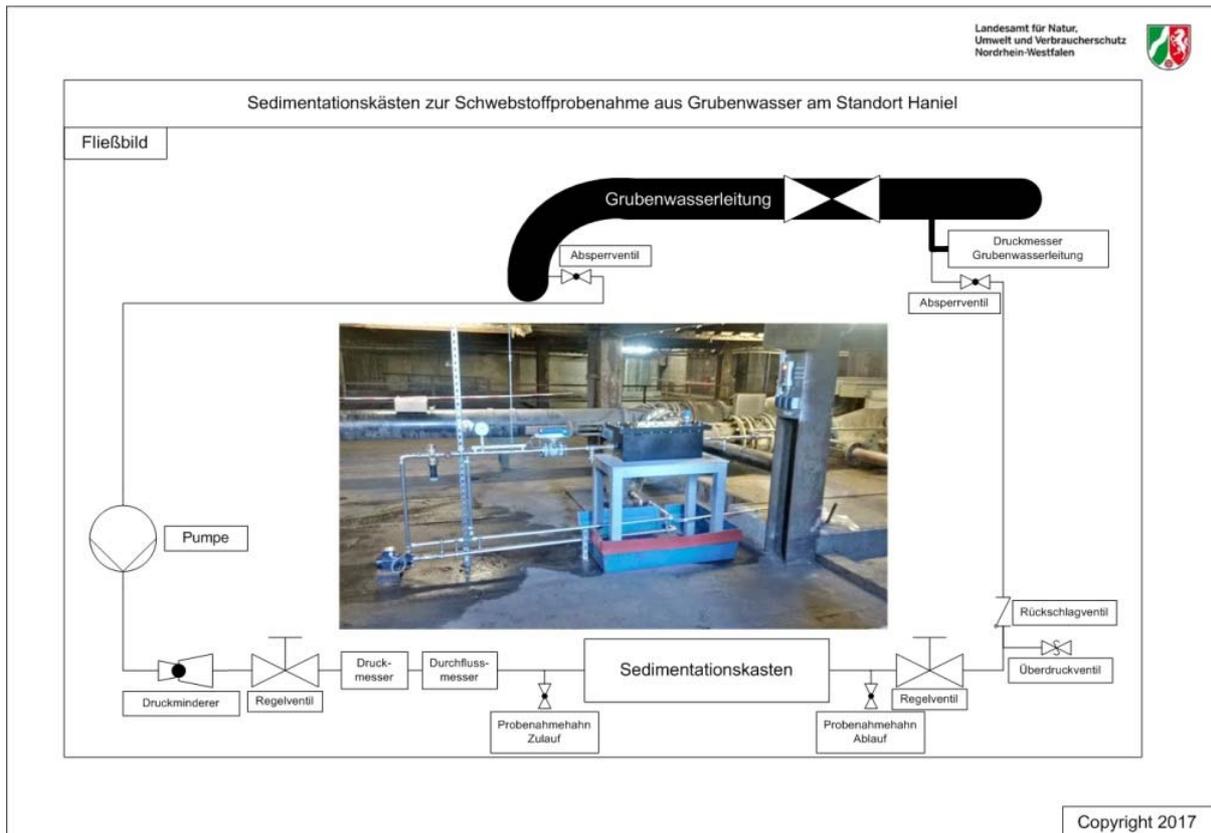


Abbildung 35: Bild und Schema des Schwebstoffsammelkastens auf Prosper

Die PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel liegen - bezogen auf die Masse an Feststoff - für PCB 28 und 52 um einen Faktor 2-3 über der Umweltqualitätsnorm der OGewV für Oberflächengewässer. Die gefundenen Konzentrationen der Jahre 2015 und 2016 entsprechen den Werten aus einer Untersuchung durch das StUA Herten aus dem Jahr 2003. Der noch aktive Bergbau auf Prosper Haniel führt dazu, dass an dieser Stelle mit Abstand die größte Menge an Feststoff ausgetragen wird. Die Probenahmen mittels Zentrifuge und Schwebstoffsammelkasten führen zunächst zu PCB Messwerten vergleichbarer Größenordnung. Seit Sommer 2017 werden niedrigere PCB Gehalte im Schwebstoff festgestellt. Die Langzeitbeobachtung führt an dieser Stelle zu ersten Hinweisen auf Veränderungen.

Als günstiges Intervall für die Leerung des Sammelkastens hat sich ein Zeitraum von ca. 4 Wochen ergeben. In diesem Zeitraum gewinnt der Kasten etwa 400 g Schwebstoff, was einer Abscheidung von ca. 2 mg/l Grubenwasser entspricht. Die Schwebstoffzentrifuge scheidet etwa 30 mg Schwebstoff aus 1 Liter Grubenwasser ab.

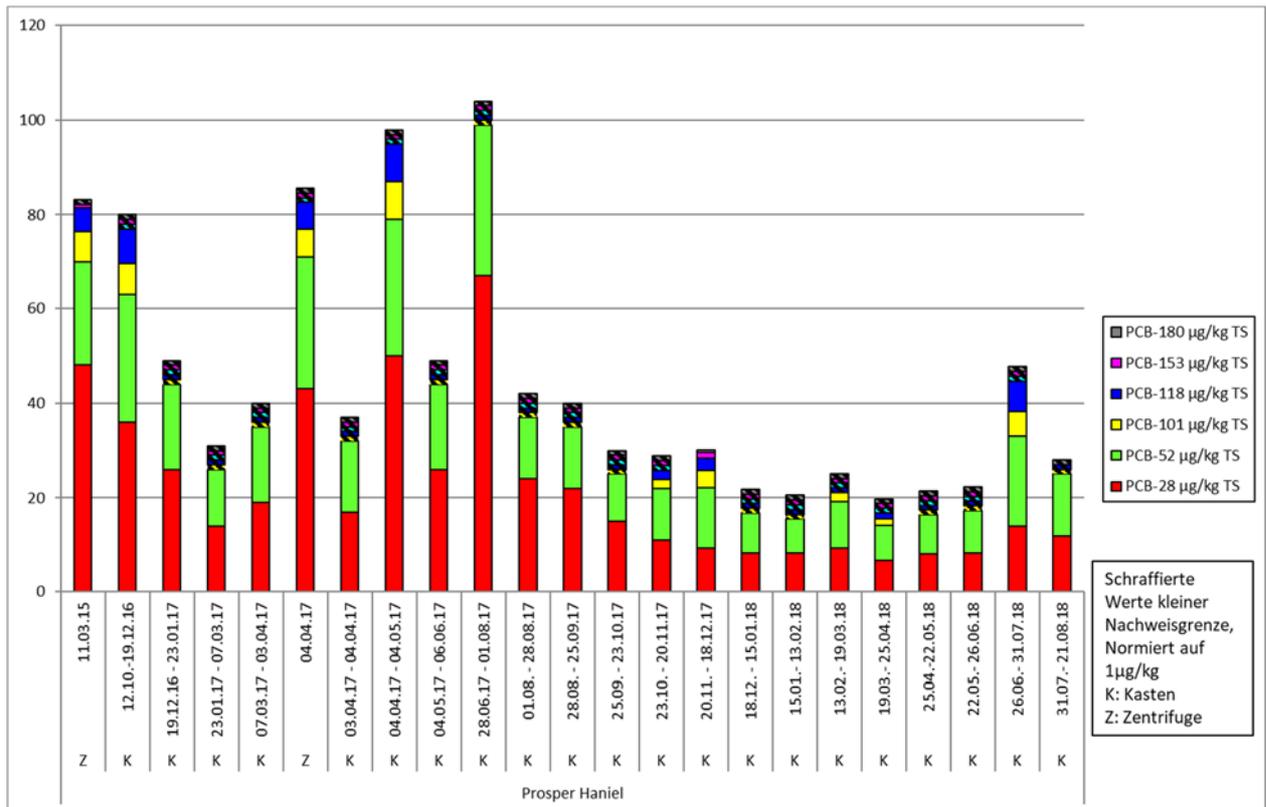


Abbildung 36: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel

Tabelle 19: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel (die Bestimmungsgrenzen variieren, da Kohlepartikel die Analytik stören. Näherungswerte sind in der Diagramm-Darstellung berücksichtigt, auch wenn sie nicht als Zahl benannt sind)

		Zentrifuge	Zentrifuge	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Zentrifuge
		2003 (3x)	11.03.15	12.10.- 19.12.16	19.12.16 -23.1.17	23.01.- 07.03.17	07.03. - 03.04.17	04.04.17
PCB-28	µg/kg TS	32-36	48	36	26	14	19	43
PCB-52	µg/kg TS	33-41	22	27	18	12	16	28
PCB-101	µg/kg TS	11-14	6,5	6,7	<5	<5	<5	6
PCB-118	µg/kg TS	8-9	5	7,3	<5	<5	<5	5,6
PCB-138	µg/kg TS	2-4	1	<5	<5	<5	<5	<5
PCB-153	µg/kg TS	1-2	0,7	<5	<5	<5	<5	<5
PCB-180	µg/kg TS	1	<0,5	<5	<5	<5	<5	<5
TCBT 21	µg/kg TS		58	32	23	15	16	31
TCBT 27	µg/kg TS		15	9,2	7	<5	<5	<5
TCBT 28	µg/kg TS		19	10	8,2	5,3	5,4	11
TCBT 52	µg/kg TS		6,2	<5	<5	<5	<5	<5
TCBT 74	µg/kg TS		45	5,4	<5	<5	<5	<5
TCBT 80	µg/kg TS		67	<5	<5	<5	<5	<5

Tabelle 19: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel (Fortsetzung)

		Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten
		03.04. - 04.04.17	04.04. - 04.05.17	04.05. - 06.06.17	28.06.- 01.08.17	01.08. - 28.08.17	28.08. - 25.09.17	25.09. - 23.10.17	23.10. - 20.11.17
PCB-28	µg/kg TS	17	50	26	67	24	22	15	11
PCB-52	µg/kg TS	15	29	18	32	13	13	10	11
PCB-101	µg/kg TS	<5	8	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	1,9
PCB-118	µg/kg TS	<5	7,9	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	1,9
PCB-138	µg/kg TS	<5	<5	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9
PCB-153	µg/kg TS	<5	<5	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9
PCB-180	µg/kg TS	<5	<5	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9
TCBT 21	µg/kg TS	15	44	20	35	14	12	11	6,1
TCBT 27	µg/kg TS	<5	12	<8,8	10	4,7	4,9	< 4,9	2
TCBT 28	µg/kg TS	<5	13	<8,8	12	4,7	< 4,8	< 4,9	2,4
TCBT 52	µg/kg TS	<5	6,6	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9
TCBT 74	µg/kg TS	<5	5,1	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9
TCBT 80	µg/kg TS	<5	5,9	<8,8	<10	< 4,3	< 4,8	< 4,9	< 1,9

		Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten
		20.11. - 18.12.17	18.12.17 15.01.18	15.01.- 13.02.18	13.02.- 19.03.18	19.03.- 25.04.18	25.4.- 22.05.18	22.05.- 26.06.18	26.06.- 31.07.18
PCB-28	µg/kg TS	9,1	8,2	8,1	9,2	<10	9,1	8,2	8,1
PCB-52	µg/kg TS	13	8,6	7,4	10	<10	13	8,6	7,4
PCB-101	µg/kg TS	<9	<5	<5	<10	<10	<9	<5	<5
PCB-118	µg/kg TS	<9	<5	<5	<10	<10	<9	<5	<5
PCB-138	µg/kg TS	<9	<5	<5	<10	<10	<9	<5	<5
PCB-153	µg/kg TS	<9	<5	<5	<10	<10	<9	<5	<5
PCB-180	µg/kg TS	<9	<5	<5	<10	<10	<9	<5	<5
TCBT 21	µg/kg TS	8,7	7,4	26	14	<10	8,7	7,4	26
TCBT 27	µg/kg TS	<9	<5	7,4	<10	<10	<9	<5	7,4
TCBT 28	µg/kg TS	<9	<5	7,1	<10	<10	<9	<5	7,1
TCBT 52	µg/kg TS	<9	<5	n.b.	n.b.	n.b.	<9	<5	n.b.
TCBT 74	µg/kg TS	<9	n.b.	12	<10	<10	<9	n.b.	12
TCBT 80	µg/kg TS	11	11	33	19	9,3	11	11	33

Zentrifuge und Kasten führen zu vergleichbaren Werten. Die mit dem Kasten gefundene Schwankungsbreite der PCB-Gehalte im Schwebstoff schließt die Befunde der Zentrifuge mit ein. Im Gegensatz zur Beprobung an der Einleitstelle in Ibbenbüren schwanken die Werte

stärker. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass in Ibbenbüren eine Vergleichmäßigung durch die Absetzbecken erfolgt.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalyse belegen, dass der Schwebstoffsammelkasten Partikel $< 63 \mu\text{m}$ sammelt. Die Verteilung entspricht dem Kasten in Ibbenbüren. Zwischen den einzelnen Probenahmen gibt es Variationen in der Verteilung $< 2 \mu\text{m}$ / $2-6,3 \mu\text{m}$ / $6,3-20 \mu\text{m}$ die vermutlich mit dem Schaltbetrieb der Pumpen in der Laufzeit zusammenhängen.

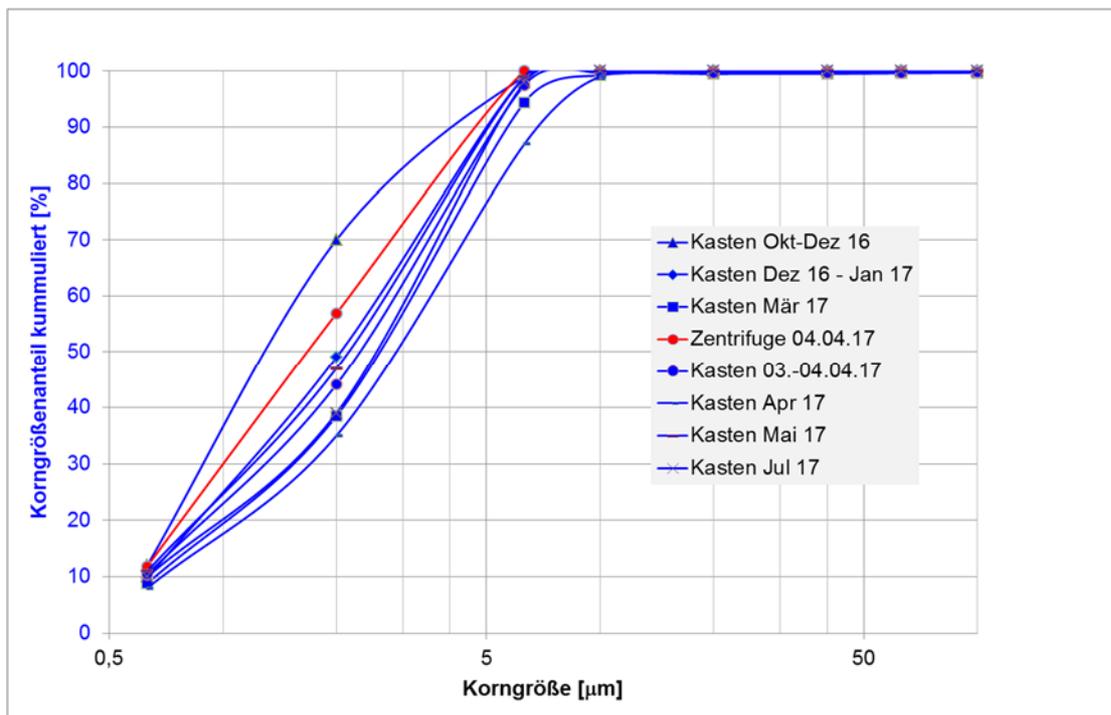


Abbildung 37: Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich (Prosper Haniel)

Weiter Ergebnisse aus der Inbetriebnahme des Schwebstoffsammelkastens finden sich im Datenanhang.

Prosper Haniel - Passivsammler



Abbildung 38: Einbringung des Korbes mit den Passivsammlern in die Emscher an der Einleitungsstelle Prosper Haniel

Die Passivsammler wurden in der Emscher direkt an der Einleitung des Grubenwassers ausgebracht. Die Zeiten sind in Tabelle 3 auf Seite 16 für alle Passivsammler zusammengefasst. Die hier erneut wiederholte Abbildung 9 zeigt, dass die Passivsammler an der Stelle mit der höchsten Fracht an PCB (aufgrund der hohen Schwebstoffmenge) die niedrigste Konzentration in der „gelösten“ Phase dokumentieren. Die hohe Verfügbarkeit von Schwebstoff mit Möglichkeit zur Adsorption von lipophilen Stoffen senkt offensichtlich die Gehalte an PCB in der Wasserphase.

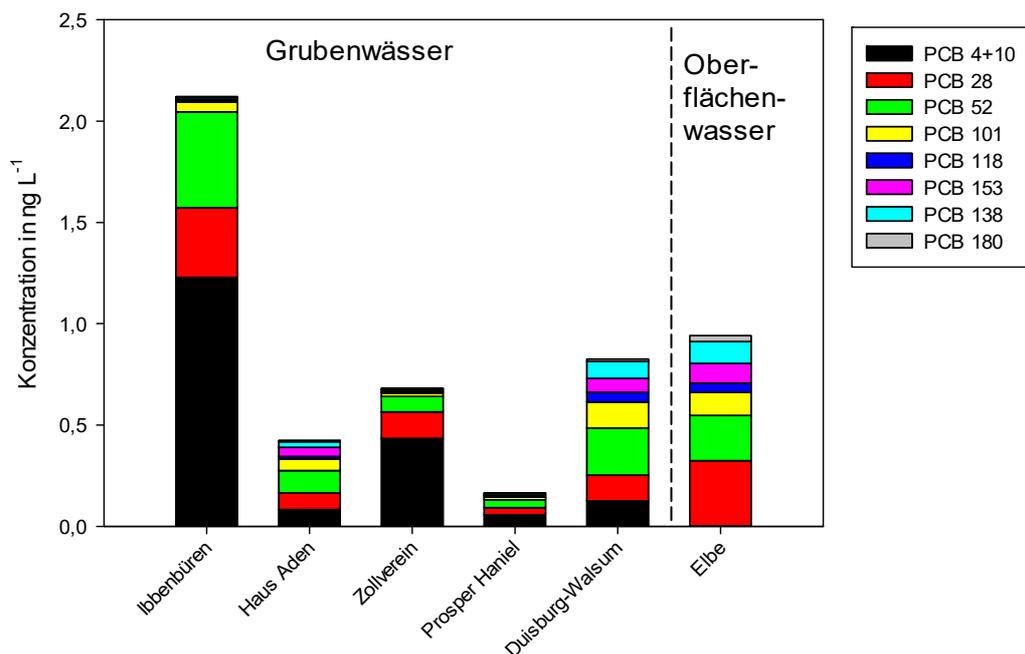


Abbildung 9: Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenerne in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].

Die Konzentrationen, die mit dem Passivsammler aus der Wasserphase gesammelt werden können, sind die niedrigsten Konzentrationen im Vergleich zu den anderen Grubenwässern. Dagegen sind die Werte, die sich aus der Umrechnung des Feststoffgehaltes von Zentrifugenschwebstoff ergeben, die höchsten im Vergleich der beprobten Grubenwässer. Daraus folgt einerseits, dass die aktive Zeche Prosper Haniel den größten Beitrag der PCB

Emissionen der Grubenwässer stellt, andererseits, dass bei hohem Schwebstoffanteil im Gewässer mit hoher Sorptionsfähigkeit die Konzentration des „gelösten“ PCB gering ist. Für den Gesamtgehalt an PCB im Wasser sind die Konzentrationen zu addieren, da die Passivsammler „gelöste“ PCB aus der Wasserphase aufnehmen, die Zentrifuge dagegen die an Partikeln gebundenen PCB abbildet. Die Grenze ist nicht scharf, da während der Probenahme Übergänge für PCB von gelöst nach adsorbiert möglich sind. Für die Schwebstoffe aus den Kästen lässt sich eine solche Rückrechnung nicht durchführen, da der Abscheidegrad des Kastens kleiner ist, als der der Zentrifuge.

Tabelle 20: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Prosper Haniel; Mittelwerte +/- Standardabweichungen

		Passivsammler	Zentrifuge
		10.10.2016 - 14.11.2016	11.03.2015 & 04.04.2017
PCB-28	ng/l	0,026 +/- 0,004	1,5 +/- 0.1
PCB-52	ng/l	0,028 +/- 0,005	0,82 +/- 0,26
PCB-101	ng/l	0,009 +/- 0,002	0,20 +/- 0,02
PCB-118	ng/l	0,004 +/- 0,001	0,17 +/- 0,04
PCB-138	ng/l	0,006 +/- 0,001	0,03
PCB-153	ng/l	0,004 +/- 0,001	0,02
PCB-180	ng/l	0,002 +/- 0,000	---

Prosper Haniel - Sedimente

Aus der Emscher im Umfeld der Einleitung Prosper Haniel konnte nur an einer Stelle unterhalb der Einleitung Sediment entnommen werden. Die Auswertung und Darstellung erfolgt deshalb zusammen mit der Betrachtung der Einleitung Zollverein.

Prosper Haniel – Bedeutung für das Gewässer

Die PCB Gehalte am Schwebstoff der Grubenwassereinleitung sind für PCB 28 und 52 höher als die PCB Gehalte am Schwebstoff der Emscher.

Tabelle 21: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Prosper Haniel mit den Mittelwerten der Emschermündung

		Prosper Haniel	Emschermündung
			Mittelwerte 2016
PCB-28	µg/kg TS	8 – 67	5,6
PCB-52	µg/kg TS	7 - 32	5,0
PCB-101	µg/kg TS	< 10	5,6
PCB-118	µg/kg TS	< 10	3,0
PCB-138	µg/kg TS	< 10	4,6
PCB-153	µg/kg TS	< 10	4,3
PCB-180	µg/kg TS	< 10	8,6

Der Gehalt an PCB haltigem Schwebstoff aus der Grubenwassereinleitung liegt bei max. 40 mg/l (Rückrechnung aus Zentrifugenprobenahme bei laufender Arbeit unter Tage), der Gesamtschwebstoffgehalt des Grubenwassers nach Standardanalytik liegt bei 200 mg/l¹⁷, da bei der Filtration Eisen ausfällt. Die Emscher ist in diesem Bereich nach wie vor Schmutzwasserlauf. Deshalb ist das typische PCB Muster der Grubenwassereinleitung an der Mündung von der PCB Verteilung in der Emscher überprägt. In der Emscher wird die höchste Konzentration für PCB 180 gefunden, in der Grubenwassereinleitung für PCB 28.

Die Fracht der Emscher betrug zwischen 0,01 und 0,044 kg/a PCB 28 und 0,069-0,39 kg/a in Summe der 7 PCB (Tabelle 13). Bei einer Grubenwassermenge von 3,3 Mio m³/a¹⁸ bei einem Gehalt von 40 mg/l mit der Zentrifuge abscheidbarem Schwebstoff mit maximal 67 µg/kg PCB 28 und ergibt sich eine Fracht von 9 g/a PCB 28 aus der Grubenwassereinleitung Haniel. Für die Summe der 7 PCB (150 µg/kg pessimal) ergibt sich eine Fracht von 20 g/a. Der Anteil der Grubenwassereinleitung Haniel an der Gesamtfracht der Emscher ist bei 25 % für PCB 28 und rund 5 % für die Summe 7 PCB.

¹⁷ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

¹⁸ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

Zollverein - Schwebstoffe



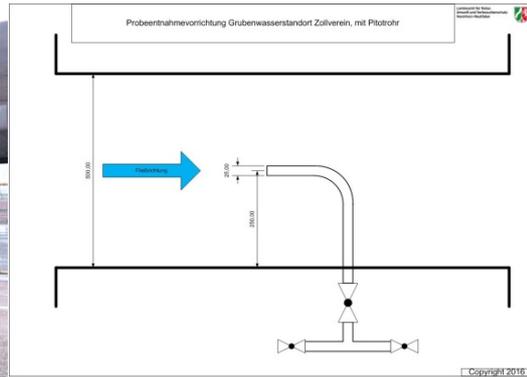
Abbildung 39: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Zollverein, Foto LANUV

Die Förderung des Grubenwassers Zollverein erfolgt über zwei getrennte Hebungen – Zollverein 2/12 und Matthias Stinnes – die druckabhängig geschaltet und untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert werden. Ein Grubenwasser ist stark Barium-haltig und das andere stark Sulfat-haltig. Die Trennung verhindert ein Ausfallen von Bariumsulfat (BaSO_4) in den Leitungen.

Die beiden Leitungen werden aus dem alten Förderschacht parallel durch das Gebäude geführt und hinter dem Gebäude unterirdisch weitergeführt.

In Vorbereitung der Probenahme mit der Zentrifuge im Jahr 2015 wurden seitens der RAG konstante Abflussbedingungen hergestellt. Die Probenahme erfolgte an den Stutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung benutzt wird. Das Grubenwasser wurde aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde. Die Einleitungsstelle in die Emscher ist für eine Zentrifugenprobenahme nicht zugänglich.

Für die Installation von Schwebstoffsammelkästen auf Zollverein waren Umbauarbeiten an den Rohrleitungen notwendig. Neben der Entnahme – über ein Pitot-Rohr in der Mitte des Druckrohres – war auch eine Rückführung des Kastenablaufes in die Druckrohrleitung notwendig. Entsprechende Skizzen zum Aufbau wurden vom LANUV im September 2016 erstellt. Die Umbauten wurden Ende Juli 2017 abgeschlossen. Der Sammelkasten am Strang Zollverein ist erstmals am 27.07.2017 in Betrieb gegangen, am Strang Matthias Stinnes waren noch Leckagen zu beseitigen. Die erste Inbetriebnahme erfolgte am 27.07.2017 bzw. 04.08.2017 wegen Leckagen. Die erste Probenentnahme erfolgte Ende Oktober 2017.



Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen

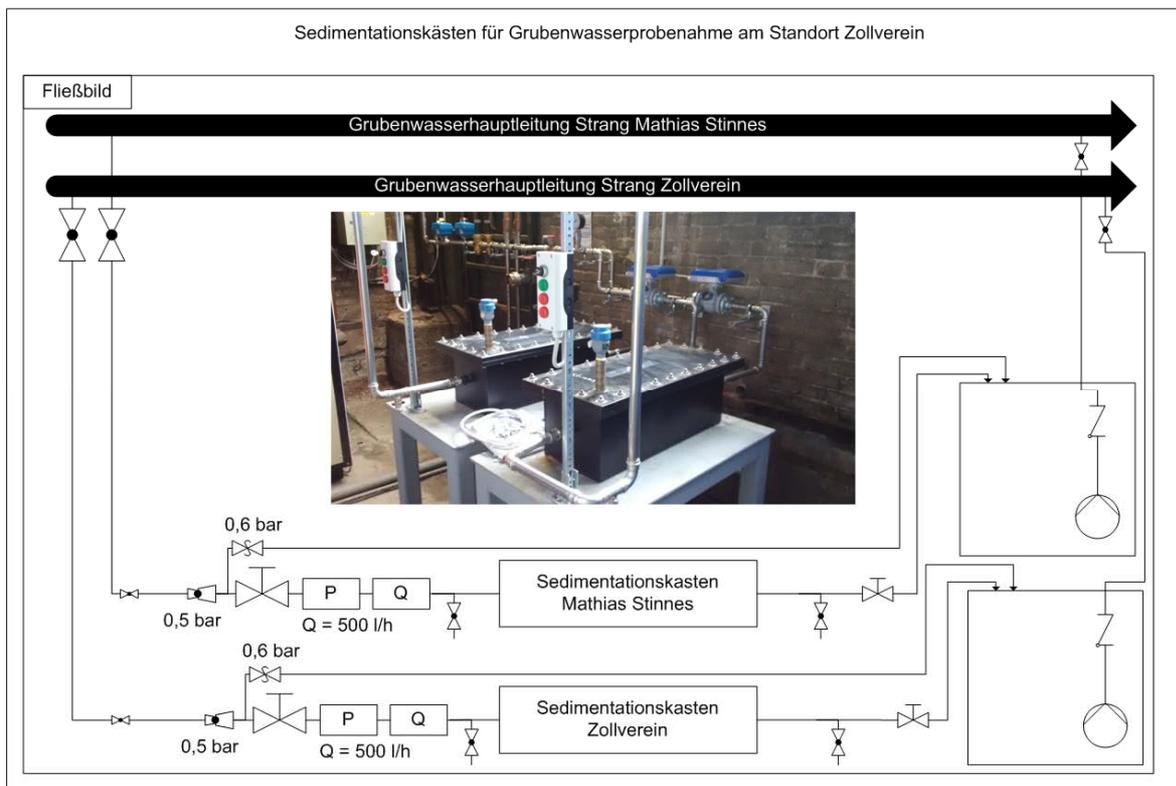


Abbildung 40: Bilder, Schema und Aufbau der zwei Schwebstoffsammelkästen auf Zollverein

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Zollverein liegen bezogen auf die Masse an Feststoff für die Kongenere 28 und 52 über der Umweltqualitätsnorm der OGewV. Die abgeschiedenen Massen sind gering (0,7 bzw. 2,2 mg/l) mit der Zentrifuge. Mit einer Konzentration von rund 18 mg/l Fe gehört Zollverein zu den Gruben mit dem höchsten Eisengehalt im Grubenwasser.

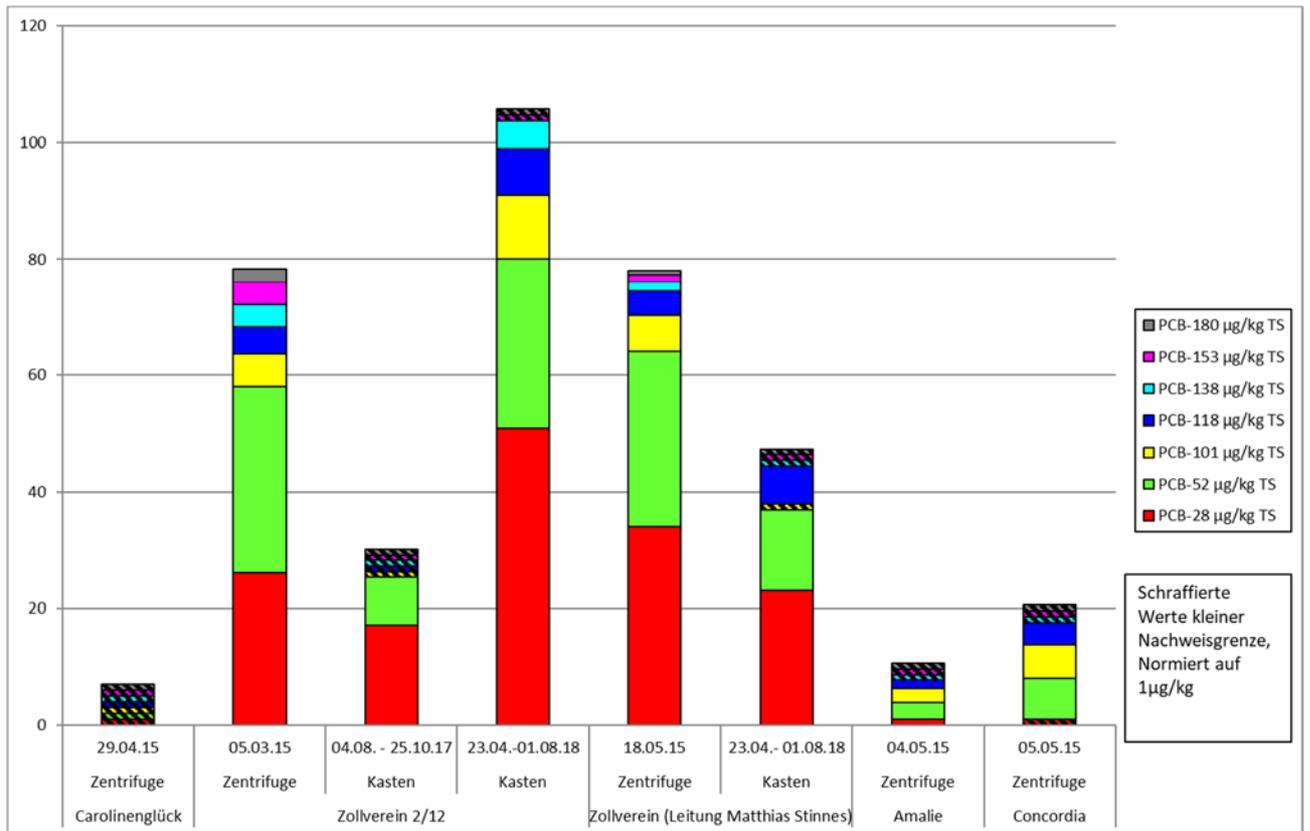


Abbildung 41: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen Carolinenglück, Zollverein, Amalie und Concordia Prosper Haniel

Tabelle 22: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Zollverein, Zentrifugenuntersuchungen LANUV 2015 und StUA Herten 2003 sowie Schwebstoffsammelkasten (Die Probe Zollverein Matthias Stinnes 04.08. - 25.10.17 war nicht auswertbar)

		StUA Herten	Zollverein 2/12	Zollverein 2/12	Zollverein 2/12	Zollverein M.Stinnes	Zollverein M.Stinnes
		Zentrifuge	Zentrifuge	Kasten	Kasten	Zentrifuge	Kasten
		2003 (3x)	05.03.15	27.07. - 25.10.17	23.04.- 01.08.18	18.05.15	23.04.- 01.08.18
PCB-28	µg/kg TS	390-840	26	17	51	34	23
PCB-52	µg/kg TS	190-350	32	8,2	29	30	14
PCB-101	µg/kg TS	54-80	5,7	< 5	11,0	6,2	<5
PCB-118	µg/kg TS	27-32	4,5	< 5	7,9	4,3	6,4
PCB-138	µg/kg TS	21-26	4,0	< 5	4,8	1,5	<5
PCB-153	µg/kg TS	16-18	3,8	< 5	<5	1,4	<5
PCB-180	µg/kg TS	11-15	2,3	< 5	<5	0,6	<5
TCBT 21	µg/kg TS		5,8	24	18	45	41
TCBT 27	µg/kg TS		<2,3	< 5	<5	11	11
TCBT 28	µg/kg TS		2,5	7	5,8	13	8
TCBT 52	µg/kg TS		<2,3	< 5	n.b.	12	n.b.
TCBT 74	µg/kg TS		4,6	< 5	<5	27	9
TCBT 80	µg/kg TS		7,4	< 5	19	60	40

Im Vergleich zur Untersuchung aus dem Jahr 2003 durch das StUA Herten ist die PCB-Konzentration im Schwebstoff deutlich geringer geworden (Faktor 10 für PCB 28). Auch damals war die gewinnbare Menge sehr gering (ca. 20 g in 7 h). Mit dem Kasten wurde bei der ersten Entnahme Schwebstoff geringerer Belastung gefunden.

Zollverein - Passivsammler



Abbildung 42: Einleitungsstelle der Grubenwässer von Zollverein in die Emscher

Die Passivsammler wurden in der Emscher direkt an der Einleitung des Grubenwassers ausgebracht. Die Zeiten sind in Tabelle 3 auf Seite 16 für alle Passivsammler zusammengefasst. Die hier erneut wiederholte Abbildung 9 zeigt, dass die Passivsammler für Zollverein neben den PCB 28 und PCB 52 eine noch größere Menge des weiter zu untersuchenden PCB 4 und/oder 10 aufweisen.

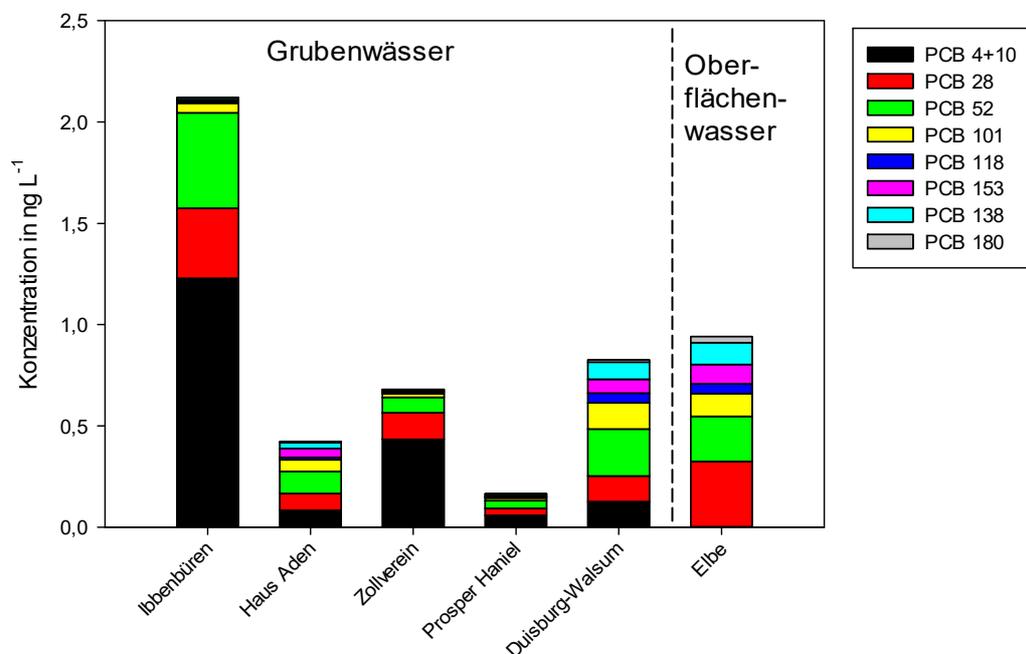


Abbildung 9: Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenerne in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].

Vergleicht man die über Passivsammler in der wässrigen Phase ermittelten PCB Konzentrationen mit einer Umrechnung der PCB am Schwebstoff unter Annahme der vollständigen Abtrennung des Schwebstoffes aus der zentrifugierten Wassermenge, erhält man für die mit dem Schwebstoff transportierten Konzentrationsanteil niedrigere Werte. Dies bedeutet, dass bei niedrigen Schwebstoffmengen der Transport über die Wasserphase relevanter wird. Für den Gesamtgehalt an PCB im Wasser sind die Konzentrationen zu addieren, da die Passivsammler „gelöste“ PCB aus der Wasserphase aufnehmen, die Zentrifuge dagegen die an Partikeln gebundenen PCB abbildet. Die Grenze ist nicht scharf, da während der Probenahme Übergänge für PCB von gelöst nach adsorbiert möglich sind.

Tabelle 23: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Prosper Haniel Mittelwerte +/- Standardabweichungen

		Passivsammler 10.10.2016 - 14.11.2016	Zentrifuge	
			ZV ½ 05.03.2015	Matthias Stinnes 18.05.2015
PCB-28	ng/l	0,131 +/- 0,022	0,018	0,074
PCB-52	ng/l	0,076 +/-0,014	0,022	0,065
PCB-101	ng/l	0,017 +/-0,003	0,004	0,013
PCB-118	ng/l	0,007 +/-0,002	0,003	0,009
PCB-138	ng/l	0,008 +/-0,002	0,003	0,003
PCB-153	ng/l	0,007 +/-0,001	0,003	0,003
PCB-180	ng/l	<0,001 +/-0,001	0,002	0,001

Zollverein – Sedimente

Da aus der Emscher im Umfeld der Einleitung Prosper Haniel nur an einer Stelle unterhalb der Einleitung Sediment entnommen werden konnte, erfolgt die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse hier zusammen mit der Betrachtung der Einleitung Zollverein.

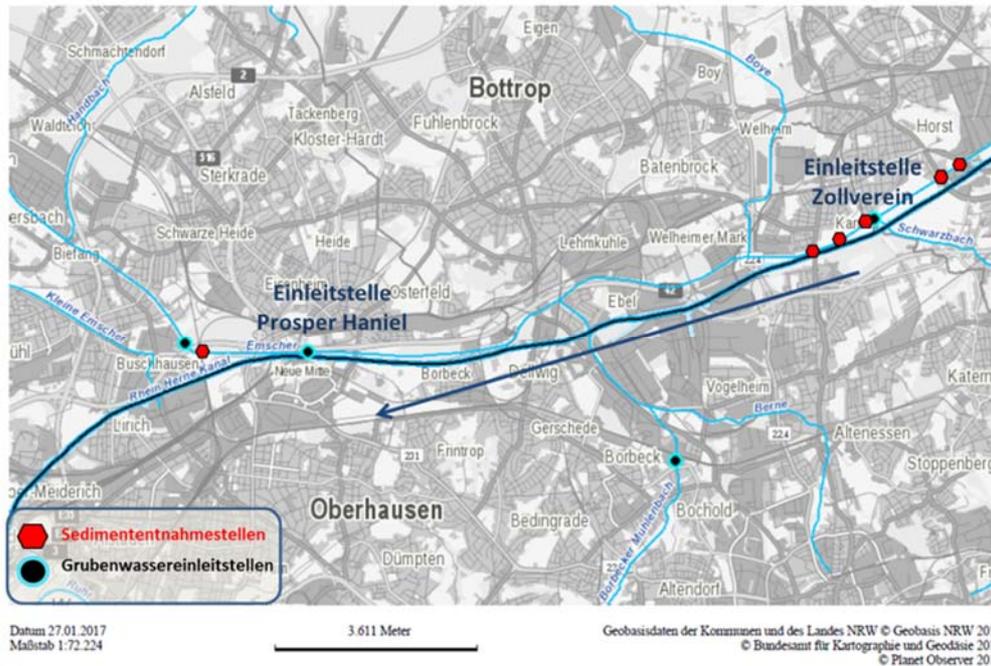


Abbildung 43: Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Zollverein und Prosper Haniel [BfG]



Abbildung 44: Bilder der Sedimententnahme im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Zollverein und Prosper Haniel

Die Probenahme in der Emscher stellte eine besondere Herausforderung dar, da der untersuchte Gewässerabschnitt ein oberirdischer Abwasserkanal und kein natürliches Fließgewässer ist. Durch zahlreiche Einträge aus Kläranlagen in die Emscher konnte an mehreren Stellen kein natürliches Sediment sondern nur Reste von Zellstoff sowie möglicherweise Fäkalienrückstände entnommen werden, die nicht weiter aufgearbeitet werden konnten. Auch rochen die Emscherproben intensiv nach Fäkalien. Dementsprechend mussten bei der Probenahme und Aufarbeitung der Sedimente besondere hygienische Maßnahmen getroffen werden. Darüber hinaus ist der untersuchte Abschnitt der Emscher kanalisiert und die Umgebung stark verbaut, wodurch der Zugang zum Gewässer enorm

erschwert wurde. Hier waren meist nur Probenahmen von Brücken aus möglich. Daher sind die Ergebnisse nicht so eindeutig wie an den anderen untersuchten Fließgewässern [BfG].

In der Abbildung 45 sind die PCB-Konzentrationen in der Emscher nahe der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel dargestellt. Die PCB-Konzentrationen (bezogen auf TS; Summe 7 Indikator-PCB plus PCB 4 und /oder 10) waren mit etwa 200 und 170 µg/kg TS¹⁹ an der Einleitungsstelle Zollverein bzw. unterhalb von Prosper Haniel am höchsten. An den übrigen Probenahmestandorten in der Emscher lagen die Konzentrationen mindestens um das 5-fache niedriger (max. 43 µg/kg TS Summe aller untersuchten PCB-Kongenere ca. 700 m stromaufwärts der Einleitungsstelle Zollverein). Im Gegensatz zu den untersuchten Einleitungsstellen in der Ibbenbürener Aa und der Lippe unterschied sich das PCB-Profil an der Einleitungsstelle Zollverein und unterhalb der Einleitungsstelle Prosper Haniel nicht offensichtlich von denen der anderen Probenahmestandorte in der Emscher.

Aufgrund des außergewöhnlich hohen TOC-Gehaltes waren die TOC-normierten PCB-Konzentrationen an der Einleitungsstelle Zollverein mit etwa 1000 µg/kg TOC in der gleichen Größenordnung wie ober- und unterhalb dieser Einleitungsstelle. Im Gegensatz dazu waren die Werte unterhalb der Einleitungsstelle Prosper Haniel mit etwa 5300 µg/kg TOC mindestens um das 5-fache höher als an allen anderen Standorten. Da in Prosper Haniel noch aktiv Bergbau betrieben wird, enthält das Grubenwasser im Vergleich zu anderen Grubenwässern große Mengen an Schwebstoff. Die hohe Schwebstofffracht aus der Grube Prosper Haniel könnte sich an und stromab der Einleitungsstelle in der Emscher ablagern und so auch zu den erhöhten PCB-Werten unterhalb von Prosper Haniel beitragen [BfG].

Für die Betrachtung der Emscher ist die Betrachtung der TOC normierten PCB Konzentrationen besonders relevant. Die organische Fracht der Emscher überdeckt mit ihrer diffusen PCB-Belastung die Auswirkungen der Einleitung Zollverein selbst am Ort der Einleitung. Hier sind die ausgetragenen Massen des Kohle/Eisengemisches mit bergbaubürtigen PCB gering. Die hohe Schwebstofffracht der noch aktiven Grube Prosper vermag das Sediment der Emscher jedoch einige hundert Meter weit zu prägen. Die Verteilung der PCB im Emschersediment unterhalb Prosper weisen jedoch darauf hin, dass an dem kohlehaltigen Material weiter in der Emscher vorhandene PCB Komponenten adsorbieren. Diese Aussage passt auch zu den vergleichsweise niedrigen Befunden, die mit den Passivsammlern für die freie Wasserphase ermittelt wurden.

¹⁹ Erläuterungen zu Einheit µg (PCB) / kg TOC in Kapitel V

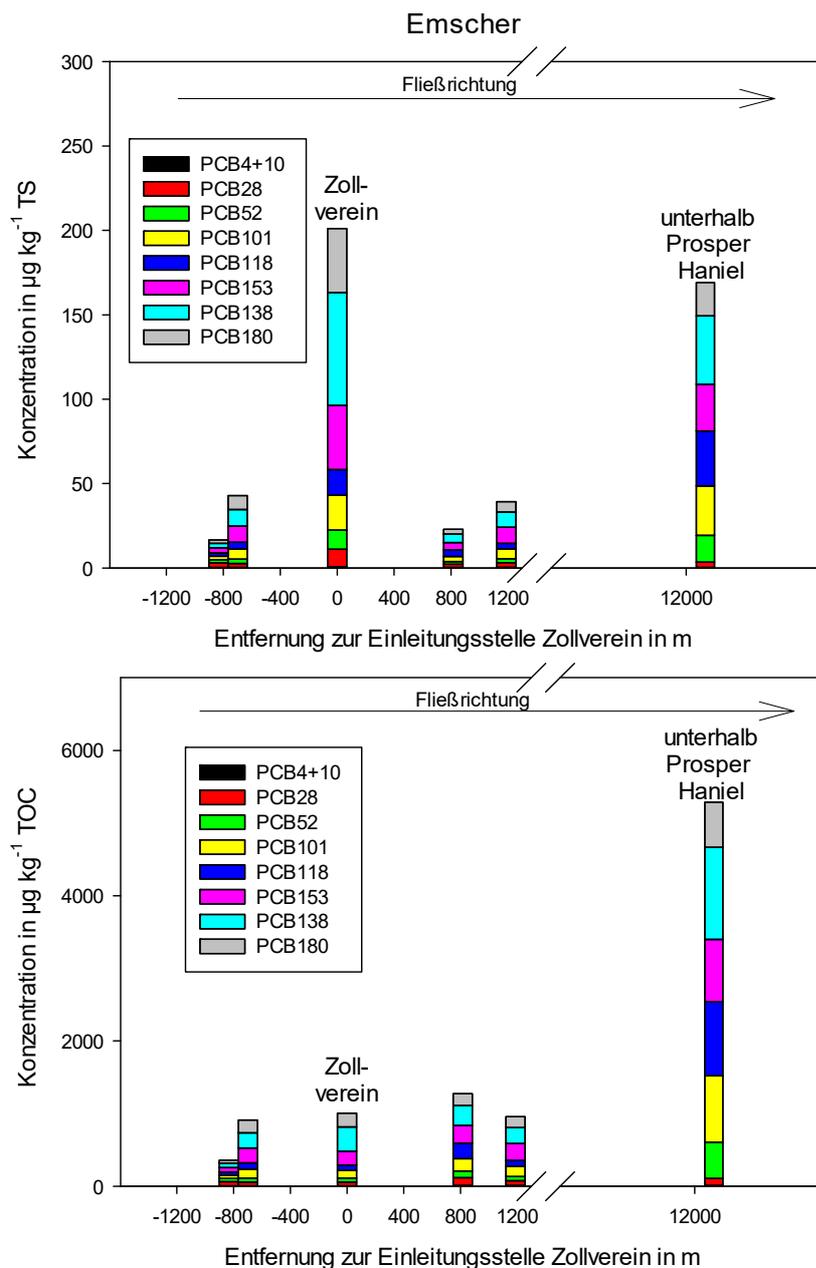


Abbildung 45: Konzentrationen der PCB-Kongenere in $\mu\text{g/kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g/kg}$ TOC (unten) in der Emscher in der Nähe der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel

Wie Abbildung 46 zeigt, waren die Konzentrationen (bezogen auf TS) der PCB 4 und/oder 10 an der Einleitungsstelle Zollverein mit $0,8 \mu\text{g/kg}$ TS mindestens um den Faktor 2 höher als an allen anderen Standorten. Unterhalb der Einleitungsstelle Prosper Haniel lagen die Werte in der gleichen Größenordnung wie unterhalb der Einleitungsstelle Zollverein. Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Grubenwässern wurden in der Emscher auch stromauf der Einleitungsstellen PCB 4 und/oder 10 nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass es in der Emscher noch eine weitere Quelle für diese PCB-Kongenere gibt.

Die TOC-normierten Konzentrationen der PCB 4 und/oder 10 waren unterhalb der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel mit max. 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC um etwa den Faktor 2 höher als an der Einleitungsstelle Zollverein sowie stromauf der Einleitungsstelle Zollverein. Aufgrund des ungewöhnlich hohen TOC-Gehaltes der Probe von der Einleitungsstelle Zollverein waren die TOC-normierten Konzentrationen an PCB 4 und/oder 10 an diesem Standort nicht höher als an den anderen Probenahmestellen in der Emscher [BfG].

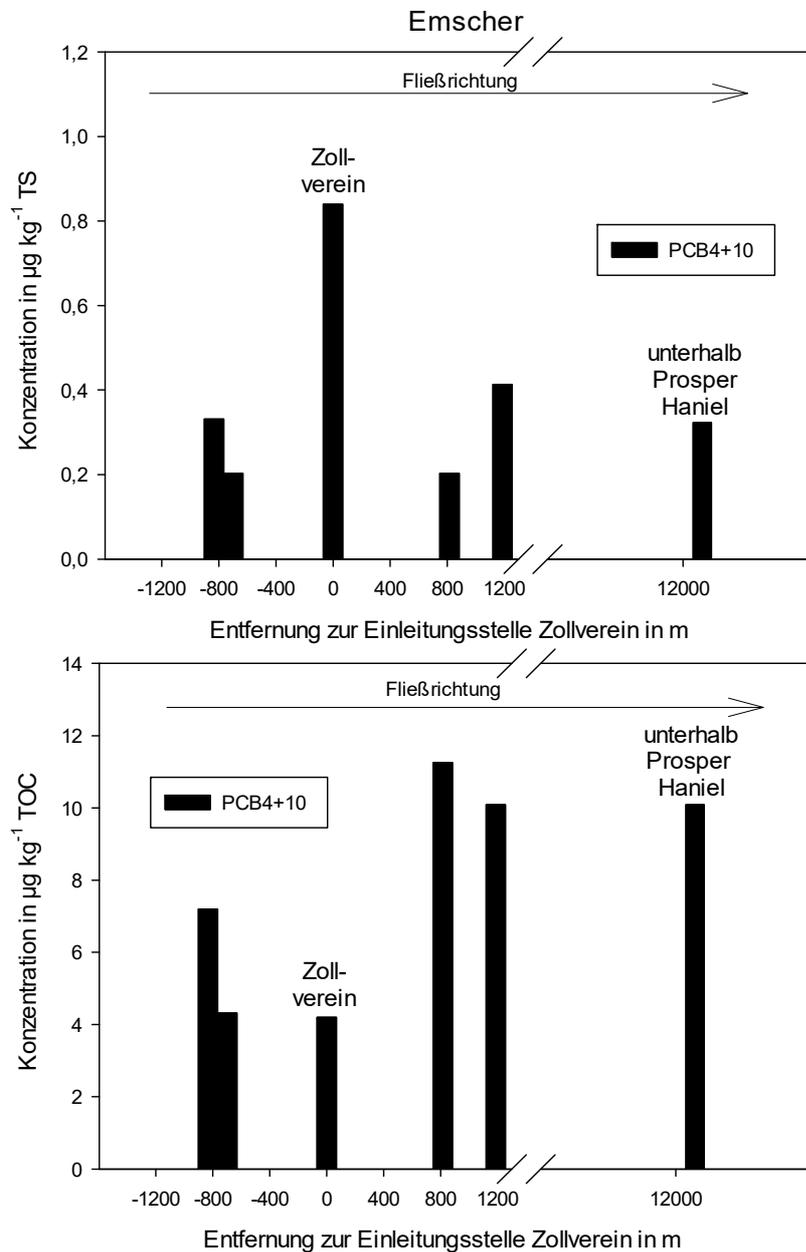


Abbildung 46: Konzentrationen der PCB 4 und/oder 10 in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Emscher in der Nähe der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel

Zollverein – Bedeutung für das Gewässer

Die PCB Gehalte am Schwebstoff der Grubenwassereinleitung sind für PCB 28 und 52 höher als die PCB Gehalte am Schwebstoff der Emscher.

Tabelle 24: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Zollverein mit den Mittelwerten der Emschermündung

		Zollverein	Emschermündung
		2015	Mittelwerte 2016
PCB-28	µg/kg TS	26 – 34	5,6
PCB-52	µg/kg TS	30 - 32	5,0
PCB-101	µg/kg TS	5,7 – 6,2	5,6
PCB-118	µg/kg TS	4,3 - 4,5	3,0
PCB-138	µg/kg TS	1,5 – 4	4,6
PCB-153	µg/kg TS	1,4 – 3,8	4,3
PCB-180	µg/kg TS	0,6 – 2,3	8,6

Der Gehalt an PCB haltigem Schwebstoff aus der Grubenwassereinleitung liegt bei max. 2,2 mg/l (Rückrechnung aus Zentrifugenprobenahme), der Gesamtschwebstoffgehalt des Grubenwassers nach Standardanalytik liegt bei 123 mg/l²⁰, da bei der Filtration Eisen ausfällt. Die Emscher ist in diesem Bereich nach wie vor Schmutzwasserlauf. Deshalb ist das typische PCB Muster der Grubenwassereinleitung unterhalb der Einleitung von der PCB Verteilung in der Emscher überprägt.

Die Fracht der Emscher betrug zwischen 0,01 und 0,044 kg/a PCB 28 und 0,069-0,39 kg/a in Summe der 7 PCB (Tabelle 13). Bei einer Grubenwassermenge von 7,1 Mio m³/a²¹ und einem Gehalt von maximal 2,2 mg/l (Stinnes) mit der Zentrifuge abscheidbarem Schwebstoff mit maximal 34 µg/kg PCB 28 (Stinnes) ergibt sich eine Fracht von 524 mg/a PCB 28 aus der Grubenwassereinleitung Zollverein. Für die Summe der 7 PCB (107,5 µg/kg, jeweils Maximalwert) ergibt sich eine Fracht von 1700 mg/a. Der Anteil der Grubenwassereinleitung Zollverein an der Gesamtfracht der Emscher ist < 5 % für PCB 28 und < 3 %. Im „Sediment“ der Emscher finden sich an den Einleitstellen zwar hohe PCB Gehalte, aber in anderer Verteilung als im Grubenwasser. Das bedeutet, dass die adsorptiv potenten Partikel des Grubenwassers, die in der Emscher transportierten PCB binden und sich absetzen.

²⁰ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

²¹ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

Carolinenglück



Abbildung 47: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Carolinenglück, Foto links LANUV, rechts RAG

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über ein Steigrohr, das untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert wird. Das Grubenwasser enthält rund 15 mg/l Eisen²², welches die Angabe des PCB Messwertes in mg/kg Feststoff beeinflusst. An der Einleitstelle ist das Grubenwasser bereits mit Emscherwasser vermischt. Die Probenahme mit der Zentrifuge in 2015 erfolgte – wie die Probenahme für die Selbstüberwachung – an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung benutzt wird. Dazu wurde das Grubenwasser aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

Im Grubenwasser der Zeche Carolinenglück konnten keine PCB nachgewiesen werden. Das ausfallende Eisen behindert die Probenahme stark, die Zentrifuge war nach 1,5 Betriebsstunden defekt (Lagerschaden). Alternativ kann als Bewertungsgrundlage für den PCB-Gehalt in eisenhaltigen Grubenwässern die Relation der gefundenen PCB-Gesamtmasse zum zentrifugierten Wasservolumen dienen.

Die Ergebnisse aus 2015 finden sich in Tabelle 25. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

²² Selbstüberwachung RAG 2014

Amalie



Einleitung in den Borbecker Mühlenbach

Abbildung 48: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Amalie, Foto LANUV (links) und RAG (rechts)

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über ein Steigrohr, das untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert wird. Das Grubenwasser enthält nur etwa 1 mg/l Eisen²³. Die Einleitstelle ist für die Probenahme mittels Zentrifuge weder erreichbar noch geeignet. Die Probenahme erfolgte – wie die Probenahme für die Selbstüberwachung – an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung benutzt wird. Dazu wurde das Grubenwasser aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Amalie liegen bezogen auf die Masse an Feststoff unterhalb der Umweltqualitätsnorm der OGewV, sowohl bei der Zentrifugenprobe des LANUV im Jahr 2015 als auch einer Untersuchung durch das StUA Herten im Jahr 2003. Die Ergebnisse aus 2015 finden sich in Tabelle 25. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Concordia



Abbildung 49: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Concordia, Fotos LANUV

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über 3 Rohre von denen i.d.R. eines genutzt ist. Alle Rohre werden untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert. Das

²³ Selbstüberwachung RAG 2014

Grubenwasser enthält rund 13 mg/l Eisen²⁴ und wird ohne weitere Behandlung in die Emscher eingeleitet. Der hohe Eisengehalt führt zu den o.g. Problemen bei Probenahme und Bewertung der Messergebnisse, die sich auf die Gesamtmasse des abgetrennten Feststoffes beziehen. Die Probenahme erfolgte – wie die Probenahme für die Selbstüberwachung – an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung benutzt wird. Dazu wurde das Grubenwasser aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Concordia liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen unterhalb der UQN der OGewV. Die Masse des abgeschiedenen Feststoffes ist jedoch abhängig von dem Anteil des abgeschiedenen Eisens. Die Ergebnisse aus 2015 finden sich in Tabelle 25. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Tabelle 25: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen Carolinenglück, Concordia und Amalie

		Carolinenglück	Concordia	Amalie	Amalie (StUA Herten)
		29.04.15	05.05.15	04.05.15	2003
PCB-28	µg/kg TS	<1,1	<2,8	1,1	<3,0
PCB-52	µg/kg TS	<1,1	7	2,8	3,2
PCB-101	µg/kg TS	<1,1	5,8	2,3	<3,0
PCB-118	µg/kg TS	<1,1	3,7	1,4	<3,0
PCB-138	µg/kg TS	<1,1	<2,8	<1,1	<3,0
PCB-153	µg/kg TS	<1,1	<2,8	<1,1	<3,0
PCB-180	µg/kg TS	<1,1	<2,8	<1,1	<3,0
TCBT 21	µg/kg TS	<2,2	7,5	2,9	
TCBT 27	µg/kg TS	<2,2	<5,6	<2,2	
TCBT 28	µg/kg TS	<2,2	<5,6	<2,2	
TCBT 52	µg/kg TS	<2,2	<5,6	<2,2	
TCBT 74	µg/kg TS	<2,2	<5,6	<2,2	
TCBT 80	µg/kg TS	<2,2	12	4,5	

²⁴ Selbstüberwachung RAG 2014

Carolinenglück, Amalie und Concordia - Bedeutung für das Gewässer

Für das Grubenwasser der Zeche Carolinenglück ergeben sich aus den Zentrifugenuntersuchungen des LANUV PCB Konzentrationen von $< 2 \text{ ng/m}^3$ Wasser.

Auch die von Amalie in die Emscher eingetragene Konzentration bezogen auf die Wasserphase ist aufgrund der geringen Schwebstoffmenge sehr klein: $1\text{-}3 \text{ ng/m}^3$ Wasser errechnet aus der Zentrifugenprobe.

Für das Grubenwasser der Zeche Concordia ergeben sich aus den Zentrifugenuntersuchungen des LANUV PCB Konzentrationen von $3\text{-}6 \text{ ng/m}^3$ Wasser. Die OGeWV nennt für die Wasserphase eine UQN von 500 ng/m^3 .

Eine Umrechnung auf Frachten erfolgt aufgrund der niedrigen Befunde hier nicht.

VII.2.2. Einzugsgebiet Lippe

Tabelle 26: Messstellen im Einzugsgebiet der Lippe

Grubenwassereinleitungen	Gewässerüberwachung
Ost / Haus Aden (4)	Wesel (5)
Auguste Victoria (7)	unterhalb Sickingmühlenbach (6)
Fürst Leopold (8) (Betrieb ruht)	unterhalb Sesequemündung – Lippe km 95 (1)
	unterhalb Einleitung Schering – Lippe km 105 (2)
	Lippborg – „Referenzmessstelle“ (3)

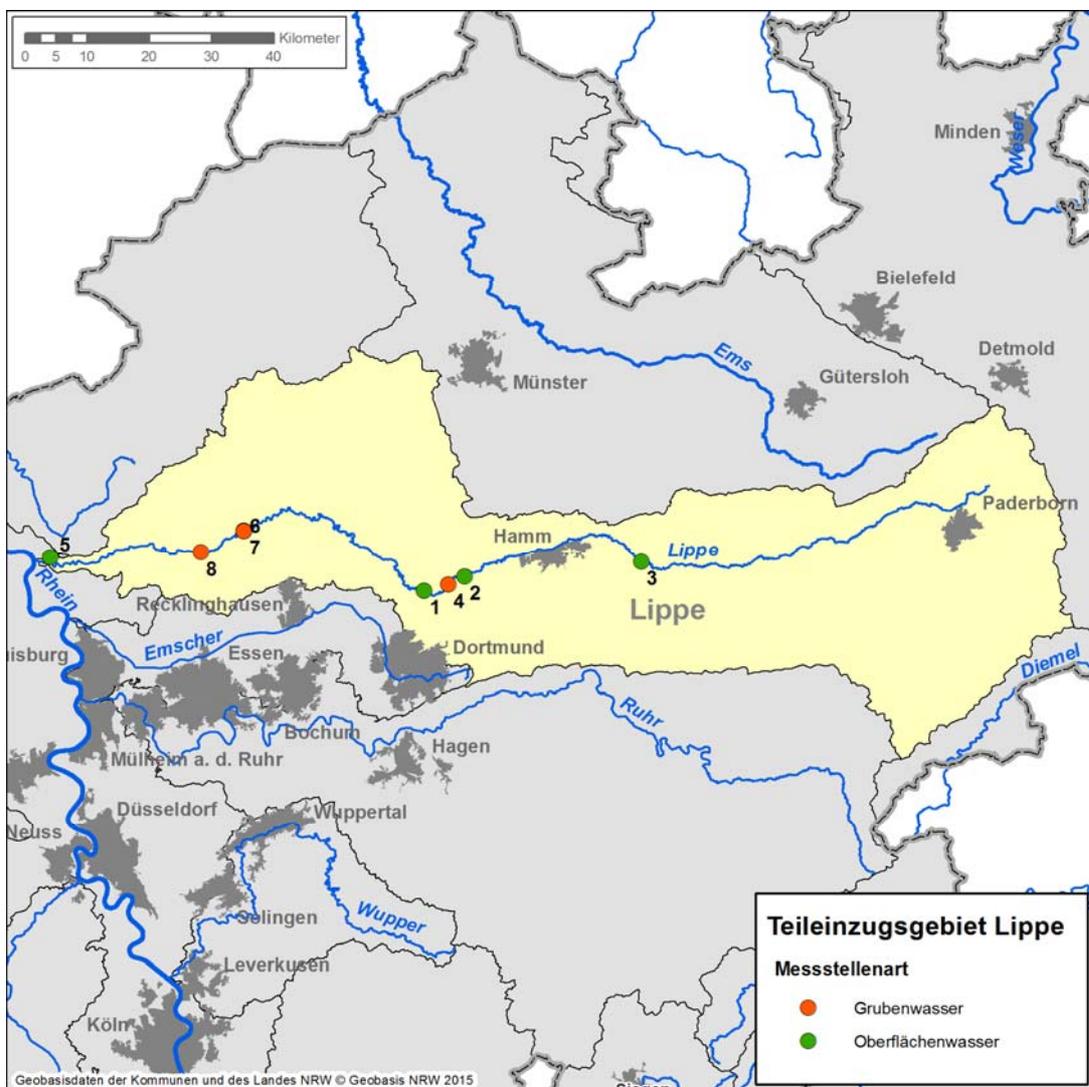


Abbildung 50: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Lippe

An der Lippe werden derzeit noch Grubenwässer über die Wasserhaltungen der Standorte Auguste Victoria und Bergwerk Ost (Haus Aden) unmittelbar in die Lippe eingeleitet. Bis zum

Juni 2013 erfolgte außerdem noch eine Einleitung im Raum Hamm über die Wasserhaltung des Standortes Heinrich Robert. Die Wasserhaltung Fürst Leopold ruht seit 2006 und wird ggfs. nur in den Jahren 2016/17 temporär zum Schutz des Grubengebäudes des Ende 2015 stillzulegenden Bergwerkes Auguste Victoria wieder in Betrieb genommen.

Tabelle 27: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Lippemündung bei Wesel, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS (keine Proben 2016)

		Lippe bei Wesel				
		2012	2013	2014	2015	2017
PCB-28	µg/kg TS	7,0	9,1	8,3	5,5	5,1
PCB-52	µg/kg TS	6,0	9,3	6,7	4,5	4,1
PCB-101	µg/kg TS	5,0	7,2	5,5	3,7	3,5
PCB-118	µg/kg TS	4,7	7,4	6,5	3,9	3,4
PCB-138	µg/kg TS	5,4	8,7	7,2	5,2	4,4
PCB-153	µg/kg TS	6,6	8,9	7,5	5,0	5,2
PCB-180	µg/kg TS	4,6	6,4	5,2	3,3	3,2

Die Überwachung des Einzugsgebietes der Lippe erfolgt an der Überblicksmessstelle Wesel an der Mündung in den Rhein (Nr. 006002), an welcher seit Jahren Gewässerschwebstoffe auf Indikator-PCB untersucht werden. Im Oberlauf der Lippe unterhalb der ehemaligen Einleitungsstelle des Standortes Heinrich Robert wurden in den Jahren 2009 bis 2011 an der Messstelle „uh. Einleitungsstelle Schering“ (Nr. 885860) bei Lippe-Km 105,3 Überschreitungen für die PCB-Kongenere 28, 52, 153 beobachtet. Die festgestellten Überschreitungen (maximale Werte (2009): PCB 28 - 37 µg/kg, PCB 52 – 44 µg/kg, PCB 153 – 67 µg/kg) waren allerdings bereits an der nächsten 10 km unterhalb liegenden Messstelle „uh. Sesekemündung“ (Nr. 515103) nicht mehr zu beobachten; PCB 153 ist auch nicht bergbautypisch. Im Jahr 2010 und 2012 wurden an keiner dieser Messstellen Überschreitungen der Umweltqualitätsnorm festgestellt. Trotzdem wurde zur Überprüfung im Längsverlauf der Lippe neben der Messstelle „uh. Einleitung Schering“ auch an zwei weiteren Messstellen unterhalb der Grubenwassereinleitungen der Wasserhaltungen Ost (Haus Aden) und Auguste Victoria im ersten Quartal 2015 untersucht. Die Vorbelastung der Lippe wurde an der Messstelle Lippborg (Nr. 614208) oberhalb der aktuellen und ehemaligen Grubenwassereinleitungsstellen untersucht.

Die Untersuchungen der Lippe zeigen PCB-Konzentrationen, die im Bereich von ¼ der UQN liegen. Zwar steigen die gemessenen Konzentrationen im Längsverlauf der Lippe tendenziell an, dieser Anstieg ist jedoch für alle Kongenere etwa gleich, unabhängig davon, ob sie in den aktuell eingeleiteten Grubenwässern nachgewiesen werden oder nicht. Damit kann ein direkter Zusammenhang zu den aktuellen Einleitungen nicht hergestellt werden, sondern es ist anzunehmen, dass die aktuell messbare Belastung im Gewässer im Wesentlichen auf die „historische“ Belastung der Flusssedimente, die sukzessive zur Mündung transportiert werden, zurückgeht.

Tabelle 28: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV im Lippe-Einzugsgebiet 2015

		Lippe			
		uh. Sicking- mühlenbach	uh. Sesekemdg.	uh. Einleitung Schering	bei Lippborg
		24.02.15	23.03.15	20.03.15	24.03.15
PCB-28	µg/kg TS	7	4,3	<3,0	<1,1
PCB-52	µg/kg TS	6,1	4	<3,0	<1,1
PCB-101	µg/kg TS	4,5	2,5	<3,0	<1,1
PCB-118	µg/kg TS	4	2,5	<3,0	<1,1
PCB-138	µg/kg TS	6,1	4,3	<3,0	2,9
PCB-153	µg/kg TS	5	3,7	<3,0	2,7
PCB-180	µg/kg TS	4,4	2,1	<3,0	2,0
TCBT 21	µg/kg TS	3,7	3	<6	<1,1
TCBT 27	µg/kg TS	1,7	<1,9	<6	<1,1
TCBT 28	µg/kg TS	1	<1,9	<6	<1,1
TCBT 52	µg/kg TS	<1,0	<1,9	<6	<1,1
TCBT 74	µg/kg TS	3,5	2,2	<6	<1,1
TCBT 80	µg/kg TS	4,1	3,5	<6	<1,1

Haus Aden - Schwebstoffe



Abbildung 51: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Haus Aden, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über ein Steigrohr, das untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert wird. Das geförderte Grubenwasser enthält nur rund 0,5 mg/l Eisen²⁵ und ganz geringe Partikelmengen, da unter Tage eine Fe-Fällung stattfindet. Es riecht nach Schwefelwasserstoff (H₂S, faule Eier) und ein weißer Niederschlag aus kolloidalem Schwefel ist sichtbar. Vor der Einleitung in die Lippe wird deshalb Wasserstoffperoxid (H₂O₂)

²⁵ Selbstüberwachung RAG 2014

dosiert und Schwefel in Sulfat überführt. Die Probenahmestelle liegt vor der H₂O₂-Dosierung an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung aktuell benutzt wird (Abbildung 52 „Wassersack“). Eine Probenahme am Vorfluter wäre bei Niedrigwasser möglich. Das Grubenwasser wurde im Mai 2015 aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

Im Anschluss an die Probenahmeserie im Mai 2015, die mit dem Schwerpunkt alle Einleitungen in kurzer Zeit einmal zu untersuchen, durchgeführt wurde, erfolgte der Umbau einer der LANUV Zentrifugen, um eine Langzeitprobenahme realisieren zu können. Dazu war der Eintrag von Sauerstoff während der Probenahme zu vermeiden. Mit einer Spezialanfertigung wurde der Zentrifugeneinlauf direkt mit dem Stutzen am Steigrohr verbunden und über Strömungs- und Druckkontrollen ein sicherer Betrieb der Zentrifuge über die untertägige Grubenwasserpumpe ermöglicht. Eine Versorgung der Lager der Zentrifugen mit Fett während des Betriebes war ebenfalls sicherzustellen. Die Langzeitprobenahme erfolgt an Haus Aden, da

- bei der ersten Messung PCB im Feststoff mit einer Konzentration oberhalb 20 µg/kg gefunden wurden;
- eine untertägige Eisenfällung die Belastung der Zentrifuge gering hält;
- Haus Aden im Versatzgutachten genauer betrachtet wurde;
- ein gesichertes Gelände einen mehrtägigen Betrieb ermöglicht.

Die mit der umgebauten Zentrifuge gewonnene Masse an Schwebstoff betrug 0,6 – 0,8 g/m³ Grubenwasser und war damit nur noch halb so hoch, wie bei der Probenahme im Mai. Die Ergebnisse der PCB Messungen zeigen konsistente Befunde zur Kurzzeitmessung vom Mai durch das LANUV. Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Haus Aden liegen bezogen auf die Masse an Feststoff für PCB 28 und PCB 52 oberhalb der UQN der OGewV. Eine Abscheidung von frisch ausgefallenem Eisen findet nur in geringem Maß statt. Die Masse des abgeschiedenen Feststoffes ist insgesamt extrem gering.

Zwischen dem 23.12.2016 und dem 02.01.2017 erfolgte auf dem RAG Wasserhaltungsstandort Haus Aden der Aufbau des Sedimentationskastens zur Schwebstoffprobenahme aus dem dort geförderten Grubenwasser. Die Entnahmestelle für den Kasten liegt vor der Entnahmestelle der amtlichen Überwachung. Über ein Pitot-Rohr wird Grubenwasser aus der Mitte der Druckrohrleitung mit der Fließrichtung entnommen. Damit wurde eine Vorgabe der MULNV eingerichteten Ad-hoc Arbeitskreises umgesetzt. Die Rückführung in die Druckrohrleitung erfolgt am Ort der amtlichen Probenahmestelle in Intervallen aus dem Pufferbehälter.

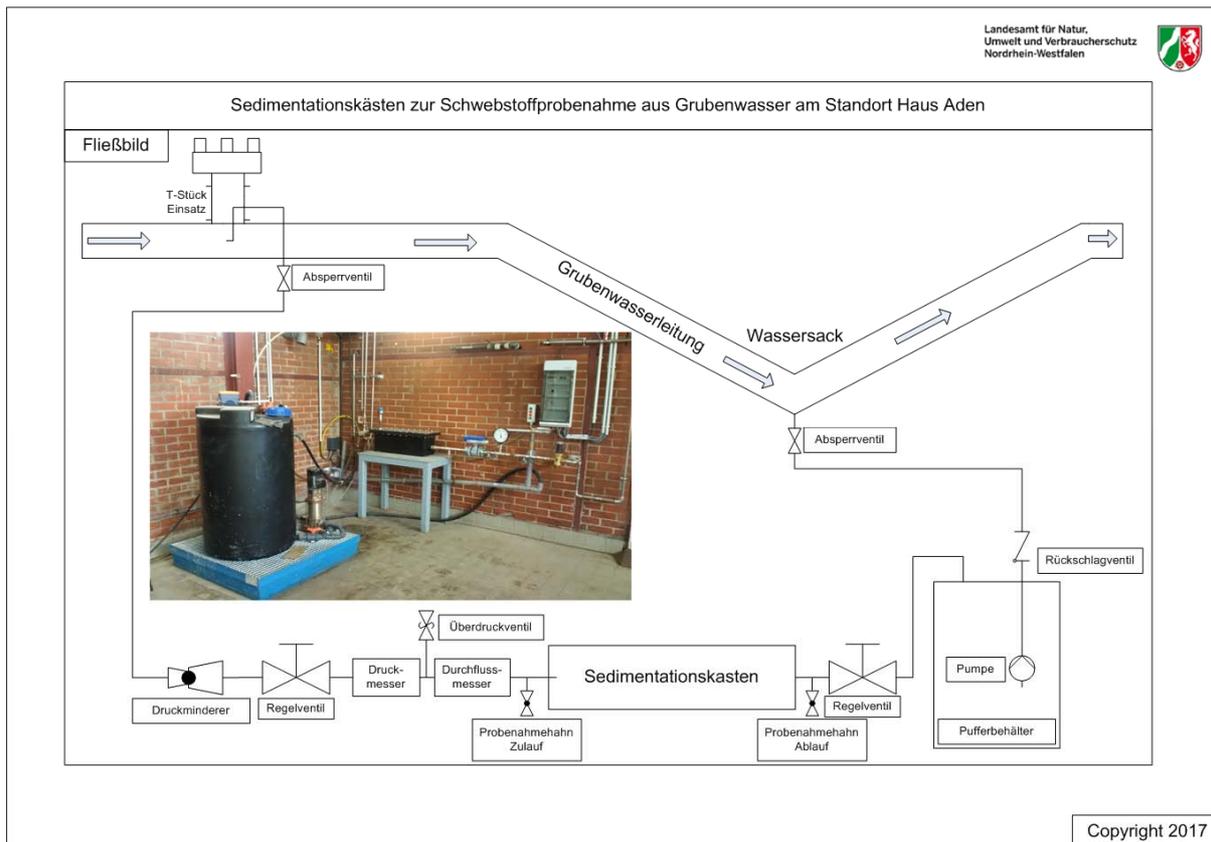


Abbildung 52: Bild und Schema des Schwebstoffsammelkastens auf Haus Aden

Die vom LANUV aus den im Zeitraum vom 24. – 28.08.2015 gewonnenen Proben ermittelten PCB-Werte weisen von Probe zu Probe eine ansteigende Tendenz auf. Aus den ermittelten Rahmenbedingungen ergab sich hierfür keine schlüssige Erklärung. Auch in den Ad-hoc Arbeitskreis konnte keine Ursache identifiziert werden.

Die Probenahme mit dem Kasten etwa ½ Jahr nach der letzten Zentrifugenprobenahme erbrachte nur eine geringe Masse, die zudem nur niedrige Konzentrationen an PCB enthielt. Dieses Ergebnis wurde auch durch weitere Probenahmen mit längerer Laufzeit und entsprechen mehr Probengut bestätigt. Da bei unveränderter Grubenwasserförderung, wie in Ibbenbüren und Prosper, Zentrifuge und Kasten vergleichbare Messwerte ergeben, wurde zunächst vermutet, dass untertägige Maßnahmen im Rahmen des Rückbaus zu einer Reduzierung des PCB Austrages geführt haben. Dies konnte durch eine weitere Probenahme mit der Zentrifuge im November 2017 nicht verifiziert werden. Ergänzend war zu prüfen, ob die Verlegung der Grubenwasserentnahme für den Schwebstoffsammelkasten (in die Rohrmitte mit Pitot-Pohr und vor den „Wassersack“ (s. Abbildung 52) zu den abweichenden Werten führt. Eine Probenahme mit der Zentrifuge im Mai 2018 an der Entnahmestelle für den Kasten ergab einen Schwebstoff mit den höchsten PCB Gehalten. Somit führen Zentrifuge und Schwebstoffsammelkasten für das Grubenwasser Haus Aden nicht zu vergleichbaren Ergebnissen. Aufgrund der geringen Probenmassen waren keine weiteren Untersuchungen zur Aufklärung der Ursache möglich. Einen Hinweis geben die hohen, stark schwankenden Eisengehalte im Schwebstoff des Kastens. Diese könnte zu Verdünnungen führen (Tabelle 43, Seite104).

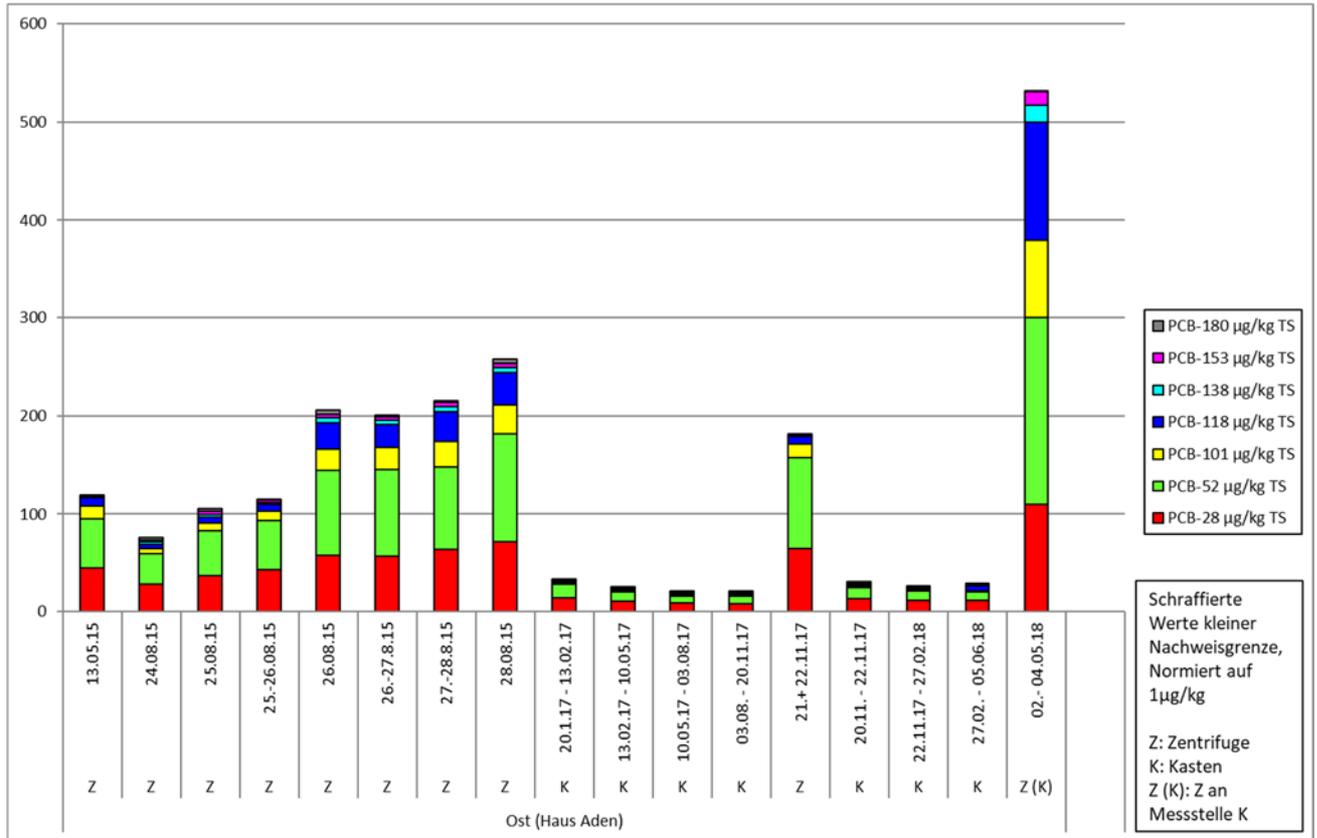


Abbildung 53: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Ost (Haus Aden)

Tabelle 29: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser Haus Aden (n.b.: nicht bestimmbar, Überlagerung)

		Zentrifuge							Kasten			
		13.05.15	24.08.15	25.08.15	25./26.05.15	26.08.15	26./27.08.15	27./28.08.15	28.08.15	13.02.17	20.01.-10.05.17	13.02.-03.08.17
PCB-28	µg/kg TS	44	28	36	42	58	57	64	72	14	10	8,4
PCB-52	µg/kg TS	51	32	47	51	86	88	84	110	14	10	7,4
PCB-101	µg/kg TS	13	5,2	8,2	9,6	22	23	26	29	<5	<5	<5
PCB-118	µg/kg TS	8,7	3,8	5,7	7,3	27	23	30	33	<5	<5	<5
PCB-138	µg/kg TS	<5,0	<2,5	<2,8	2,1	4,8	4,4	5,3	5,3	<5	<5	<5
PCB-153	µg/kg TS	<7,5	<2,3	<2,8	2,0	<4,0	3,6	4,7	4,1	<5	<5	<5
PCB-180	µg/kg TS	<2,0	<2,3	<2,8	<1,0	<4,0	1,2	1,4	<4,0	<5	<5	<5
TCBT 21	µg/kg TS	43	21	36	40	160	160	150	220	23	7,6	8,1
TCBT 27	µg/kg TS	12	5,0	10	7,7	25	28	28	47	<5	<5	<5
TCBT 28	µg/kg TS	13	7,0	12	13	34	43	41	61	5,7	<5	<5
TCBT 52	µg/kg TS	14	4,7	6,3	8,2	31	34	33	55	<5	<5	<5
TCBT 74	µg/kg TS	43	23	33	46	180	150	150	220	5,6	<5	<5
TCBT 80	µg/kg TS	54	27	48	52	180	180	180	280	<5	<5	<5

		Kasten	Zentrifuge	Kasten			Zentrifuge
		03.08. - 20.11.17	21.11. + 22.11.17	20.11. - 22.11.17	22.11.17 - 27.02.18	27.02. - 05.06.18	02.- 04.05.18
PCB-28	µg/kg TS	7,6	65	13	11	11	110
PCB-52	µg/kg TS	7,8	92	11	9,8	9,1	190
PCB-101	µg/kg TS	< 1,6	14	1,7	<5	<5	80
PCB-118	µg/kg TS	< 1,6	7,6	1,3	<5	4,5	120
PCB-138	µg/kg TS	< 1,6	< 5,5	< 1	<5	<5	17
PCB-153	µg/kg TS	< 1,6	< 5,5	< 1	<5	<5	14
PCB-180	µg/kg TS	< 1,6	< 5,5	< 1	<5	<5	<5
TCBT 21	µg/kg TS	3,8	28	7	20	13	43
TCBT 27	µg/kg TS	< 1,6	6,4	1,2	<5	7,7	34
TCBT 28	µg/kg TS	1,7	15	1,9	<5	<5 (4)	24
TCBT 52	µg/kg TS	< 1,6	11	1,8	n.b.	n.b.	n.b.
TCBT 74	µg/kg TS	1,7	11	1,7	17	<5 2,3)	9,9
TCBT 80	µg/kg TS	< 1,6	12	1,5	25	18	79

Weiter Ergebnisse aus der Inbetriebnahme des Schwebstoffsammelkastens finden sich im Datenanhang.

Haus Aden – 100 Liter Probe

Die Filtration und Analyse von jeweils 100-200 Liter Grubenwasser wurde durchgeführt, um das Postulat im Gutachten zu den Umweltauswirkungen (s.o.) zu verifizieren, dass die Wasserphase (Grubenwasser) lange genug unter Tage im Kontakt mit PCB ist, um einen Gleichgewichtszustand zwischen der PCB im Schweb- und Feststoff und der gelösten Phase zu erreichen. Die Untersuchungen wurden durchgeführt vom EMR der RWTH Aachen (Prof. Jan Schwarzbauer), der DMT (Dr. Christoph Klinger) und einem von der RAG beauftragten Labor.

Die Grubenwasserproben aus der amtlichen Probenahestelle wurden mit Filtern einer Porenweite von 0.45 µm filtriert. Jeweils 1 Liter - Aliquote der filtrierten Probe wurden in einen Scheidetrichter mit 30 ml Dichlormethan durch intensives Schütteln (5 min von Hand) extrahiert. Die vereinigten Extrakte und Spülmengen wurden eingeeengt, getrocknet, in Hexan aufgenommen mit aktiviertem Kupferpulver entschwefelt und anschließend gaschromatographisch auf PCB untersucht.

Die Ergebnisse aus 2016 und 2017 sind in Tabelle 30 den Ergebnissen der Passivsammler und den auf die Wasserphase umgerechneten Ergebnissen der Zentrifugen-Probenahme gegenüber gestellt.

Haus Aden - Passivsammler



Abbildung 54: Einbringung des Korbes mit den Passivsammlern in die Lippe an der Einleitungsstelle Haus Aden

Mit dem Einsatz von Passivsammlern in der Lippe läßt sich die Konzentration der im Wasser „gelösten“ PCB bestimmen. Die Passivsammler wurden in der Lippe direkt an der Einleitungsstelle befestigt. Die Ausbringzeiten sind in Tabelle 3 auf Seite 16 für alle Passivsammler zusammengefasst. Die Ergebnisse zwischen Vorversuch und Hauptausbringung sind für die errechnete PCB Konzentration annähernd gleich, unterscheiden sich aber bei der ermittelten Sammelrate um mehr als den Faktor 2, was angesichts wechselnder Strömungsverhältnisse in der Lippe eine gute Übereinstimmung

darstellt. Der Bereich ist beschränkt öffentlich zugänglich. Die letzten Meter über die Wiese sind mit einem Bauzaun abgesperrt.

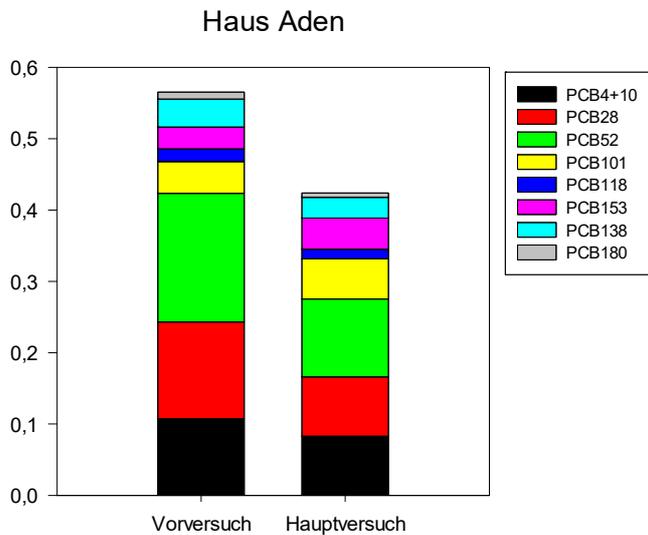


Abbildung 55: PCB-Konzentrationen in ng/l in Grubenwässern, die mit Hilfe von Passivsammlern im Vor- und Hauptversuch am Standort Haus Aden bestimmt wurden [BfG].

Die hier erneut wiederholte Abbildung 9 zeigt, dass die Passivsammler in der Lippe an der Einleitungsstelle Haus Aden eine der niedrigsten Konzentrationen im Vergleich zu den anderen Messstellen ausweisen.

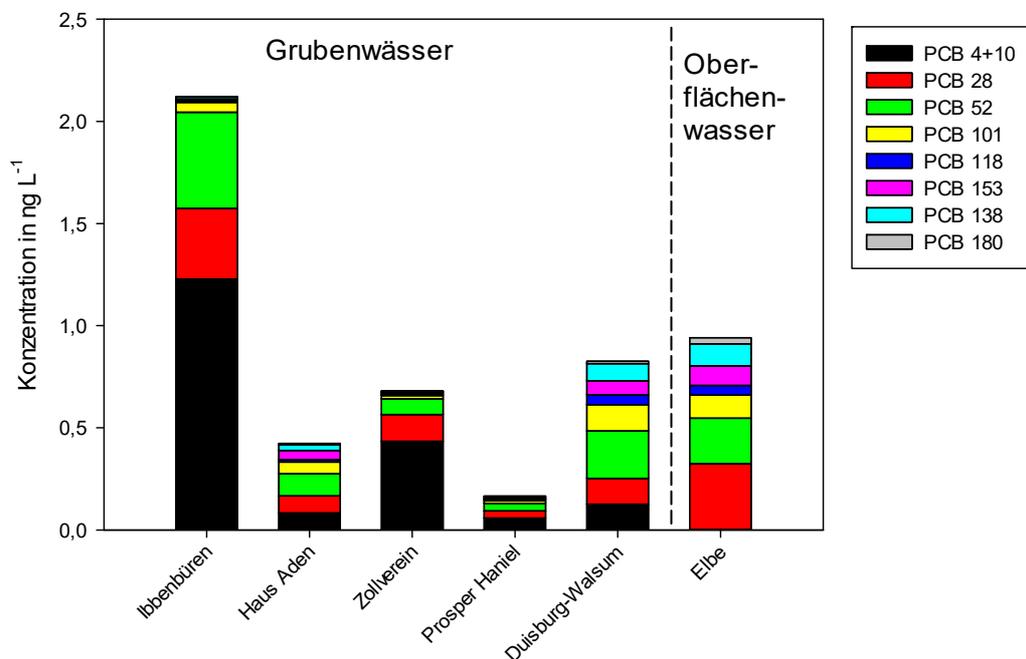


Abbildung 9: Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenerne in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].

Vergleicht man die über Passivsammler in der wässrigen Phase ermittelten PCB Konzentrationen mit einer Umrechnung der PCB am Schwebstoff unter Annahme der

vollständigen Abtrennung des Schwebstoffes aus der zentrifugierten Wassermenge, erhält man für die mit dem Schwebstoff transportierten Konzentrationsanteil niedrigere Werte. Dies bedeutet, dass bei niedrigen Schwebstoffmengen der Transport über die Wasserphase relevanter wird. Für den Gesamtgehalt an PCB im Wasser sind die Konzentrationen zu addieren, da die Passivsammler „gelöste“ PCB aus der Wasserphase aufnehmen, die Zentrifuge dagegen die an Partikeln gebundenen PCB abbildet. Die Grenze ist nicht scharf, da während der Probenahme Übergänge für PCB von gelöst nach adsorbiert möglich sind.

Die Ergebnisse der 100 Liter Proben sollten sich mit den Ergebnissen der Passivsammler decken, sofern der Einfluss des Lippewassers auf die Passivsammler vernachlässigt wird. Dies ist für die erste Untersuchung der RWTH Aachen aus 2016 gegeben. Der höhere Befund der zweiten Untersuchung bildet die Anfälligkeit des Verfahrens gegenüber schwankenden Schwebstoffgehalten ab.

Tabelle 30: An den Einleitungsstellen mit den Passivsammlern bestimmte PCB-Konzentrationen in ng/l. Mittelwerte +/- Standardabweichungen

		Passivsammler	Zentrifuge	100 l Probe	100 l Probe
		10.10.2016 - 14.11.2016	8 Probenahmen 2015	18.08.2016	30.08.2017 Doppelprobe
PCB-28	ng/l	0,083 +/- 0,018	0,037 +/- 0,012	0,17	1,6 - 2,4
PCB-52	ng/l	0,109 +/- 0,023	0,051 +/- 0,018	0,14	2,4 – 2,5
PCB-101	ng/l	0,057 +/- 0,013	0,013 +/- 0,006	0,005	0,1 – 0,38
PCB-118	ng/l	0,013 +/- 0,004	0,013 +/- 0,008		
PCB-138	ng/l	0,029 +/- 0,008	0,002 +/- 0,0001	0,004	<0,1 – 0,37
PCB-153	ng/l	0,044 +/- 0,010	0,002 +/- 0,0001	0,006	<0,1 - 0,34
PCB-180	ng/l	<0,006 +/- 0,002	0,002 +/- 0,0001	<0,004	<0,1 – 0,43

Haus Aden - Sedimente

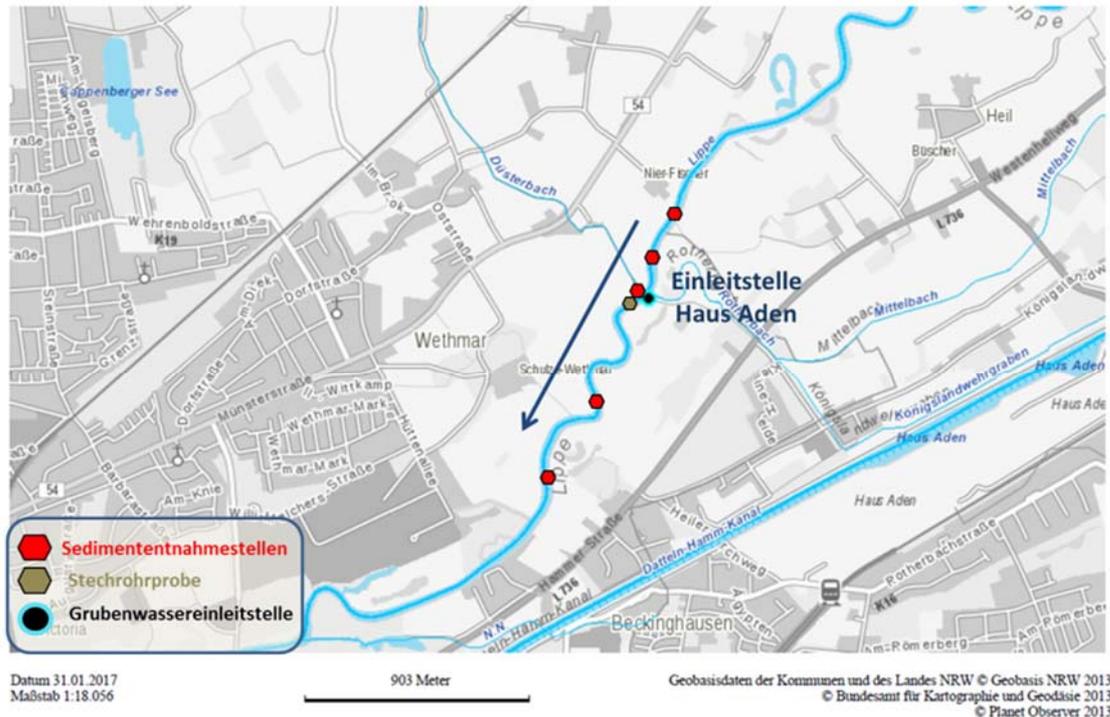


Abbildung 56: Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Haus Aden [BfG]

In der Lippe waren die Konzentrationen der Summe der untersuchten PCB (7 Indikator-PCB plus PCB 4 und/oder 10) in der Greiferprobe an der Einleitungsstelle mit etwa 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC am höchsten. Betrachtet man die TOC-normierten Daten, so waren die Konzentrationen stromauf der Einleitungsstelle mit etwa 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC deutlich niedriger und nahmen 900 m stromab der Einleitungsstelle erneut um etwa das 5-fache ab. Ähnlich wie in der Ibbenbürener Aa änderte sich an der Einleitungsstelle das PCB-Profil zu einem höheren Anteil der weniger hydrophoben PCB-Kongenere (PCB 4 und/oder 10, PCB 28, PCB 52).

An der Einleitungsstelle war zusätzlich eine Stechrohrprobe entnommen worden, die mit 3,2 % einen deutlich höheren TOC-Gehalt aufwies als die anderen Proben aus der Lippe (meist < 1 %). Folglich ist diese Probe nicht mit den anderen Proben vergleichbar; insbesondere wenn die Konzentrationen auf den TOC-Gehalt der Probe normiert werden. Dementsprechend waren im Gegensatz zur Greiferprobe die TOC-normierten PCB-Konzentrationen der Stechrohrprobe an der Einleitungsstelle nicht erhöht sondern mit den Werten stromauf vergleichbar. Auch war in der Stechrohrprobe nicht das für das Grubenwasser typische PCB-Profil erkennbar.

Betrachtet man hingegen die nicht normierten Konzentrationen, so fällt auf, dass die beiden Proben an der Einleitungsstelle mit etwa 9 (Stechrohrprobe) bzw. 16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (Greiferprobe) mindestens um den Faktor 2 höher waren als stromauf und stromab der Einleitungsstelle. Da mit Stechrohren auch größere Sedimenttiefen beprobt werden als mit den hier verwendeten van Veen-Greifern, repräsentieren Mischproben aus Stechrohren grundsätzlich auch ältere Kontaminationen. Mit den van Veen-Greifern wird hingegen das schwebstoffbürtige Sediment,

d.h. die oberen 0 bis 20 cm des Sedimentes, beprobt, das vergleichsweise jüngere Belastungen widerspiegelt.

Die leicht erhöhten PCB-Konzentrationen an der 2. Stelle stromauf der Einleitungsstelle sind auf den mäßig erhöhten TOC-Gehalt von 1,7 % dieser Probe zurückzuführen. Nach TOC-Normierung der PCB-Konzentrationen sind daher auch die Werte an den beiden Standorten stromauf der Einleitungsstelle vergleichbar.

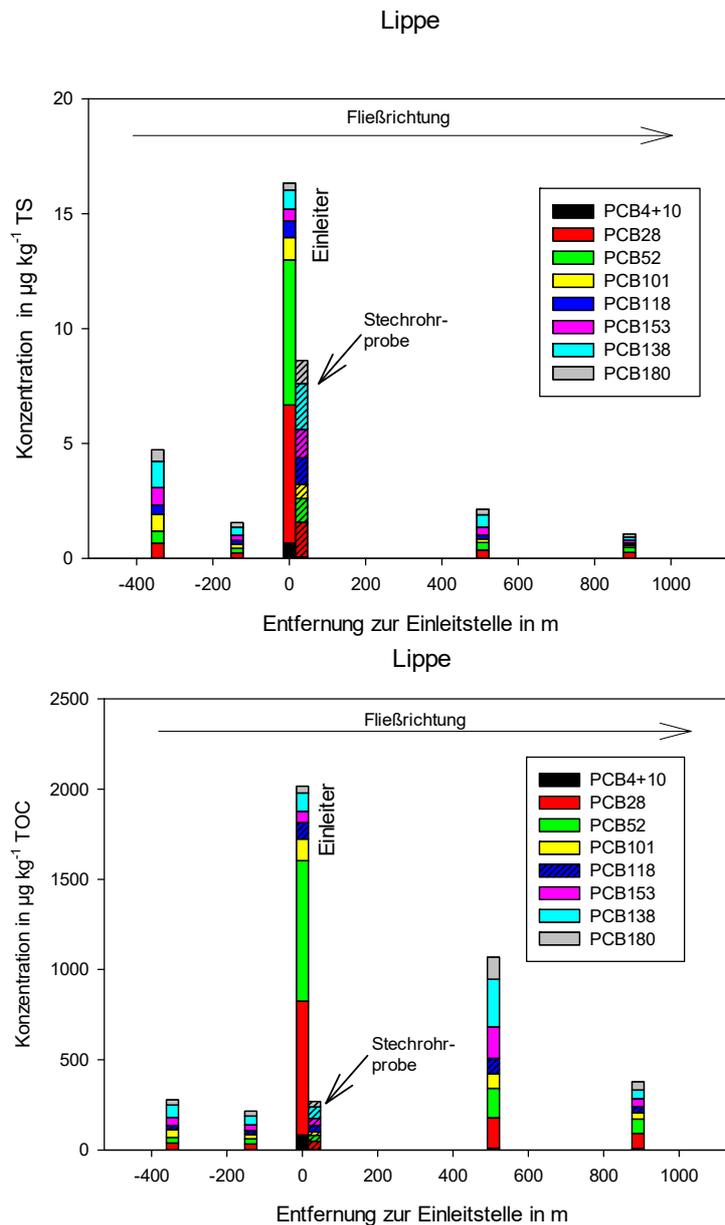


Abbildung 57: Konzentrationen der PCB-Kongenerne in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden

Die Stechrohrprobe, die zusätzlich an der Einleitungsstelle entnommen wurde, ist schraffiert dargestellt. Sie erreicht Sediment in größerer Tiefe

Die PCB 4 und/oder 10 waren mit bis zu 80 µg/kg TOC ausschließlich in den Proben der Einleitungsstelle nachweisbar. Dies zeigt deutlich, dass die PCB 4 und/oder 10 aus den Grubenwässern in die Lippe eingetragen werden. Bereits 500 m stromab der Einleitungsstelle waren diese PCB-Kongenere jedoch nicht mehr nachweisbar.

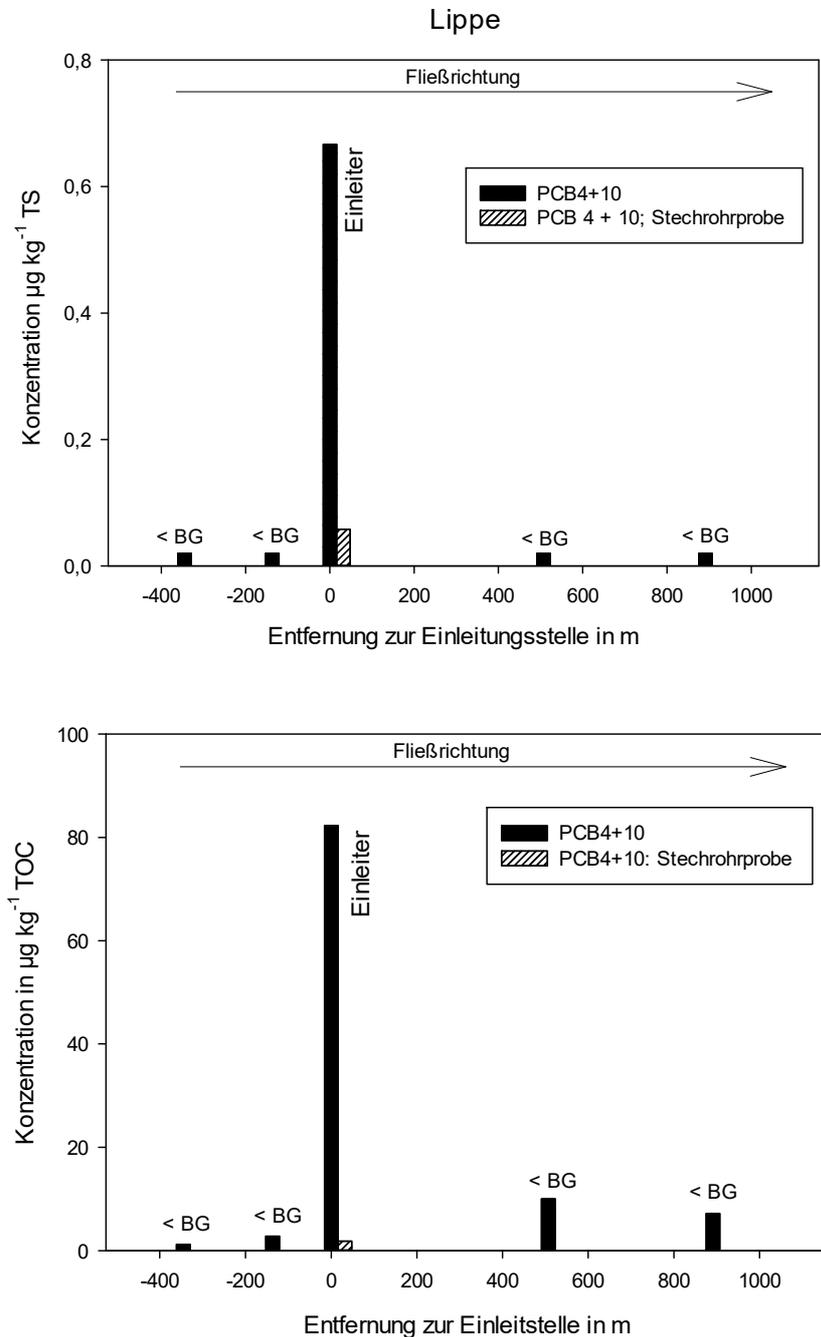


Abbildung 58: Konzentrationen der PCB 4 und/oder 10 in µg/kg TS (oben) und µg/kg TOC (unten) in der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden

Die Stechrohrprobe, die zusätzlich an der Einleitungsstelle entnommen wurde, ist schraffiert dargestellt.

Haus Aden – Bedeutung für das Gewässer

Die PCB Gehalte am Schwebstoff der Grubenwassereinleitung sind für PCB 28, 52 und 101 höher als die PCB Gehalte am Schwebstoff der Lippe.

Tabelle 31: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Haus Aden mit den Mittelwerten der Lippemündung

		Haus Aden	Lippe Mündung
		2015-2017	Mittelwerte 2015
PCB-28	µg/kg TS	14-72	5,5
PCB-52	µg/kg TS	14-110	4,5
PCB-101	µg/kg TS	< - 29	3,7
PCB-138	µg/kg TS	< - 33	3,9
PCB-138	µg/kg TS	< - 5,3	5,2
PCB-153	µg/kg TS	< - 4,7	5,0
PCB-180	µg/kg TS	<	3,3

Der Gehalt an PCB haltigem Schwebstoff aus der Grubenwassereinleitung liegt bei max. 1,1 mg/l (Rückrechnung aus Zentrifugenprobenahme), der Gesamtschwebstoffgehalt des Grubenwassers nach Standardanalytik liegt bei 17 mg/l ²⁶, da bei der Filtration Eisen ausfällt. Die Lippe transportiert bei Normalwasserführung etwa 10 mg/l Abfiltrierbare Stoffe. Deshalb ist das typische PCB Muster der Grubenwassereinleitung bereits 500 m unterhalb der Einleitung von der PCB Verteilung in der Lippe überprägt.

Die Fracht der Lippe an der Mündung betrug in den vergangenen Jahren 0,054 – 0,076 kg/a PCB 28 und 0,30 – 0,45 kg/a Summe 7 PCB (Tabelle 13). Bei einer Grubenwassermenge an Haus Aden von 12 Mio m³/a ²⁷ und einem Gehalt von maximal 1,1 mg/l mit der Zentrifuge abscheidbarem Schwebstoff mit maximal 72 µg/kg PCB 28 ergibt sich eine Fracht von 950 mg/a PCB 28 aus der Grubenwassereinleitung Haus Aden. Für die Summe der 7 PCB (max 257 µg/kg) ergibt sich eine Fracht von 3400 mg/a. Der Anteil der Grubenwassereinleitung Aden an der Gesamtfracht der Lippe ist < 2 % für PCB 28 und auch für die Summe der 7 PCB.

²⁶ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

²⁷ Angabe aus der Selbstüberwachung der RAG 2016

Auguste Victoria



Abbildung 59: Grubenwassermessstelle mit Zentrifugenprobenahme und Einleitung Zeche Auguste Victoria, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)

Aus dem Grubenwasser der Zeche Auguste Victoria wird durch Zugabe von Natriumsulfat Barium gefällt. Die Abscheidung erfolgt in zwei Becken. Die Probenahme erfolgt direkt am Ablauf des zweiten Absetzbeckens. Die ausgefallenen, nicht abgesetzten Eisenpartikel sind gut erkennbar.

Tabelle 32: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Auguste Victoria

		Grubenwasser	
		LANUV Zentrifuge	StUA Herten
		10.03.2015	2004
PCB-28	µg/kg TS	1,5	4,7
PCB-52	µg/kg TS	2	8,1
PCB-101	µg/kg TS	<0,70	1,7
PCB-118	µg/kg TS	<0,70	1,7
PCB-138	µg/kg TS	<0,70	<0,9
PCB-153	µg/kg TS	0,7	<0,9
PCB-180	µg/kg TS	<0,70	<0,9
TCBT 21	µg/kg TS	<1,0	
TCBT 27	µg/kg TS	<1,0	
TCBT 28	µg/kg TS	<1,0	
TCBT 52	µg/kg TS	<1,0	
TCBT 74	µg/kg TS	<1,0	
TCBT 80	µg/kg TS	<1,0	

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Auguste Victoria liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen deutlich unterhalb der ½ UQN der OGewV, wie auch bereits bei den Untersuchungen durch das StUA Herten im Jahr 2004. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

VII.2.1. Einzugsgebiet Ruhr

Tabelle 33: Messstellen im Einzugsgebiet der Ruhr

Grubenwassereinleitungen	Gewässerüberwachung
Heinrich (2)	Mülheim-Kahlenberg (1);
Friedlicher Nachbar (3)	4 x jährlich
Robert Müser (4)	

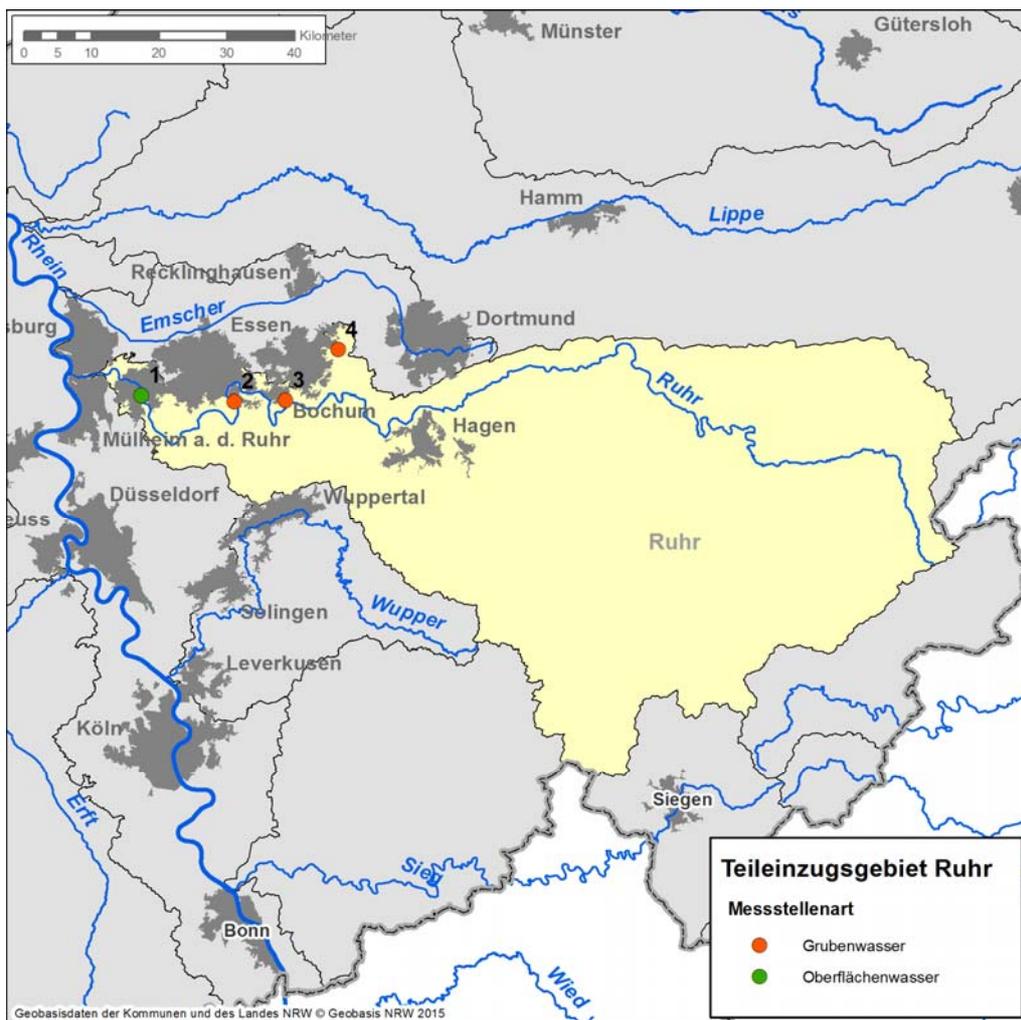


Abbildung 60: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Ruhr

Im Ruhreinzugsgebiet erfolgen Grubenwassereinleitungen an drei Stellen über die Wasserhaltungen an den Standorten „Heinrich“ und „Friedlicher Nachbar“ unmittelbar in die Ruhr und über die Wasserhaltung am Standort „Robert Müser - Schacht Arnold“ über den Ölbach in die Ruhr.

Die Überwachung der Ruhr erfolgt seit Jahren durch das LANUV an der Überblicksmessstelle „Mülheim-Kahlenberg“ (Nr. 022810) (Ruhrmündung) unterhalb dieser drei Einleitungsstellen. Dies beinhaltet auch die regelmäßige jährliche Überwachung der PCB-Konzentrationen im Schwebstoff, welche auch im Jahr 2017 planmäßig fortgesetzt wird.

Tabelle 34: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Ruhr bei Mülheim, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS,

		2012	2013	2014	2015	2016	2017
PCB-28	µg/kg TS	7,1	4,2	5,4	2,6	2,6	2,8
PCB-52	µg/kg TS	3,9	2,8	2,4	1,9	2,4	1,6
PCB-101	µg/kg TS	8,0	6,3	6,7	4,7	5,1	4,3
PCB-118	µg/kg TS	5,7	4,4	6,5	3,2	3,4	3,0
PCB-138	µg/kg TS	14	11	13	9,8	9,0	7,5
PCB-153	µg/kg TS	16	12	16	9,9	11	9,8
PCB-180	µg/kg TS	11	8,5	9,9	5,8	5,0	5,8

Die Untersuchungen der Ruhr zeigen PCB-Konzentrationen im Schwebstoff, die deutlich unterhalb der Umweltqualitätsnorm (UQN) von 20 µg/kg TS liegen. Dies schließt an die Befunde vorhergehender Untersuchungen im Rahmen der Gewässerüberwachung (OGewV) an.

Die Untersuchungen der drei Grubenwassereinleitungen durch das LANUV zeigen zum Probenahmedatum in allen Fällen für die bergbau-typischen Kongenere PCB 28 und 52 vergleichbare bzw. bei Robert Müser deutlich höhere Konzentrationen im durch die Probenahme gewonnenen Feststoff an als dies in Proben der Ruhrmündung der Fall ist.

Die Konzentrationen im Grubenwasser sind aber so niedrig, dass eine Gefährdung des „guten Zustandes“ der Ruhr bei Mülheim durch diese PCB-Einleitungen aktuell nicht besteht.

Zum Zeitpunkt des Einsatzes von Ugilec (TCBT) als Ersatzstoff waren die Gruben im Ruhreinzugsgebiet nicht mehr in Betrieb. Dies wird durch die aktuellen Messungen, die für die PCB-Ersatzstoffe jeweils Werte unterhalb der Nachweisgrenze ergeben haben, untermauert.

Heinrich



Abbildung 61: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Heinrich, Foto RAG

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über 3 Rohre von denen i.d.R. eines genutzt ist. Alle Rohre werden untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert. Das Grubenwasser enthält rund 8 mg/l Eisen²⁸. Dieses Eisen ist im anoxischem Tiefengrundwasser gelöst und fällt bei Kontakt mit Sauerstoff in Form von stark voluminösem Eisen(III)-hydroxid (Eisenocker) aus. Dies ist an der Einleitungsstelle des Grubenwassers in die Ruhr gut zu erkennen. Im Pumpensumpf hat das Grubenwasser bereits unter Tage Kontakt zu Sauerstoff, so dass die Ausfällung bereits im Steigrohr beginnt. An der Einleitstelle ist das Grubenwasser bereits mit Ruhrwasser vermischt. Die Probenahme mit der Zentrifuge erfolgte – wie die Probenahme für die Selbstüberwachung – an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung aktuell benutzt wird. Dazu wurde das Grubenwasser aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

²⁸ Selbstüberwachung RAG 2014

Tabelle 35: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen im Ruhreinzugsgebiet

		Zentrifuge					
		Heinrich	Heinrich	Heinrich	Friedlicher Nachbar	Robert Müser	Robert Müser
		LANUV	Ruhrverband	StUA Herten	LANUV	LANUV	Ruhrverband
		19.05.15	27./28.04.15	2002	28.04.15	11.05.15	02.03.15
PCB-28	µg/kg TS	1,8	<10	<1,5	<1,2	19	<10
PCB-52	µg/kg TS	1,9	<10	1,6	1,5	12	<10
PCB-101	µg/kg TS	1,1	<10	<1,5	<1,2	4,8	<11
PCB-118	µg/kg TS	<1,3	<10	<1,5	<1,2	1,5	<10
PCB-138	µg/kg TS	1,5	<10	<1,5	<1,2	3,6	<10
PCB-153	µg/kg TS	1,5	<10	<1,5	<1,2	2,4	<10
PCB-180	µg/kg TS	<1,3	<10	<1,5	<1,2	4,2	<10
TCBT 21	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	
TCBT 27	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	
TCBT 28	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	
TCBT 52	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	
TCBT 74	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	
TCBT 80	µg/kg TS	<2,6			<2,4	<2,4	

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Heinrich liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen unterhalb der UQN der OGewV – wie auch bei einer Untersuchung durch das StUA Herten im Auftrag der Bezirksregierung Düsseldorf im Jahr 2002. Die Masse des abgeschiedenen Feststoffes ist jedoch abhängig von dem Anteil des abgeschiedenen Eisens in der Zentrifuge bzw. auf dem Filter. Die Abscheidung von Eisen auf dem Filter bzw. in der Zentrifuge setzt sich zusammen aus:

- a) Eisen, das bei Filtration oder Zentrifugation frisch ausfällt
- b) Eisen, das bereits ausgefallen ist und durch Änderung der Strömungsverhältnisse (schwankende Förderleistung, Wechsel von Pumpen, Öffnen des Probenahmestutzens, etc.) aus dem System ausgetragen wird.

Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Friedlicher Nachbar



Abbildung 62: Grubenwassereinleitung Zeche Friedlicher Nachbar, Foto LANUV

Das Grubenwasser der Zeche Friedlicher Nachbar wird nach der Hebung über eine Kaskade belüftet, durchfließt drei Absetzbecken und fließt dann in offenem Gerinne dem Vorfluter zu. Die chemische Probenahme erfolgt direkt am Ablauf des Absetzbeckens, die Zentrifugenprobenahme erfolgt 50 m unterhalb, an einer Stelle, die bei Trockenwetter mit dem Anhänger zugänglich ist. Diese Probenahme ist mit der Probenahme in Oberflächengewässern vergleichbar.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Friedlicher Nachbar liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen deutlich unterhalb der $\frac{1}{2}$ UQN der OGewV. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.



Abbildung 63: Grubenwassermessstelle und Zentrifugenprobenahme Zeche Robert Müser, Foto LANUV

Die Förderung des Grubenwassers erfolgt über ein Steigrohr, das untertägig wechselweise von mehreren Pumpen angesteuert wird. Das Grubenwasser enthält nur rund 0,6 mg/l Eisen und ganz geringe Partikelmengen (< 5 mg/l Abfiltrierbare Stoffe)²⁹. Es riecht nach Schwefelwasserstoff (H_2S , faule Eier), weshalb vor der Einleitung in die Harpener Teiche Wasserstoffperoxid (H_2O_2) dosiert wird. Die Probenahmestelle liegt vor der H_2O_2 -Dosierung an dem Probenahmestutzen des Rohres, das für die Grubenwasserförderung aktuell benutzt wird. Das Grubenwasser wurde aus dem Stutzen in einen Vorlagebehälter geleitet, aus dem mittels Pumpe das Grubenwasser der Zentrifuge zugeführt wurde.

Die PCB Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Robert Müser liegen bezogen auf die Masse an Feststoff bei allen Untersuchungen unterhalb der UQN der OGewV. Die Masse des abgeschiedenen Feststoffes ist jedoch extrem gering. Eine Abscheidung von frisch ausgefallenem Eisen findet nur in geringem Maß statt. Auf weitere PCB Untersuchungen wurde zunächst verzichtet.

Ruhreinzugsgebiet – Bedeutung für das Gewässer

Auf eine Frachtberechnung wird an dieser Stelle verzichtet, da sich die PCB Befunde durchweg im Bereich der Bestimmungsgrenze bewegen.

Alternativ kann als Bewertungsgrundlage für den PCB-Gehalt in eisenhaltigen Grubenwässern die Relation der gefundenen PCB-Gesamtmasse zum zentrifugierten Wasservolumen dienen. Für das Grubenwasser der Zeche Heinrich ergeben sich aus den Zentrifugenuntersuchungen

²⁹ Selbstüberwachung RAG 2014

des LANUV PCB Konzentrationen von 2-3 ng/m³ Wasser. Die OGewV nennt für die Wasserphase eine UQN von 500 ng/m³.

VII.3. Fossa Eugeniana/ Rheinberger Altrhein

Im Bereich der Fossa Eugeniana wurden die Schächte Rossenray 1/2, Friedrich Heinrich 1/2 und 4 des Bergwerks West stillgelegt, so dass seit dem Sommer 2013 keine Grubenwässer mehr eingeleitet werden und somit Fossa Eugeniana, Moersbach und Altenberger Altrhein von Grubenwassereinleitungen komplett freigezogen sind. Die Grubenwässer des Bergwerks West werden über den Hebungsstandort Walsum in den Rhein einzuleiten.

An der Fossa Eugeniana wurden im Jahr 2004 erhebliche Belastungen mit PCB durch die Grubenwassereinleitungen des Bergwerks West festgestellt. Nach der Durchführung emissionsbegrenzender Maßnahmen nahmen die festgestellten PCB Konzentrationen erheblich ab (vgl. Landtagsbericht vom 21.1.2015).

Die Fossa Eugeniana wird kontinuierlich mit Schwebstoffuntersuchung durch die Linksrheinische Gewässergenossenschaft (LINEG) im Rahmen des Monitorings nach Oberflächengewässerverordnung untersucht. Es finden keine Grubenwassereinleitungen mehr statt.

VIII. Ergänzende Daten & Bilder

VIII.1. Auswirkungen des Grubenwassers auf die Schwebstoffzentrifugen



Abbildung 64: Verfärbung der Edelstahlhaube der Schwebstoffzentrifuge nach der Probenahme Carolinenglück am 3.7.2017.

Diese Schicht ist nicht entfernbar, die Haube musste ersetzt werden.



Abbildung 65: Lager der Zentrifuge nach Grubenwasser-Probenahme auf Haus Aden

Sicherheitsrelevante Mängel sind die verstopften Fettdüsen, die Korrosion durch Salz und die Ablagerung von Eisen.

VIII.2. Ergänzende Daten für Ibbenbüren

Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens

Bei der Inbetriebnahme des Sedimentationskastens in Ibbenbüren wurde versucht, eine Abscheiderate des im Sedimentationskasten bei verschiedenen Durchflüssen zu ermitteln. Dazu wurden jeweils 500 ml vor Ort filtriert, getrocknet und gewogen. Die Filter wurden fotografiert. Auch eine Filtration direkt nach der Probenahme gibt nur Anhaltspunkte für die Abscheiderate, die Massen streuen stark. Eine Korrelation zur eingestellten Durchflussmenge war nicht zu ermitteln.



Abbildung 66: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 07.09.2016 09:30 Uhr, Ibbenbüren

Tabelle 36: Bestimmung der Abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten in Ibbenbüren

Datum	Uhrzeit	Förder- volumen [l/h]	Ort (...Kasten)	Abfiltrierbare Stoffe [mg/l]	Wirkungs- grad
06.09.2016	11:45	600	vor	55,6	
06.09.2016	11:45	600	nach	53,6	3,60 %
06.09.2016	13:45	500	vor	55,6	
06.09.2016	13:45	500	nach	50,6	8,99 %
06.09.2016	14:45	400	vor	51,0	
06.09.2016	14:45	400	nach	54,0	-5,88 %
07.09.2016	09:30	500	vor	50,0	
07.09.2016	09:30	500	nach	48,0	4,00 %
07.09.2016	13:15	500	vor	49,4	
07.09.2016	13:15	500	nach	47,4	4,05 %
07.09.2016	14:30	500	vor	60,4	
07.09.2016	14:30	500	nach	52,6	12,9 %

Schwermetallgehalte im Schwebstoff

Nach Verlängerung der Laufzeit lässt sich in Ibbenbüren mit dem Kasten ausreichend Schwebstoff sammeln, um parallel zur Analytik auf PCB auch Metallgehalte zu bestimmen.

Tabelle 37: Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers Ibbenbüren
* weitere Werte < Bestimmungsgrenze

		Mittelwert	Standard- abweichung	Anzahl Messungen	Minimum	Maximum
Beryllium	mg/kg	8,2	2,0	4	5,3	11
Antimon	mg/kg	28	4,2	4	23	34
Selen	mg/kg	31	9,8	4	23	47
Zinn	mg/kg	20	6,6	4	14	31
Tellur	mg/kg	0,12	0,02	2*	0,1	0,13
Thallium	mg/kg	0,27	0,11	4	0,17	0,44
Uran	mg/kg	0,69	0,08	4	0,59	0,77
Aluminium	mg/kg	10000	433	4	10000	11000
Arsen	mg/kg	34	3,7	4	29	39
Cadmium	mg/kg	4,4		1*	4,4	4,4
Kobalt	mg/kg	120	46	4	76	200
Chrom	mg/kg	510	310	4	200	980
Kupfer	mg/kg	1170	200	4	970	1500
Eisen	mg/kg	220000	18000	4	190000	240000
Mangan	mg/kg	5900	2300	4	3800	9700
Nickel	mg/kg	89	24	4	71	130
Blei	mg/kg	133	15	4	110	150
Vanadium	mg/kg	19	1,9	4	17	22
Zink	mg/kg	2100	290	4	1700	2500

VIII.3. Ergänzende Daten für Prosper Haniel und Zollverein

Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens

Bei der Inbetriebnahme des Sedimentationskastens auf Prosper wurde versucht, eine Abscheiderate des im Sedimentationskasten bei verschiedenen Durchflüssen zu ermitteln. Dazu wurden jeweils 500 ml vor Ort filtriert, getrocknet und gewogen. Die Filter wurden fotografiert. Auch eine Filtration direkt nach der Probenahme gibt nur Anhaltspunkte für die Abscheiderate, die Massen streuen stark. Zudem waren Druckstöße in der Grubenwasserleitung festzustellen.

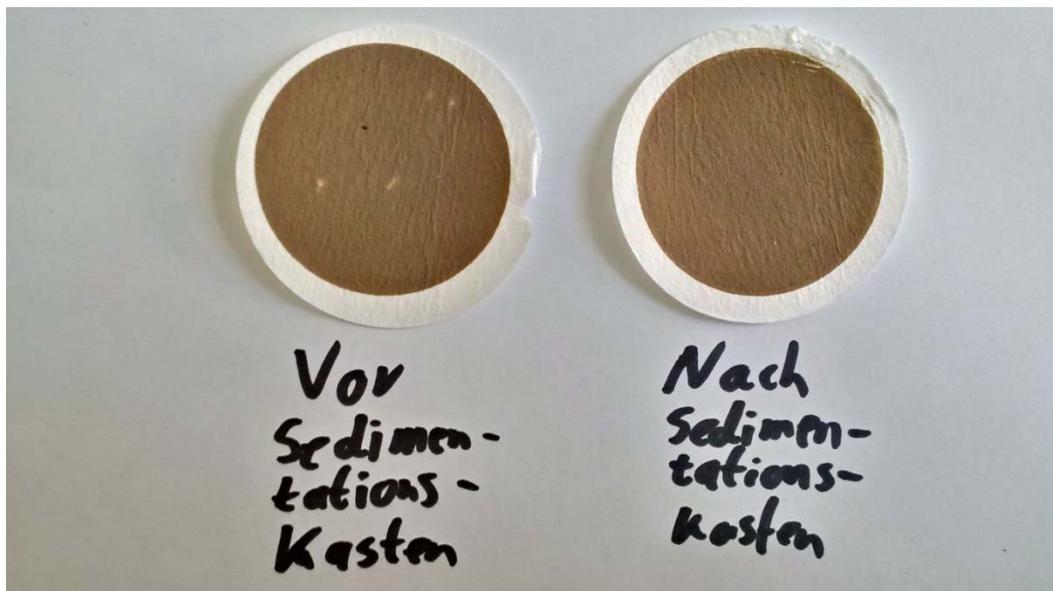


Abbildung 67: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 10.08.2016 14:00 Uhr, Prosper Haniel

Tabelle 38: Bestimmung der Abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten Prosper Haniel
1) Probenahme nach Druckstoß

Datum	Uhrzeit	Förder- volumen [l/h]	Ort (... Kasten)	Abfiltrierbare Stoffe [mg/l]	Wirkungs- grad
09.08.2016	14:15	840	Vor	83,0	
09.08.2016	14:15	840	Nach	76,9	7,39 %
09.08.2016	15:15	800	Vor	143,0	
09.08.2016	15:15	800	Nach	116,0	18,9 %
09.08.2016	17:00	700	Vor	126,2	
09.08.2016	17:00	700	Nach	95,2	24,6 %
10.08.2016	11:00	700	Vor	167,4	
10.08.2016	11:00	700	Nach	82,8	50,5 %
10.08.2016	12:45	650	Vor	108,8	
10.08.2016	12:45	650	Nach	101,4	6,80 % ¹⁾
10.08.2016	14:00	600	Vor	83,2	
10.08.2016	14:00	600	Nach	79,8	4,09 % ¹⁾
10.08.2016	15:00	550	Vor	83,2	
10.08.2016	15:00	550	Nach	86,2	-3,61 % ¹⁾

Schwermetallgehalte im Schwebstoff

Auf Prosper Haniel lässt sich mit dem Kasten viel Schwebstoff sammeln. Parallel zur Analytik auf PCB wurden deshalb auch Metallgehalte bestimmt.

Tabelle 39: Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Prosper Haniel
* weitere Werte < Bestimmungsgrenze

		Mittelwert	Standard- abweichung	Anzahl Messungen	Minimum	Maximum
Beryllium	mg/kg	0,48	0,12	20*	0,31	0,75
Antimon	mg/kg	33	43	21	9,4	220
Selen	mg/kg	0,72	0,18	19*	0,53	1,3
Zinn	mg/kg	4,5	3,1	21	2,1	14
Tellur	mg/kg	< 0,1		*		
Thallium	mg/kg	0,12	0,15	19*	0,055	0,75
Uran	mg/kg	0,25	0,07	21	0,13	0,4
Aluminium	mg/kg	4400	1300	21	2700	7400
Arsen	mg/kg	7,9	1,42	21	5,4	12
Cadmium	mg/kg	0,41	0,29	9*	0,06	0,74
Kobalt	mg/kg	5,3	1,5	21	3	10
Chrom	mg/kg	15	11	21	8,9	63
Kupfer	mg/kg	105	54	21	55	270
Eisen	mg/kg	34000	5600	21	21000	50000
Mangan	mg/kg	426	1400	21	70	6500
Nickel	mg/kg	14	3,8	21	9,2	25
Blei	mg/kg	131	51	21	68	290
Vanadium	mg/kg	13	2,9	21	8,5	20
Zink	mg/kg	1000	1500	21	430	7600

Die zwei bisher durchgeführten Messungen der Metalle im Grubenwasser an Zeche Zollverein zeigen eine große Bandbreite auf.

Tabelle 40: Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Zollverein (Leitung Zollverein)
* weitere Werte < Bestimmungsgrenze

		Mittelwert	Standard- abweichung	Anzahl Messungen	Minimum	Maximum
Beryllium	mg/kg	17	16	2	0,59	34
Antimon	mg/kg	4,7	1,1	2	3,6	5,8
Selen	mg/kg	0,73		1*	0,73	0,73
Zinn	mg/kg	280	250	2	33	530
Tellur	mg/kg	0,72		1*	0,72	0,72
Thallium	mg/kg	4,5	3,2	2	1,3	7,6
Uran	mg/kg	0,11	0,03	2	0,08	0,14
Aluminium	mg/kg	520		1*	520	520
Arsen	mg/kg	23	12	2	11	34
Cadmium	mg/kg	3,3	1,9	2	1,4	5,2
Kobalt	mg/kg	7,1	1,9	2	5,2	9
Chrom	mg/kg	240	210	2	21	450
Kupfer	mg/kg	26000	23000	2	3600	49000
Eisen	mg/kg	27000	5500	2	21000	32000
Mangan	mg/kg	280	45	2	230	320
Nickel	mg/kg	53	37	2	16	90
Blei	mg/kg	920	790	2	130	1700
Vanadium	mg/kg	6,1	2,9	2	3,2	8,9
Zink	mg/kg	67000	63000	2	3500	130000

Tabelle 41: Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Zollverein (Leitung Matthias Stinnes)
 * weitere Werte < Bestimmungsgrenze

		Mittelwert	Standard- abweichung	Anzahl Messungen	Minimum	Maximum
Beryllium	mg/kg	0,67	0,23	2	0,44	0,9
Antimon	mg/kg	7,3	0,25	2	7	7,5
Selen	mg/kg	1,00		1*	1	1
Zinn	mg/kg	450	110	2	340	550
Tellur	mg/kg	0,35	0,15	2	0,2	0,49
Thallium	mg/kg	10	9,0	2	0,92	19
Uran	mg/kg	0,23	0,17	2	0,06	0,4
Aluminium	mg/kg	1200	350	2	810	1500
Arsen	mg/kg	66	54	2	12	120
Cadmium	mg/kg	3,7	0,9	2	2,8	4,6
Kobalt	mg/kg	16	11	2	4,6	27
Chrom	mg/kg	190	35	2	150	220
Kupfer	mg/kg	53000	9000	2	44000	62000
Eisen	mg/kg	50000	6500	2	43000	56000
Mangan	mg/kg	250	130	2	120	380
Nickel	mg/kg	80	13	2	67	92
Blei	mg/kg	1700	250	2	1400	1900
Vanadium	mg/kg	7,2	2,0	2	5,1	9,2
Zink	mg/kg	12000	500	2	11000	12000

VIII.4. Ergänzende Daten für Haus Aden

Messungen der Abfiltrierbaren Stoffe bei der Inbetriebnahme des Kastens

Bei der Inbetriebnahme des Sedimentationskastens an Haus Aden wurde versucht, eine Abscheiderate des im Sedimentationskasten bei 500 l/h Durchfluss zu ermitteln. Dazu wurden jeweils 500 ml vor Ort filtriert, getrocknet und gewogen. Die Filter wurden fotografiert. Auch eine Filtration direkt nach der Probenahme gibt nur Anhaltspunkte für die Abscheiderate. Nach ca. 20 Minuten Kontakt mit Außenluft wird das Grubenwasser trübe und riecht nach Schwefel.



Abbildung 68: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 20.01.2017 9:30 Uhr, Haus Aden

Tabelle 42: Bestimmung der Abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten an Haus Aden

Datum	Uhrzeit	Förder- volumen [l/h]	Ort (... Kasten)	Abfiltrierbare Stoffe [mg/l]	Wirkungs- grad
20.01.2017	09:30	500	Vor	14,4	
20.01.2017	09:30	50	Nach	12,4	13,9 %
20.01.2017	10:40	500	Vor	16,4	
20.01.2017	11:20	500	Nach	13,8	15,8 %
20.01.2017	12:40	500	Vor	19,0	
20.01.2017	13:05	500	Nach	17,2	9,47 %

Schwermetallgehalte im Schwebstoff

Tabelle 43: Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Haus Aden
* weitere Werte < Bestimmungsgrenze

		Mittelwert	Standard- abweichung	Anzahl Messungen	Minimum	Maximum
Beryllium	mg/kg	0,07	0,01	5*	0,06	0,09
Antimon	mg/kg	2,3	1,1	6	0,97	3,8
Selen	mg/kg	0,53	0,03	2*	0,5	0,56
Zinn	mg/kg	98	59	6	35	190
Tellur	mg/kg	<0,1		*		
Thallium	mg/kg	0,13	0,06	6	0,055	0,23
Uran	mg/kg	0,74	0,35	6	0,32	1,3
Aluminium	mg/kg	169	68	5*	73	280
Arsen	mg/kg	4,8		1*	4,8	4,8
Cadmium	mg/kg	6,0	0,90	2*	5,1	6,9
Kobalt	mg/kg	19	1,5	6	17	21
Chrom	mg/kg	24	11	6	13	40
Kupfer	mg/kg	2600	2200	6	1100	7300
Eisen	mg/kg	270000	110000	6	33000	340000
Mangan	mg/kg	1300	390	6	770	1800
Nickel	mg/kg	41	16	6	28	75
Blei	mg/kg	94	54	6	48	210
Vanadium	mg/kg	2,1	0,95	5*	1,1	3,8
Zink	mg/kg	800	8200	6	2200	26000

Die hohen Eisengehalte im Schwebstoff sind eine wahrscheinliche Erklärung für die geringen PCB-Gehalte im Schwebstoff der Sammelkästen. Diese verdünnen den PCB-haltigen Anteil des Schwebstoffes. Für die Zentrifugen-Probenahmen war eine zusätzliche Messung der Metallgehalte nicht möglich, da die gewonnene Menge nicht ausreichte.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der untersuchten Einleitungsstellen in Nordrhein-Westfalen [BfG]	7
Abbildung 2:	Schwebstoffsammelkasten, Schema und Foto	10
Abbildung 3:	Als Passivsammler verwendeter Silikonstreifen [BfG]	11
Abbildung 4:	Installationen des Schwebstoffsammelkastens auf Prosper Haniel	13
Abbildung 5:	Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich von Schwebstoffsammelkasten und Zentrifuge (exemplarisch)	14
Abbildung 6:	Exemplarischer Vergleich Zentrifuge/Schwebstoffsammelkasten	15
Abbildung 7:	Ausbringvorrichtungen für Passivsammler [BfG].	17
Abbildung 8:	Konzentrationen von gelösten PCB in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zu Oberflächengewässern [BfG]	18
Abbildung 9:	Konzentrationen der untersuchten PCB-Kongenere in ng/l in den Grubenwässern im Vergleich zur Elbe [BfG].	19
Abbildung 10	Fotos der Sedimentprobenahmen und -aufarbeitung	21
Abbildung 11:	Konzentrationen der PCB-Kongenere in µg/kg TS (oben) im Sediment der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden [BfG];	23
Abbildung 12:	Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Ibbenbürener Aa	27
Abbildung 13:	Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Oeynhausens-Stollen, Foto LANUV	29
Abbildung 14:	Fließbild Schwebstoffsammelkasten Ibbenbüren	29
Abbildung 15:	PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Oeynhausens-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren (sehr wenig Masse bei kurzer Laufzeit am 22./23.11.16, nur PCB 28 quantifizierbar)	30
Abbildung 16:	Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich (Ibbenbüren)	32
Abbildung 17:	Arbeiten bei der Ausbringung der Passivsammler im Zufluss zur Ibbenbürener Aa	33
Abbildung 18:	PCB-Konzentrationen in ng/l in Grubenwässern, die mit Hilfe von Passivsammlern im Vor- und Hauptversuch am Standort Ibbenbüren bestimmt wurden [BfG].	33
Abbildung 19:	Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitung Oeynhausens-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren [BfG]	34
Abbildung 20:	Bilder der Sedimententnahme im Umfeld der Grubenwassereinleitung Oeynhausens-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren	35
Abbildung 21:	Konzentrationen der PCB-Kongenere in µg/kg TOC in der Ibbenbürener Aa in der Nähe der Einleitungsstelle Ibbenbüren	35
Abbildung 22:	Konzentrationen an PCB 4 und/oder 10 in µg/kg TOC in der Ibbenbürener Aa in der Nähe der Einleitungsstelle Ibbenbüren; BG = Bestimmungsgrenze [BfG].	36
Abbildung 23:	Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Dickenberger Stollen, Foto LANUV	37
Abbildung 24:	Grubenwassermessstelle und Einleitung aus dem Dickenberger Stollen und den Bockenrader Stollen, Foto LANUV	37
Abbildung 25:	Grubenwassermessstelle Duisburg Walsum, Druckrohr	41
Abbildung 26:	Bildung von Eisenoxid im Grubenwasser Duisburg Walsum, links: nach Entnahme aus Druckrohr, rechts: 15 min später	41
Abbildung 27:	oben: Aufbau- und Anschlussschema für einen Schwebstoffsammelkasten an der Grubenwassermessstelle Duisburg Walsum unten: Foto und realisiertes Fließschema	42
Abbildung 28:	Karte der Einleitungsstelle für das Grubenwasser Walsum mit Kennzeichnung der Probenahmestellen für Passivsammler und Sedimententnahme [BfG]	44

Abbildung 29: Bild der Einleitungsstelle für das Grubenwasser Walsum mit Kennzeichnung der Probenahmestellen für Passivsammler und Sedimententnahme [BfG]	44
Abbildung 30: Bilder der Sedimententnahme an der Grubenwassereinleitungsstelle Duisburg Walsum	46
Abbildung 31: Konzentrationen der PCB-Kongenere in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC im Sediment an der Einleitungsstelle Duisburg-Walsum am Rhein	46
Abbildung 32: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Emscher	48
Abbildung 33: Grubenwassermessstellen, Zentrifugenprobenahme und Einleitung Zeche Prosper Haniel, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)	50
Abbildung 34: Schematische Zeichnung der Grubenwasserführung auf Prosper Haniel	51
Abbildung 35: Bild und Schema des Schwebstoffsammelkastens auf Prosper	52
Abbildung 36: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel	53
Abbildung 37: Korngrößenverteilung der abgeschiedenen Schwebstoffe im Vergleich (Prosper Haniel)	55
Abbildung 38: Einbringung des Korbes mit den Passivsammlern in die Emscher an der Einleitungsstelle Prosper Haniel	56
Abbildung 39: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Zollverein, Foto LANUV	59
Abbildung 40: Bilder, Schema und Aufbau der zwei Schwebstoffsammelkästen auf Zollverein	60
Abbildung 41: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen Carolinenglück, Zollverein, Amalie und Concordia Prosper Haniel	61
Abbildung 42: Einleitungsstelle der Grubenwässer von Zollverein in die Emscher	62
Abbildung 43: Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Zollverein und Prosper Haniel [BfG]	64
Abbildung 44: Bilder der Sedimententnahme im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Zollverein und Prosper Haniel	64
Abbildung 45: Konzentrationen der PCB-Kongenere in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Emscher in der Nähe der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel	66
Abbildung 46: Konzentrationen der PCB 4 und/oder 10 in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Emscher in der Nähe der Einleitungsstellen Zollverein und Prosper Haniel	67
Abbildung 47: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Carolinenglück, Foto links LANUV, rechts RAG	69
Abbildung 48: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Amalie, Foto LANUV (links) und RAG (rechts)	70
Abbildung 49: Grubenwassermessstellen und Zentrifugenprobenahme Zeche Concordia, Fotos LANUV	70
Abbildung 50: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Lippe	73
Abbildung 51: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Haus Aden, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)	75
Abbildung 52: Bild und Schema des Schwebstoffsammelkastens auf Haus Aden	77
Abbildung 53: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Ost (Haus Aden)	78
Abbildung 54: Einbringung des Korbes mit den Passivsammlern in die Lippe an der Einleitungsstelle Haus Aden	80
Abbildung 55: PCB-Konzentrationen in ng/l in Grubenwässern, die mit Hilfe von Passivsammlern im Vor- und Hauptversuch am Standort Haus Aden bestimmt wurden [BfG].	81
Abbildung 56: Karte der Sedimententnahmestellen im Umfeld der Grubenwassereinleitungen Haus Aden [BfG]	83
Abbildung 57: Konzentrationen der PCB-Kongenere in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden	84

Abbildung 58: Konzentrationen der PCB 4 und/oder 10 in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (oben) und $\mu\text{g}/\text{kg}$ TOC (unten) in der Lippe in der Nähe der Einleitungsstelle Haus Aden	85
Abbildung 59: Grubenwassermessstelle mit Zentrifugenprobenahme und Einleitung Zeche Auguste Victoria, Fotos LANUV und RAG (Einleitung)	87
Abbildung 60: Lage der Messstellen im Einzugsgebiet der Ruhr	88
Abbildung 61: Grubenwassermessstelle und Einleitung Zeche Heinrich, Foto RAG	90
Abbildung 62: Grubenwassereinleitung Zeche Friedlicher Nachbar, Foto LANUV	92
Abbildung 63: Grubenwassermessstelle und Zentrifugenprobenahme Zeche Robert Müser, Foto LANUV	93
Abbildung 64: Verfärbung der Edelstahlhaube der Schwebstoffzentrifuge nach der Probenahme Carolinenglück am 3.7.2017.	95
Abbildung 65: Lager der Zentrifuge nach Grubenwasser-Probenahme auf Haus Aden	96
Abbildung 66: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 07.09.2016 09:30 Uhr, Ibbenbüren	97
Abbildung 67: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 10.08.2016 14:00 Uhr, Prosper Haniel	99
Abbildung 68: getrocknete Filter von Zu- und Ablauf des Sammelkastens, Probenahme 20.01.2017 9:30 Uhr, Haus Aden	103

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Untersuchte Einleitungsstellen mit Angabe der Koordinaten und des zugehörigen Oberflächenwasserkörpers [BfG]</i>	7
<i>Tabelle 2: Menge der gesammelten Schwebstoffe an verschiedenen Grubenwassereinleitungen und mit unterschiedlichen Techniken (exemplarisch)</i>	13
<i>Tabelle 3: Übersicht über die durchgeführten Probenahmekampagnen mit Passivsammlern [BfG]</i>	16
<i>Tabelle 4: TOC-Gehalt und Feinkornanteil (Korngröße < 60 µm) der Sedimente in % Trockensubstanz bzw. % Gesamtfraktion, auffällige Werte sind rot markiert [BfG]</i>	22
<i>Tabelle 5: Vor- und Nachteile der verwendeten Probenahmetechniken Die Methode der 100 Liter Wasserprobe bleibt hier unberücksichtigt.</i>	24
<i>Tabelle 6: Messstellen im Einzugsgebiet der Ibbenbürener Aa.</i>	27
<i>Tabelle 7: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV /Emseinzugsgebiet</i>	28
<i>Tabelle 8: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Oeynhausens-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren (sehr wenig Masse bei kurzer Laufzeit am 22./23.11.16)</i>	31
<i>Tabelle 9: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Ibbenbürener AA / Oeynhausens-Stollen, Bergwerks-KA Püßelbüren; Mittelwerte +/- Standardabweichungen</i>	34
<i>Tabelle 10: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser des Bockenrader Stollen</i>	38
<i>Tabelle 11: Messstellen im Einzugsgebiet des Rheins.</i>	39
<i>Tabelle 12: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV im Rhein an der D/NL-Grenze, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS, * Datensatz 2014 ausreißerbereinigt</i>	39
<i>Tabelle 13: PCB Frachten des Rheines und der Nebengewässer für das Jahr 2013 - 2015</i>	40
<i>Tabelle 14: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser Duisburg Walsum</i>	43
<i>Tabelle 15: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Duisburg Walsum; Mittelwerte +/- Standardabweichungen</i>	45
<i>Tabelle 16: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Walsum mit den Mittelwerten des Rheins bei Bimmen</i>	47
<i>Tabelle 17: Messstellen im Einzugsgebiet der Emscher.</i>	48
<i>Tabelle 18: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Emschermündung, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS (keine Proben 2017)</i>	49
<i>Tabelle 19: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Prosper Haniel (die Bestimmungsgrenzen variieren, da Kohlepartikel die Analytik stören. Näherungswerte sind in der Diagramm-Darstellung berücksichtigt, auch wenn sie nicht als Zahl benannt sind)</i>	53
<i>Tabelle 20: PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Prosper Haniel; Mittelwerte +/- Standardabweichungen</i>	57
<i>Tabelle 21: Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Prosper Haniel mit den Mittelwerten der Emschermündung</i>	58
<i>Tabelle 22: PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Zollverein, Zentrifugenuntersuchungen LANUV 2015 und StUA Herten 2003 sowie Schwebstoffsammelkasten (Die Probe Zollverein Matthias Stinnes 04.08. - 25.10.17 war nicht auswertbar)</i>	61

Tabelle 23:	PCB-Konzentrationen in der Wasserphase, ermittelt über Passivsammler im Vergleich zur Umrechnung aus den Schwebstoffwerten (über Wasservolumen und abgeschiedene Schwebstoffmenge) für die Grubenwassereinleitung Prosper Haniel Mittelwerte +/- Standardabweichungen	63
Tabelle 24:	Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Zollverein mit den Mittelwerten der Emschermündung	68
Tabelle 25:	PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen Carolinenglück, Concordia und Amalie	71
Tabelle 26:	Messstellen im Einzugsgebiet der Lippe	73
Tabelle 27:	Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Lippemündung bei Wesel, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS (keine Proben 2016)	74
Tabelle 28:	Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV im Lippe-Einzugsgebiet 2015	75
Tabelle 29:	PCB-Konzentrationen im Grubenwasser Haus Aden (n.b.: nicht bestimmbar, Überlagerung)	79
Tabelle 30:	An den Einleitungsstellen mit den Passivsammlern bestimmte PCB-Konzentrationen in ng/l, Mittelwerte +/- Standardabweichungen	82
Tabelle 31:	Vergleich der PCB Konzentrationen im Schwebstoff der Grubenwassereinleitung Haus Aden mit den mit den Mittelwerten der Lippemündung	86
Tabelle 32:	PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zeche Auguste Victoria	87
Tabelle 33:	Messstellen im Einzugsgebiet der Ruhr	88
Tabelle 34:	Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen des LANUV an der Ruhr bei Mülheim, gemittelte Konzentrationen, TCBT idR <1 µg/kg TS,	89
Tabelle 35:	PCB-Konzentrationen im Grubenwasser der Zechen im Ruhreinzugsgebiet	91
Tabelle 36:	Bestimmung der Abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten in Ibbenbüren	97
Tabelle 37:	Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers Ibbenbüren * weitere Werte < Bestimmungsgrenze	98
Tabelle 38:	Bestimmung der Abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten Prosper Haniel 1) Probenahme nach Druckstoß	99
Tabelle 39:	Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Prosper Haniel * weitere Werte < Bestimmungsgrenze	100
Tabelle 40:	Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Zollverein (Leitung Zollverein) * weitere Werte < Bestimmungsgrenze	101
Tabelle 41:	Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Zollverein (Leitung Matthias Stinnes) * weitere Werte < Bestimmungsgrenze	102
Tabelle 42:	Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe vor und nach Sedimentationskasten an Haus Aden	103
Tabelle 43:	Metallgehalte im Schwebstoff des Grubenwassers von Haus Aden * weitere Werte < Bestimmungsgrenze	104